



UNIVERSITAT  
ROVIRA I VIRGILI

Departament d'Enginyeria Electrònica Elèctrica i Automàtica

## **Electrificació i Integració d'Energies Renovables en un Alberg Rural**

**TITULACIÓ: Enginyeria Tècnica Industrial especialitat Electricitat**

**AUTOR:** Marcel Gabriel Gracià.

**DIRECTOR:** José Antonio Barrado Rodrigo.

DATA: Juny de 2009.



Departament d'Enginyeria Electrònica Elèctrica i Automàtica

# **Electrificació i Integració d'Energies Renovables en un Alberg Rural**

## **1. Índex General**

**TITULACIÓ: Enginyeria Tècnica Industrial en Electricitat**

**AUTOR:** Marcel Gabriel Gracià.

**DIRECTOR:** José Antonio Barrado Rodrigo.

DATA: Juny / 2009.

## ÍNDIX CAPÍTOL 2: Memòria

2.0.- Full d'identificació del projecte.....	pàg. 2
2.1.- Objecte.....	pàg. 7
2.2.- Abast.....	pàg. 7
2.3.- Antecedents.....	pàg. 8
2.3.1.- Introducció.....	pàg. 8
2.3.1.1.- Les energies renovables com a garantia de desenvolupament sostenible.....	pàg. 9
2.3.1.2.- El paper de les energies renovables en la lluita contra el canvi climàtic.....	pàg. 10
2.3.1.3.- Les energies renovables com l'alternativa de menor impacte.....	pàg. 10
2.3.1.4.- Evolució i potència elèctrica instal·lada l'any 2007.....	pàg. 11
2.3.1.5.- Evolució històrica de la potència instal·lada en energies renovables.....	pàg. 12
2.3.1.6.- Evolució i energia elèctrica neta generada l'any 2007.....	pàg. 13
2.3.1.7.- Evolució històrica de l'energia neta generada per centrals renovables.....	pàg. 14
2.3.1.8.- Perspectives energètiques potencials de futur.....	pàg. 15
2.3.2.- Producció d'energia a partir del Sol.....	pàg. 17
2.3.2.1.- L'energia del Sol.....	pàg. 17
2.3.2.2.- Aplicacions de l'energia solar.....	pàg. 19
2.3.2.3.- La radiació solar.....	pàg. 19
2.3.2.3.1.- La geometria solar.....	pàg. 25
2.3.2.3.2.- Hora Sola Pic.....	pàg. 26
2.3.2.3.3.- Factor massa d'aire i recorregut òptic de la radiació solar.....	pàg. 27
2.3.2.3.4.- Irradiació solar en superfícies inclinades.....	pàg. 28
2.3.3.- L'energia solar tèrmica.....	pàg. 29
2.3.3.1.- L'energia solar tèrmica en el món.....	pàg. 29
2.3.3.2.- L'energia solar tèrmica a Europa i Espanya.....	pàg. 30
2.3.3.3.- Aprofitament de l'energia solar tèrmica.....	pàg. 32

2.3.3.3.1.- Energia solar tèrmica passiva.....	pàg. 33
2.3.3.3.2.- Energia solar tèrmica activa.....	pàg. 35
2.3.3.4.- Funcionament d'una instal·lació solar tèrmica.....	pàg. 37
2.3.3.4.1.- Manteniment d'una instal·lació solar tèrmica.....	pàg. 38
2.3.3.5.- Elements principals d'una instal·lació solar tèrmica.....	pàg. 39
2.3.3.5.1.- Subsistema de captació.....	pàg. 39
2.3.3.5.2.- Subsistema hidràulic i de distribució.....	pàg. 47
2.3.3.5.3.- Subsistema d'acumulació i emmagatzematge.....	pàg. 62
2.3.3.5.4.- Subsistema auxiliar.....	pàg. 65
2.3.3.5.5.- Subsistema de control i regulació.....	pàg. 67
2.3.3.6.- Recomanacions i posta en marxa d'una instal·lació solar tèrmica.....	pàg. 70
2.3.3.7.- Aspectes econòmics de l'energia solar tèrmica.....	pàg. 72
2.3.4.- L'energia solar fotovoltaica.....	pàg. 74
2.3.4.1.- L'energia solar fotovoltaica a Europa.....	pàg. 74
2.3.4.2.- L'energia solar fotovoltaica a Espanya.....	pàg. 76
2.3.4.3.- La cèl·lula solar.....	pàg. 79
2.3.4.3.1.- L'efecte fotovoltaic.....	pàg. 79
2.3.4.3.2.- Constitució i tipus de cèl·lules solars.....	pàg. 81
2.3.4.4.- El mòdul fotovoltaic.....	pàg. 84
2.3.4.4.1.- Paràmetres característics dels mòduls fotovoltaics.....	pàg. 87
2.3.4.4.2.- Corbes característiques dels mòduls fotovoltaics.....	pàg. 88
2.3.4.4.3.- Variacions de temperatura i irradiància en els mòduls fotovoltaics.....	pàg. 89
2.3.4.4.4.- Separació entre files i integració dels mòduls.....	pàg. 90
2.3.4.4.5.- Estructures de suport i fixacions dels mòduls fotovoltaics.....	pàg. 92
2.3.4.4.6.- Manteniment dels mòduls fotovoltaics.....	pàg. 94
2.3.4.5.- Tipus de funcionament dels sistemes fotovoltaics.....	pàg. 95
2.3.4.5.1.- Sistemes fotovoltaics aïllats de la xarxa de distribució.....	pàg. 95
2.3.4.5.2.- Sistemes fotovoltaics connectats a la xarxa de distribució.....	pàg. 100

2.3.4.6.- L'inversor.....	pàg. 102
2.4.- Normes i referències.....	pàg. 107
2.4.1.- Disposicions legals i normes aplicades.....	pàg. 107
2.4.2.- Bibliografia.....	pàg. 108
2.4.3.- Programes de càlcul.....	pàg. 109
2.4.4.- Pla de gestió de la qualitat aplicat durant la redacció del projecte.....	pàg. 109
2.5.- Definicions i abreviatures.....	pàg. 110
2.6.- Requisits de disseny.....	pàg. 110
2.7.- Anàlisi de solucions.....	pàg. 115
2.7.1.- Anàlisi de solucions de la instal·lació solar tèrmica.....	pàg. 115
2.7.1.1.- Emplaçament dels captadors solars tèrmics.....	pàg. 115
2.7.1.2.- Integració dels captadors solars tèrmics.....	pàg. 115
2.7.1.3.- Sistema de producció d'ACS.....	pàg. 115
2.7.1.4.- Règim de funcionament.....	pàg. 116
2.7.1.5.- Ubicació dels components de la instal·lació.....	pàg. 118
2.7.1.6.- Sistema auxiliar.....	pàg. 118
2.7.2.- Anàlisi de solucions de la instal·lació solar fotovoltaica.....	pàg. 118
2.7.2.1.- Emplaçament dels mòduls solars fotovoltaics.....	pàg. 118
2.7.2.2.- Integració dels mòduls solars fotovoltaics.....	pàg. 118
2.7.2.3.- Tipus de mòduls solars fotovoltaics.....	pàg. 119
2.7.2.4.- Ubicació i característiques de l'inversor.....	pàg. 119
2.8.- Resultats finals.....	pàg. 120
2.8.1.- Característiques geogràfiques de l'alberg.....	pàg. 120
2.8.2.- Instal·lació solar tèrmica.....	pàg. 120
2.8.2.1.- Introducció.....	pàg. 120
2.8.2.2.- Sistema de captació.....	pàg. 121
2.8.2.3.- Sistema d'acumulació.....	pàg. 122
2.8.2.4.- Sistema hidràulic.....	pàg. 123
2.8.2.5.- Sistema de regulació i control.....	pàg. 124
2.8.2.6.- Sistema auxiliar.....	pàg. 125
2.8.2.7.- Sistema de fixació.....	pàg. 126
2.8.3.- Instal·lació solar fotovoltaica.....	pàg. 128

2.8.3.1.- Introducció.....	pàg. 128
2.8.3.2.- Generador fotovoltaic.....	pàg. 128
2.8.3.3.- Inversor.....	pàg. 130
2.8.3.4.- Condicions tècniques de connexió a la xarxa.....	pàg. 133
2.8.3.5.- Proteccions.....	pàg. 134
2.8.3.6.- Sistema de fixació.....	pàg. 135
2.8.4.- Instal·lació elèctrica de Baixa Tensió.....	pàg. 136
2.8.4.1.- Demanda i previsió de potència.....	pàg. 136
2.8.4.2.- Escomesa de la instal·lació.....	pàg. 137
2.8.4.3.- Instal·lació d'enllaç.....	pàg. 138
2.8.4.4.- Instal·lacions interiors.....	pàg. 141
2.8.4.5.- Proteccions contra sobreintensitats.....	pàg. 147
2.8.4.6.- Proteccions contra sobretensions.....	pàg. 148
2.8.4.7.- Proteccions contra contactes directes i indirectes.....	pàg. 150
2.8.4.8.- Posta a terra de la instal·lació.....	pàg. 151
2.8.4.9.- Receptors d'enllumenat.....	pàg. 155
2.9.- Planificació.....	pàg. 156
2.10.- Ordre de prioritat entre els documents bàsics.....	pàg. 157

## ÍNDEX CAPÍTOL 3: Annexes

3.1.- Càlculs i dimensionat del sistema solar tèrmic.....	pàg. 5
3.1.1.- Temperatures ambientals de l'alberg.....	pàg. 5
3.1.2.- Temperatures de xarxa de l'aigua.....	pàg. 6
3.1.3.- Perfil d'ocupació de l'alberg.....	pàg. 9
3.1.4.- Aportació solar mínima.....	pàg. 10
3.1.5.- Consum d'ACS i normativa a seguir.....	pàg. 12
3.1.6.- Energia solar disponible i pèrdues per orientació i ombres.....	pàg. 19
3.1.7.- Captador solar tèrmic.....	pàg. 20
3.1.8.- Sistema de producció d'ACS.....	pàg. 21
3.1.9.- Fluid termòfor.....	pàg. 22
3.1.10.- Conjunt d'acumulació d'ACS.....	pàg. 23
3.1.11.- Simulació dels sistemes d'ACS i calefacció.....	pàg. 25
3.1.12.- Disseny dels elements del circuit d'ACS.....	pàg. 40
3.1.12.1.- Cabal de la bomba.....	pàg. 40
3.1.12.2.- Diàmetre de les canonades.....	pàg. 40
3.1.12.3.- Pèrdua de pressió en el circuit primari d'ACS.....	pàg. 41
3.1.12.4.- Bomba del circuit primari d'ACS.....	pàg. 45
3.1.12.5.- Diàmetre canonades acumulador – sistema auxiliar.....	pàg. 46
3.1.13.- Disseny dels elements del circuit de calefacció.....	pàg. 48
3.1.13.1.- Intercanviador de calor.....	pàg. 48
3.1.13.2.- Cabal de la bomba i diàmetre de les canonades.....	pàg. 49
3.1.13.3.- Pèrdua de pressió en el circuit de calefacció.....	pàg. 50
3.1.13.4.- Bomba del circuit de calefacció.....	pàg. 53
3.1.14.- Elements de seguretat de la instal·lació.....	pàg. 54
3.1.14.1.- Càlcul del vas d'expansió.....	pàg. 54
3.1.14.2.- Vàlvules de seguretat.....	pàg. 57
3.1.14.3.- Purgador d'aire.....	pàg. 57
3.1.15.- Sistema de regulació i control.....	pàg. 57
3.1.16.- Sistema energètic auxiliar.....	pàg. 58
3.1.17.- Aïllament de les canonades.....	pàg. 59
3.1.18.- Estudi de viabilitat econòmica.....	pàg. 60

3.2.- Càlculs i dimensionat del sistema solar fotovoltaic.....	pàg. 64
3.2.1.- Introducció.....	pàg. 64
3.2.2.- Superfície de captació.....	pàg. 64
3.2.3.- Inclinació i orientació dels mòduls fotovoltaics.....	pàg. 65
3.2.4.- Energia solar disponible i pèrdues per orientació i ombres.....	pàg. 67
3.2.5.- Producció anual esperada.....	pàg. 68
3.2.5.1.- Mitjana dels valors d'irradiació $G_{dm}(0)$ .....	pàg. 68
3.2.5.2.- Mitjana dels valors d'irradiació sobre el pla de captació	
$G_{dm}(\alpha, \beta)$ .....	pàg. 69
3.2.5.3.- Rendiment energètic de la instal·lació.....	pàg. 70
3.2.5.4.- Estimació de l'energia a produir.....	pàg. 71
3.2.6.- Mòdul fotovoltaic i inversor utilitzats.....	pàg. 72
3.2.7.- Càlcul de secció de les línies elèctriques.....	pàg. 75
3.2.7.1.- Secció del circuit de corrent continua.....	pàg. 76
3.2.7.2.- Secció del circuit de corrent alterna.....	pàg. 78
3.2.8.- Proteccions del sistema fotovoltaic.....	pàg. 79
3.2.9.- Posta a terra de la instal·lació fotovoltaica.....	pàg. 79
3.2.10.- Connexió a la xarxa elèctrica.....	pàg. 81
3.2.10.1.- Normativa aplicable.....	pàg. 81
3.2.10.2.- Mesura i facturació de l'energia.....	pàg. 83
3.2.11.- Estructura de suport.....	pàg. 84
3.2.12.- Simulació del sistema fotovoltaic.....	pàg. 85
3.2.13.- Estudi de viabilitat econòmica.....	pàg. 90
3.3.- Càlculs i dimensionat de la instal·lació elèctrica de Baixa Tensió.....	pàg. 94
3.3.1.- Introducció.....	pàg. 94
3.3.2.- Demanda de potència.....	pàg. 95
3.3.3.- Dimensionament de la instal·lació.....	pàg. 97
3.3.3.1.- Fórmules utilitzades.....	pàg. 97
3.3.3.2.- Escomesa.....	pàg. 101
3.3.3.3.- Línia general d'alimentació.....	pàg. 101
3.3.3.4.- Derivació individual.....	pàg. 102
3.3.3.5.- Línia potència actual.....	pàg. 102
3.3.3.6.- Línia sala d'activitats.....	pàg. 103

---

3.3.3.7.- Circuits planta baixa.....	pàg. 105
3.3.3.8.- Resultats obtinguts.....	pàg. 108
3.3.3.9.- Posta a terra.....	pàg. 109
3.4.- Documentació tècnica.....	pàg. 110
3.4.1.- Instal·lació solar tèrmica.....	pàg. 110
3.4.1.1.- Captador solar tèrmic.....	pàg. 110
3.4.1.2.- Acumulador d'ACS.....	pàg. 112
3.4.1.3.- Sistema de fixació.....	pàg. 114
3.4.2.- Instal·lació solar fotovoltaica.....	pàg. 117
3.4.2.1.- Mòdul solar fotovoltaic.....	pàg. 117
3.4.2.2.- Inversor solar.....	pàg. 119
3.4.2.3.- Sistema de fixació.....	pàg. 121

## ÍNDEX CAPÍTOL 4: Plànols

Plànol 1:	Situació.
Plànol 2:	Emplaçament.
Plànol 3:	Alçats façanes.
Plànol 4:	Alçats façanes.
Plànol 5:	Planta baixa.
Plànol 6:	Primera planta.
Plànol 7:	Secció alberg.
Plànol 8:	Disposició captadors.
Plànol 9:	Distribució de calefacció i ACS.
Plànol 10:	Esquema hidràulic.
Plànol 11:	Connexió mòduls fotovoltaics.
Plànol 12:	Esquema instal·lació fotovoltaica connectada a la xarxa.
Plànol 13:	Esquema unifilar quadre general de comandament i protecció.
Plànol 14:	Nova electrificació i enllumenat de l'alberg.

## ÍNDEX CAPÍTOL 5: Plec de Condicions

5.1.- Condicions generals.....	pàg. 4
5.1.1.- Reglaments i normes.....	pàg. 4
5.1.2.- Materials.....	pàg. 5
5.1.3.- Execució de les obres.....	pàg. 6
5.1.4.- Interpretació i desenvolupament del projecte.....	pàg. 6
5.1.5.- Obres complementàries.....	pàg. 7
5.1.6.- Modificacions.....	pàg. 7
5.1.7.- Obra defectuosa.....	pàg. 7
5.1.8.- Mitjans auxiliars.....	pàg. 7
5.1.9.- Conservació de les dades.....	pàg. 8
5.1.10.- Recepció de les obres.....	pàg. 8
5.1.11.- Mètode de contractació.....	pàg. 8
5.1.12.- Fiança.....	pàg. 9
5.2.- Condicions econòmiques.....	pàg. 9
5.2.1.- Abonament de l'obra.....	pàg. 9
5.2.2.- Preus.....	pàg. 9
5.2.3.- Revisió de preus.....	pàg. 10
5.2.4.- Penalitzacions.....	pàg. 10
5.2.5.- Contracte.....	pàg. 10
5.2.6.- Responsabilitats.....	pàg. 10
5.2.7.- Rescissió del contracte.....	pàg. 11
5.3.- Condicions facultatives legals.....	pàg. 12
5.3.1.- Normes a seguir.....	pàg. 12
5.3.2.- Personal.....	pàg. 12
5.3.3.- Reconeixements i assaigs previs.....	pàg. 12
5.3.4.- Assaigs.....	pàg. 13
5.3.5.- Aparellatges.....	pàg. 13
5.3.6.- Varis.....	pàg. 13
5.3.7.- Posada en marxa.....	pàg. 14

5.4.- Plec de condicions tècniques.....	pàg. 15
5.4.1.- Condicions tècniques de la instal·lació elèctrica de baixa tensió.....	pàg. 15
5.4.1.1.- Descripció.....	pàg. 15
5.4.1.2.- Components.....	pàg. 15
5.4.1.3.- Condicions prèvies.....	pàg. 16
5.4.1.4.- Execució.....	pàg. 16
5.4.1.5.- Condicions generals d'execució de les instal·lacions.....	pàg. 19
5.4.1.6.- Normativa.....	pàg. 21
5.4.1.7.- Control.....	pàg. 22
5.4.1.8.- Seguretat.....	pàg. 22
5.4.1.9.- Mesurament.....	pàg. 23
5.4.1.10.- Manteniment.....	pàg. 23

## **ÍNDIX CAPÍTOL 6: Estat d'Amidaments**

6.1.- Instal·lació solar tèrmica.....	pàg. 3
6.2.- Instal·lació solar fotovoltaica.....	pàg. 10
6.3.- Instal·lació elèctrica de Baixa Tensió.....	pàg. 14

## ÍNDIX CAPÍTOL 7: Pressupost

7.1.- Llistat de preus simples.....	pàg. 3
7.1.1.- Instal·lació solar tèrmica.....	pàg. 3
7.1.2.- Instal·lació solar fotovoltaica.....	pàg. 10
7.1.3.- Instal·lació elèctrica de Baixa Tensió.....	pàg. 14
7.1.4.- Altres.....	pàg. 20
7.2.- Quadre de descompostos.....	pàg. 21
7.2.1.- Instal·lació solar tèrmica.....	pàg. 21
7.2.2.- Instal·lació solar fotovoltaica.....	pàg. 30
7.2.3.- Instal·lació elèctrica de Baixa Tensió.....	pàg. 35
7.3.- Pressupost.....	pàg. 44
7.3.1.- Instal·lació solar tèrmica.....	pàg. 44
7.3.2.- Instal·lació solar fotovoltaica.....	pàg. 50
7.3.3.- Instal·lació elèctrica de Baixa Tensió.....	pàg. 53
7.4.- Resum del pressupost.....	pàg. 59

## ÍNDIX CAPÍTOL 8: Estudis amb Entitat Pròpia

8.1.- Prevenció de riscos laborals.....	pàg. 4
8.1.1.- Introducció.....	pàg. 4
8.1.2.- Drets i obligacions.....	pàg. 4
8.1.2.1.- Dret a la protecció enfront els riscos laborals.....	pàg. 4
8.1.2.2.- Principis de l'acció preventiva.....	pàg. 4
8.1.2.3.- Avaluació dels riscos.....	pàg. 5
8.1.2.4.- Equips de treball i mitjans de protecció.....	pàg. 7
8.1.2.5.- Informació, consulta i participació dels treballadors.....	pàg. 7
8.1.2.6.- Formació dels treballadors.....	pàg. 7
8.1.2.7.- Mesures d'emergència.....	pàg. 7
8.1.2.8.- Risc greu imminent.....	pàg. 7
8.1.2.9.- Vigilància de la salut.....	pàg. 8
8.1.2.10.- Documentació.....	pàg. 8
8.1.2.11.- Coordinació d'activitats empresarials.....	pàg. 8
8.1.2.12.- Protecció de treballadors especialment sensibles a determinats riscos.....	pàg. 8
8.1.2.13.- Protecció de la maternitat.....	pàg. 9
8.1.2.14.- Protecció dels menors.....	pàg. 9
8.1.2.15.- Relacions de treball temporals, de durada determinada i en empreses de treball temporal.....	pàg. 9
8.1.2.16.- Obligacions dels treballadors en matèria de prevenció de riscos.....	pàg. 9
8.1.3.- Serveis de prevenció.....	pàg. 10
8.1.3.1.- Protecció i prevenció de riscos professionals.....	pàg. 10
8.1.3.2.- Serveis de prevenció.....	pàg. 10
8.1.4.- Consulta i participació dels treballadors.....	pàg. 10
8.1.4.1.- Consulta de treballadors.....	pàg. 10
8.1.4.2.- Drets de participació i representació.....	pàg. 11
8.1.4.3.- Delegats de prevenció.....	pàg. 11
8.2.- Disposicions mínimes en matèria de senyalització de seguretat i salut en el treball.....	pàg. 11

8.2.1.- Introducció.....	pàg. 11
8.2.2.- Obligació general de l'empresari.....	pàg. 12
8.3.- Disposicions mínimes de seguretat i salut per a la utilització pels treballadors dels equips de treball.....	pàg. 13
8.3.1.- Introducció.....	pàg. 13
8.3.2.- Obligació general de l'empresari.....	pàg. 13
8.3.2.1.- Disposicions mínimes generals aplicables als equips de treball.....	pàg. 14
8.3.2.2.- Disposicions mínimes addicionals aplicables als equips de treball mòbils.....	pàg. 15
8.3.2.3.- Disposicions mínimes addicionals aplicables als equips de treball per a elevació de càrregues.....	pàg. 15
8.3.2.4.- Disposicions mínimes addicionals aplicables als equips de treball per a moviment de terres i maquinària pesada en general.....	pàg. 16
8.3.2.5.- Disposicions mínimes addicionals aplicables a la maquinària eina.....	pàg. 17
8.4.- Disposicions mínimes de seguretat i salut en les obres de construcció.....	pàg. 18
8.4.1.- Introducció.....	pàg. 18
8.4.2.- Estudi bàsic de seguretat i salut.....	pàg. 18
8.4.2.1.- Riscos més freqüents en les obres de construcció.....	pàg. 18
8.4.2.2.- Mesures preventives de caràcter general.....	pàg. 20
8.4.2.3.- Mesures preventives de caràcter particular per a cada ofici.....	pàg. 21
8.4.3.- Disposicions específiques de seguretat i salut durant l'execució de les obres.....	pàg. 26
8.5.- Disposicions mínimes de seguretat i salut relatives a la utilització pels treballadors d'equips de protecció individual.....	pàg. 27
8.5.1.- Introducció.....	pàg. 27
8.5.2.- Obligacions generals de l'empresari.....	pàg. 27
8.5.2.1.- Protectors del cap.....	pàg. 27
8.5.2.2.- Protectors de mans i braços.....	pàg. 27

8.5.2.3.- Protectors de peus i cames.....	pàg. 28
8.5.2.4.- Protectors de cos.....	pàg. 28



Departament d'Enginyeria Electrònica Elèctrica i Automàtica

# **Electrificació i Integració d'Energies Renovables en un Alberg Rural**

## **2. Memòria**

**TITULACIÓ: Enginyeria Tècnica Industrial en Electricitat**

**AUTOR:** Marcel Gabriel Gracià.

**DIRECTOR:** José Antonio Barrado Rodrigo.

**DATA:** Juny / 2009.

## 2.0 Full d'identificació del projecte

**Títol del Projecte:** Electrificació i integració d'energies renovables en un alberg rural.

**Codi del Projecte:** 02012009.

### El projecte es realitzarà en el següent emplaçament:

Carrer..... : Partida del Mascà, Ports de Tortosa – Beseït

Municipi.....: Roquetes

Codi Postal.....: 43520

Província.....: Tarragona

### Persona física o jurídica que ha encarregat el projecte:

Nom..... : Patronat escolar i obrer de la Sagrada Família

C.I.F..... : F-43028349

Representant legal.....: Antoni Caballol i Angelats

Direcció.....: C/ Mercaders, núm. 4

Tel./ Fax.....: 977 50 22 83 / 977 50 22 84

Codi Postal.....: 43500

Municipi.....: Tortosa

Província.....: Tarragona

### El projecte és redactat per:

Nom i Cognoms.....: Marcel Gabriel Gracià

Titulació.....: Enginyer Tècnic Industrial

Núm. Col·legiat.....: 12435 CETIT

N.I.F.....: 47825485-K

Direcció Professional...: C/ Placeta núm. 4

Municipi.....: Paüls

Província.....: Tarragona

Tel./ Fax.....: 977 49 22 86 / 977 4922 87

Correu Electrònic.....: [marcel.gabriel@estudiants.urv.cat](mailto:marcel.gabriel@estudiants.urv.cat)

### El projecte ha estat encarregat a l'empresa:

Nom..... : Ebrelectric S.L.

N.I.F..... : 64523478-X

Direcció.....: Av. Generalitat, núm. 35; Tortosa (43500)

Tel./ Fax.....: 977 44 03 21 / 977 44 03 22

El tècnic,

Tarragona, Juny de 2009

Marcel Gabriel Gracià  
Enginyer Tècnic Industrial

# ÍNDEX

2.0.- Full d'identificació del projecte.....	pàg. 2
2.1.- Objecte.....	pàg. 7
2.2.- Abast.....	pàg. 7
2.3.- Antecedents.....	pàg. 8
2.3.1.- Introducció.....	pàg. 8
2.3.1.1.- Les energies renovables com a garantia de desenvolupament sostenible.....	pàg. 9
2.3.1.2.- El paper de les energies renovables en la lluita contra el canvi climàtic.....	pàg. 10
2.3.1.3.- Les energies renovables com l'alternativa de menor impacte.....	pàg. 10
2.3.1.4.- Evolució i potència elèctrica instal·lada l'any 2007.....	pàg. 11
2.3.1.5.- Evolució històrica de la potència instal·lada en energies renovables.....	pàg. 12
2.3.1.6.- Evolució i energia elèctrica neta generada l'any 2007.....	pàg. 13
2.3.1.7.- Evolució històrica de l'energia neta generada per centrals renovables.....	pàg. 14
2.3.1.8.- Perspectives energètiques potencials de futur.....	pàg. 15
2.3.2.- Producció d'energia a partir del Sol.....	pàg. 17
2.3.2.1.- L'energia del Sol.....	pàg. 17
2.3.2.2.- Aplicacions de l'energia solar.....	pàg. 19
2.3.2.3.- La radiació solar.....	pàg. 19
2.3.2.3.1.- La geometria solar.....	pàg. 25
2.3.2.3.2.- Hora Sola Pic.....	pàg. 26
2.3.2.3.3.- Factor massa d'aire i recorregut òptic de la radiació solar.....	pàg. 27
2.3.2.3.4.- Irradiació solar en superfícies inclinades.....	pàg. 28
2.3.3.- L'energia solar tèrmica.....	pàg. 29
2.3.3.1.- L'energia solar tèrmica en el món.....	pàg. 29
2.3.3.2.- L'energia solar tèrmica a Europa i Espanya.....	pàg. 30
2.3.3.3.- Aprofitament de l'energia solar tèrmica.....	pàg. 32

2.3.3.3.1.- Energia solar tèrmica passiva.....	pàg. 33
2.3.3.3.2.- Energia solar tèrmica activa.....	pàg. 35
2.3.3.4.- Funcionament d'una instal·lació solar tèrmica.....	pàg. 37
2.3.3.4.1.- Manteniment d'una instal·lació solar tèrmica.....	pàg. 38
2.3.3.5.- Elements principals d'una instal·lació solar tèrmica.....	pàg. 39
2.3.3.5.1.- Subsistema de captació.....	pàg. 39
2.3.3.5.2.- Subsistema hidràulic i de distribució.....	pàg. 47
2.3.3.5.3.- Subsistema d'acumulació i emmagatzematge.....	pàg. 62
2.3.3.5.4.- Subsistema auxiliar.....	pàg. 65
2.3.3.5.5.- Subsistema de control i regulació.....	pàg. 67
2.3.3.6.- Recomanacions i posta en marxa d'una instal·lació solar tèrmica.....	pàg. 70
2.3.3.7.- Aspectes econòmics de l'energia solar tèrmica.....	pàg. 72
2.3.4.- L'energia solar fotovoltaica.....	pàg. 74
2.3.4.1.- L'energia solar fotovoltaica a Europa.....	pàg. 74
2.3.4.2.- L'energia solar fotovoltaica a Espanya.....	pàg. 76
2.3.4.3.- La cèl·lula solar.....	pàg. 79
2.3.4.3.1.- L'efecte fotovoltaic.....	pàg. 79
2.3.4.3.2.- Constitució i tipus de cèl·lules solars.....	pàg. 81
2.3.4.4.- El mòdul fotovoltaic.....	pàg. 84
2.3.4.4.1.- Paràmetres característics dels mòduls fotovoltaics.....	pàg. 87
2.3.4.4.2.- Corbes característiques dels mòduls fotovoltaics.....	pàg. 88
2.3.4.4.3.- Variacions de temperatura i irradiància en els mòduls fotovoltaics.....	pàg. 89
2.3.4.4.4.- Separació entre files i integració dels mòduls.....	pàg. 90
2.3.4.4.5.- Estructures de suport i fixacions dels mòduls fotovoltaics.....	pàg. 92
2.3.4.4.6.- Manteniment dels mòduls fotovoltaics.....	pàg. 94
2.3.4.5.- Tipus de funcionament dels sistemes fotovoltaics.....	pàg. 95
2.3.4.5.1.- Sistemes fotovoltaics aïllats de la xarxa de distribució....	pàg. 95
2.3.4.5.2.- Sistemes fotovoltaics connectats a la xarxa de distribució.....	pàg. 100
2.3.4.6.- L'inversor.....	pàg. 102
2.4.- Normes i referències.....	pàg. 107

2.4.1.- Disposicions legals i normes aplicades.....	pàg. 107
2.4.2.- Bibliografia.....	pàg. 108
2.4.3.- Programes de càlcul.....	pàg. 109
2.4.4.- Pla de gestió de la qualitat aplicat durant la redacció del projecte.....	pàg. 109
2.5.- Definicions i abreviatures.....	pàg. 110
2.6.- Requisits de disseny.....	pàg. 110
2.7.- Anàlisi de solucions.....	pàg. 115
2.7.1.- Anàlisi de solucions de la instal·lació solar tèrmica.....	pàg. 115
2.7.1.1.- Emplaçament dels captadors solars tèrmics.....	pàg. 115
2.7.1.2.- Integració dels captadors solars tèrmics.....	pàg. 115
2.7.1.3.- Sistema de producció d'ACS.....	pàg. 115
2.7.1.4.- Règim de funcionament.....	pàg. 116
2.7.1.5.- Ubicació dels components de la instal·lació.....	pàg. 118
2.7.1.6.- Sistema auxiliar.....	pàg. 118
2.7.2.- Anàlisi de solucions de la instal·lació solar fotovoltaica.....	pàg. 118
2.7.2.1.- Emplaçament dels mòduls solars fotovoltaics.....	pàg. 118
2.7.2.2.- Integració dels mòduls solars fotovoltaics.....	pàg. 118
2.7.2.3.- Tipus de mòduls solars fotovoltaics.....	pàg. 119
2.7.2.4.- Ubicació i característiques de l'inversor.....	pàg. 119
2.8.- Resultats finals.....	pàg. 120
2.8.1.- Característiques geogràfiques de l'alberg.....	pàg. 120
2.8.2.- Instal·lació solar tèrmica.....	pàg. 120
2.8.2.1.- Introducció.....	pàg. 120
2.8.2.2.- Sistema de captació.....	pàg. 121
2.8.2.3.- Sistema d'acumulació.....	pàg. 122
2.8.2.4.- Sistema hidràulic.....	pàg. 123
2.8.2.5.- Sistema de regulació i control.....	pàg. 124
2.8.2.6.- Sistema auxiliar.....	pàg. 125
2.8.2.7.- Sistema de fixació.....	pàg. 126
2.8.3.- Instal·lació solar fotovoltaica.....	pàg. 128
2.8.3.1.- Introducció.....	pàg. 128
2.8.3.2.- Generador fotovoltaic.....	pàg. 128
2.8.3.3.- Inversor.....	pàg. 130

2.8.3.4.- Condicions tècniques de connexió a la xarxa.....	pàg. 133
2.8.3.5.- Proteccions.....	pàg. 134
2.8.3.6.- Sistema de fixació.....	pàg. 135
2.8.4.- Instal·lació elèctrica de Baixa Tensió.....	pàg. 136
2.8.4.1.- Demanda i previsió de potència.....	pàg. 136
2.8.4.2.- Escomesa de la instal·lació.....	pàg. 137
2.8.4.3.- Instal·lació d'enllaç.....	pàg. 138
2.8.4.4.- Instal·lacions interiors.....	pàg. 141
2.8.4.5.- Proteccions contra sobreintensitats.....	pàg. 147
2.8.4.6.- Proteccions contra sobretensions.....	pàg. 148
2.8.4.7.- Proteccions contra contactes directes i indirectes.....	pàg. 150
2.8.4.8.- Posta a terra de la instal·lació.....	pàg. 151
2.8.4.9.- Receptors d'enllumenat.....	pàg. 155
2.9.- Planificació.....	pàg. 156
2.10.- Ordre de prioritat entre els documents bàsics.....	pàg. 157

## 2.1 Objecte

Aquest projecte es redacta amb l'objecte de descriure el disseny, calcular i seleccionar els components adients i realitzar una descripció constructiva d'un alberg rural, ja existent, situat a la partida del Mascà, dintre del parc natural dels Ports de Tortosa - Beseit. El projecte consisteix amb l'electrificació d'una part de l'alberg i la instal·lació de diverses energies renovables (energia solar tèrmica, energia solar fotovoltaica) a l'alberg. Pel que fa a l'energia solar tèrmica es realitzarà, a petició del client, mitjançant un sistema de producció d'Aigua Calent Sanitària (ACS) que es distribuirà posteriorment per l'edifici. En quant al sistema d'energia solar fotovoltaica, aquest injectarà l'energia produïda pels generadors a la xarxa de distribució.

Amb aquest projecte d'alberg es vol donar una visió d'aplicació sostenible en l'entorn de la naturalesa, tot fomentant l'ús d'aquestes energies renovables anteriorment esmentades i aprofitant aquest gran recurs gratuït que ens proporciona el Sol en la zona geogràfica on s'executarà el projecte (Terres de L'Ebre).

El projecte s'executarà tenint en compte la normativa vigent que regeix aquest tipus d'instal·lacions, i aquest fet implicarà la utilització d'equips i materials adequats que puguin garantir en tot moment la seguretat tant de les persones com de la instal·lació.

## 2.2 Abast

L'àmbit d'aplicació d'aquest projecte, tal com hem dit anteriorment, es tracta de la construcció, posterior electrificació i integració d'alguns sistemes d'energies renovables en un alberg rural. L'abast que també vol tenir aquest projecte, és el fet de projectar aquesta instal·lació per poder aconseguir que la eficiència energètica i les energies renovables adquireixin un creixent protagonisme en el model energètic del nostre país.

Aquest alberg es tracta d'un establiment dedicat a casa de colònies o similar, amb un nombre d'ocupació de 45 persones. Es tracta d'un alberg que compta amb planta baixa i primera planta, amb menjador, cuina, banys i habitacions a la planta baixa i habitacions i banys a la primera planta.

### **Descripció general de l'edifici:**

#### **Planta baixa:**

- Menjador: 45,22 m<sup>2</sup>
- Cuina: 14,11 m<sup>2</sup>
- Rebost: 3,20 m<sup>2</sup>
- Rebedor: 10,81 m<sup>2</sup>
- Escala: 8,20 m<sup>2</sup>
- Bany 1: 7,86 m<sup>2</sup>
- Bany 2: 7,68 m<sup>2</sup>

- Passadís: 24,20 m<sup>2</sup>
- Habitació 1: 17,55 m<sup>2</sup>
- Habitació 2: 19,85 m<sup>2</sup>
- Habitació 3: 10,40 m<sup>2</sup>

La planta baixa de l'edifici disposa d'una superfície de 169,08 m<sup>2</sup>.

#### **Primera planta:**

- Sala d'activitats: 58,16 m<sup>2</sup>
- Sala acumulador, sistema hidràulic i inversor: 5 m<sup>2</sup>
- Habitació 4: 44,74 m<sup>2</sup>
- Habitació 5: 8,60 m<sup>2</sup>
- Bany: 14,10 m<sup>2</sup>
- Passadís: 9,42 m<sup>2</sup>
- Escala: 7,23 m<sup>2</sup>

La primera planta de l'edifici disposa d'una superfície de 147,25 m<sup>2</sup>.

La superfície útil de l'alberg on es realitzarà la electrificació i integració de les energies renovables és de 316,33 m<sup>2</sup>.

Les diverses instal·lacions elèctriques que conté el projecte i que acompliran la normativa vigent són les següents:

- Instal·lacions tèrmiques: sistema de producció d'Aigua Calent Sanitària (ACS) mitjançant l'energia solar tèrmica.
- Instal·lacions generadores: sistema solar fotovoltaic que estarà connectat a la xarxa de distribució.
- Instal·lacions elèctriques de baixa tensió: electrificació de part de l'edifici.

La instal·lació d'aquests sistemes es realitzarà sobre una superfície lliure d'obstacles i entrebancs per tal de poder obtenir una optimització i eficiència de les instal·lacions el més gran possible, tot preservant la seguretat d'usuaris i instal·lació.

## **2.3 Antecedents**

### **2.3.1 Introducció**

La societat actual manté des de fa unes dècades un notori creixement del consum d'energia i de la intensitat energètica. La creixent i excessiva dependència energètica exterior del nostre país (propera al 80% en els últims anys) i la necessitat de preservar el medi ambient i assegurar un desenvolupament sostenible, obliguen al foment de fórmules eficaces per a un ús eficient de l'energia i la utilització de fonts netes. Per tant, el creixement substancial de les fonts renovables, al costat d'una important millora de l'eficiència energètica, respon a motius d'estratègia econòmica, social i mediambiental, a més de ser bàsic per complir els compromisos internacionals en matèria de medi ambient.

Durant aquests anys, el consum d'energia primària i la intensitat energètica han crescut més del previst, en gran mesura induïda per l'important increment de la demanda elèctrica i del consum de carburants per al transport. Un creixement que és molt superior al desitjable i que dificulta a més, de manera indirecta, el compliment de l'objectiu relatiu de cobertura energètica mitjançant els recursos renovables que es proposa en l'actual Pla d'Energies Renovables (PER) d'Espanya.

Les energies renovables són la principal alternativa energètica raonable en l'actualitat. Aquest tipus d'energia es caracteritza principalment per ser inesgotables i presentar un reduït impacte ambiental en comparació amb altres fonts d'energia (tèrmica, cicle combinat, nuclear...). A més aquests tipus d'energia potencien els recursos autòctons de la zona on s'implanten i aquest fet pot suposar beneficis per aquests territoris.

### ***2.3.1.1 Les energies renovables com a garantia de desenvolupament sostenible***

El model de desenvolupament econòmic actual, basat en l'ús intensiu de recursos energètics d'origen fòssil, provoca impactes mediambientals negatius i desequilibris econòmics que obliguen a definir un nou model de desenvolupament sostenible.

S'entén per model energètic sostenible com aquell que permet satisfer les necessitats energètiques presents sense comprometre la capacitat de les generacions futures de satisfer les seves pròpies necessitats d'energia i sense comprometre, igualment, a l'accés a l'energia de determinats col·lectius, grups de població o països amb desenvolupament. Resulta evident que el nivell de consum actual dels països desenvolupats no permet assegurar el total abastament futur d'energia, ni facilita l'accés a l'energia dels països amb desenvolupament.

Les energies renovables contribueixen decisivament a la garantia del subministrament energètic a llarg termini, més que les fonts energètiques autòctones i inesgotables. La excessiva taxa de dependència energètica exterior del nostre país provoca riscos econòmics derivats de possibles restriccions de la oferta de petroli per part dels països productors. El recurs de les energies renovables permet reduir la dependència energètica exterior, tot contribuint a assegurar el subministrament futur.

L'ús creixent d'energies renovables possibilita la reducció de les emissions de gasos d'efecte hivernacle, i per tant, la reducció dels danys derivats al canvi climàtic. Els danys mediambientals que es deriven del canvi climàtic tenen caràcter global i afecten a tota la població (i no tan sols a aquella que es localitza en les proximitats dels centres de producció i consum d'energia), i afecten no tan sols a la generació present, sinó també a les futures generacions. És precís, per tant, el fet de limitar màxim possible el canvi climàtic mitjançant sistemes d'eficiència estalvi i desenvolupament sostenible de l'energia.

### ***2.3.1.2 El paper de les energies renovables en la lluita contra el canvi climàtic***

Un dels principals factors que es vol potenciar augmentant les instal·lacions i potència generada de les instal·lacions que utilitzen energies renovables és el fet i la necessitat de reduir el canvi climàtic.

El protocol de Kyoto sobre el canvi climàtic es tracta d'un acord internacional que té per objectiu reduir les emissions de sis gasos que provoquen el calentament global del planeta, i per tant el canvi climàtic. Aquests gasos són: diòxid de carboni (CO<sub>2</sub>), gas metà (CH<sub>4</sub>) i òxid nitrós (N<sub>2</sub>O), a més a més de tres gasos industrials fluorats: Hidrofluorocarbons (HFC), Perfluorocarbons (PFC) y Hexafluorur de sofre (SF<sub>6</sub>), en un percentatge aproximat de un 5%, dins del període que va des de l'any 2008 al 2012, en comparació a les emissions de l'any 1990.

Les plantes de generació elèctrica que utilitzen fonts d'energia renovables no els hi apliquen aquesta directiva, ja que sols afecta a aquelles instal·lacions que emeten CO<sub>2</sub>, tot establint un procediment que permet a les instal·lacions industrials els costos si redueixen les seves emissions. Per tant les fonts d'energia renovables són un instrument fonamental per a la reducció de les emissions de CO<sub>2</sub>.

La generació elèctrica mitjançant fonts d'energies renovables no emet CO<sub>2</sub> durant la fase d'operació de les instal·lacions de producció. No obstant, considerant tot el cicle de vida del kWh d'origen renovable, existeixen emissions de CO<sub>2</sub> en les fases de fabricació, transport o instal·lació dels equips, per tant el balanç global es positiu encara que sempre inferior al de la generació elèctrica mitjançant fonts convencionals (considerant també tot el cicle de vida). El major recurs del sistema energètic a les fonts d'energia d'origen renovable minimitza la contribució d'aquest a l'efecte hivernacle i redueix l'impacte mediambiental de la generació d'energia elèctrica.

### ***2.3.1.3 Les energies renovables com l'alternativa de menor impacte***

Els impactes mediambientals del sistema energètic són múltiples i una conseqüència no desitjada de la utilització intensiva de combustibles fòssils. Els impactes mediambientals derivats de la producció i consum d'energies renovables són de dos tipus: aquells impactes mediambientals positius que es defineixen pel fet de que eviten els impactes negatius produïts per les fonts energètiques a les que substitueixen; i aquells impactes mediambientals produïts pel consum o la producció d'energies renovables.

Pel que fa al primer tipus, les energies renovables, com he dit en anterioritat, limiten l'impacte dels sistemes energètics sobre el canvi climàtic, i per tant, contribueixen positivament als objectius fixats per la legislació vigent en matèria mediambiental — contribueixen més quant major sigui el percentatge de consum i producció d'energia primària no renovable substituïda per fonts renovables —. Entre els primers també, les energies renovables contribueixen a la reducció d'altres impactes globals, com poden ser els processos de combustió de fonts fòssils. Les emissions de SO<sub>2</sub> i NO<sub>x</sub> i d'altres partícules són l'origen de determinats impactes d'àmbit global, com poden ser la pluja àcida o l'augment d'ozó troposfèric.

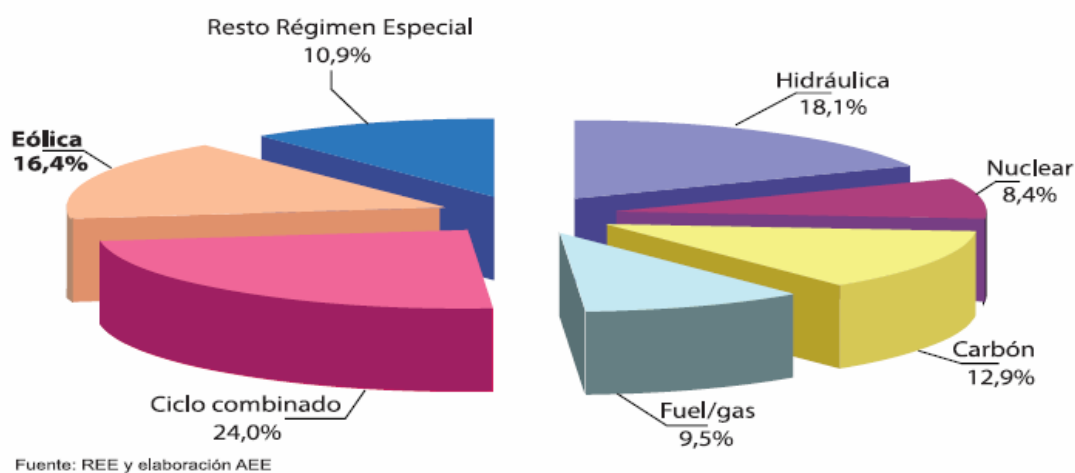
En quant al segon tipus, es tenen de considerar els possibles impactes paisatgístics associats a l'explotació de determinades instal·lacions de producció elèctrica mitjançant fonts renovables, i també aquells associats a l'ocupació del territori, de les que no estan exemptes les instal·lacions de generació elèctrica amb fonts convencionals. La legislació mediambiental vigent a Espanya assegura que els projectes d'aprofitament de les energies renovables s'executin amb el màxim respecte vers el medi ambient. Els possibles impactes paisatgístics o d'ocupació del territori, o impactes d'àmbit local com el soroll, han sigut objecte d'anàlisi en nombroses investigacions, però és bastant difícil avaluar els danys econòmics produïts per aquestes instal·lacions vers el medi ambient. Cal dir, que tot i això, les instal·lacions d'energies renovables un cop finalitza la seva vida útil són molt més fàcils de desmantellar que d'altres instal·lacions productores d'energia no renovable (tèrmiques, nuclears...).

#### 2.3.1.4 Evolució i potència elèctrica instal·lada l'any 2007

En aquest apartat es veu reflectit la potència elèctrica instal·lada a l'any 2007 a l'estat espanyol i l'evolució que ha sofert en els anys anteriors.

#### Potència instal·lada l'any 2007

En el *gràfic 1* podem observar com estava distribuïda la potència elèctrica instal·lada l'any 2007. Aquesta potència era d'uns 92.000 MW.



Gràfic 1: Potència instal·lada l'any 2007

Com es pot observar en el gràfic 1 les centrals de ciclo combinat eren les que tenien més potència instal·lada l'any 2007. Pel que fa a la potència elèctrica instal·lada en energies renovables, s'observa que tant l'energia hidràulica com la eòlica tenen un pes important, a més també es tenen de mencionar les instal·lacions de règim especial de producció d'energia elèctrica (són aquelles en que l'energia elèctrica que venen a les xarxes de distribució i transport procedeix del tractament de residus, biomassa, cogeneració, energia solar...).

### Evolución de la potencia instalada en los últimos años

En el gráfico 2 podemos observar cómo ha estado la evolución de la potencia instalada en los últimos años en el sistema energético español.

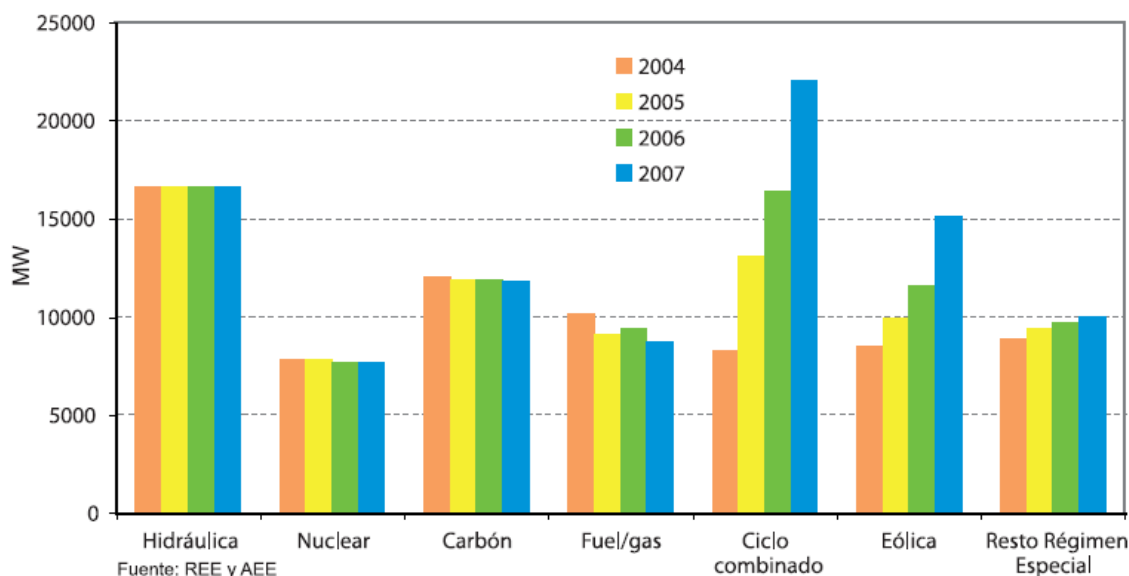


Gráfico 2: Evolución de la potencia instalada en los últimos años

En aquest segon gràfic veiem que en els darrers quatre anys l'augment més important en quan a la potència instal·lada ha estat per a les centrals de ciclo combinat i les centrals eòliques, ja que han sofert un augment gairebé lineal en aquest cicle. En quant als altres sistemes podem dir que la potència instal·lada en energia hidràulica, nuclear i carbó s'ha mantingut gairebé constant en els últims quatre anys. Tant sols les centrals tèrmiques que treballen en gas i fuel han disminuït la seva potència instal·lada.

#### 2.3.1.5 Evolución histórica de la potencia instalada en energías renovables

En el gráfico 3 es pot veure l'evolució de la potència instal·lada de les principals fonts d'energies renovables a Espanya en les últimes dos dècades.

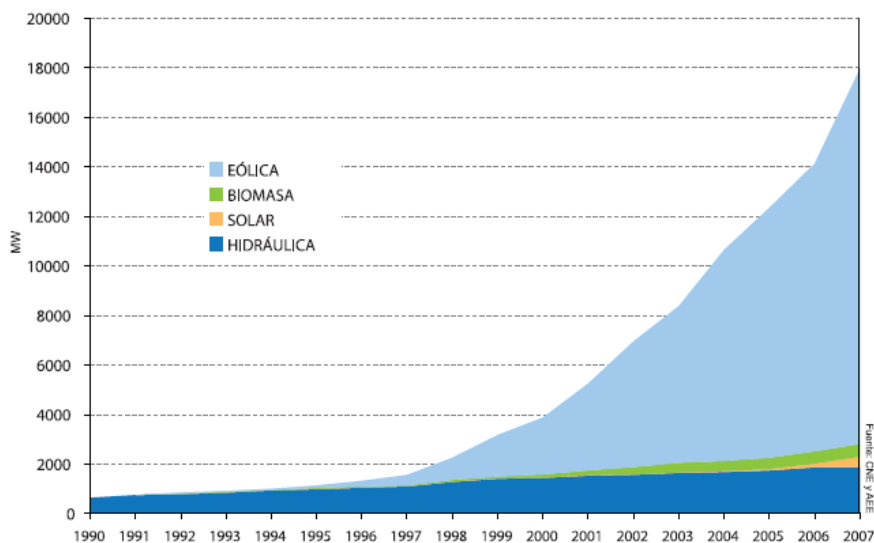


Gráfico 3: Evolución de la potencia instalada en energías renovables

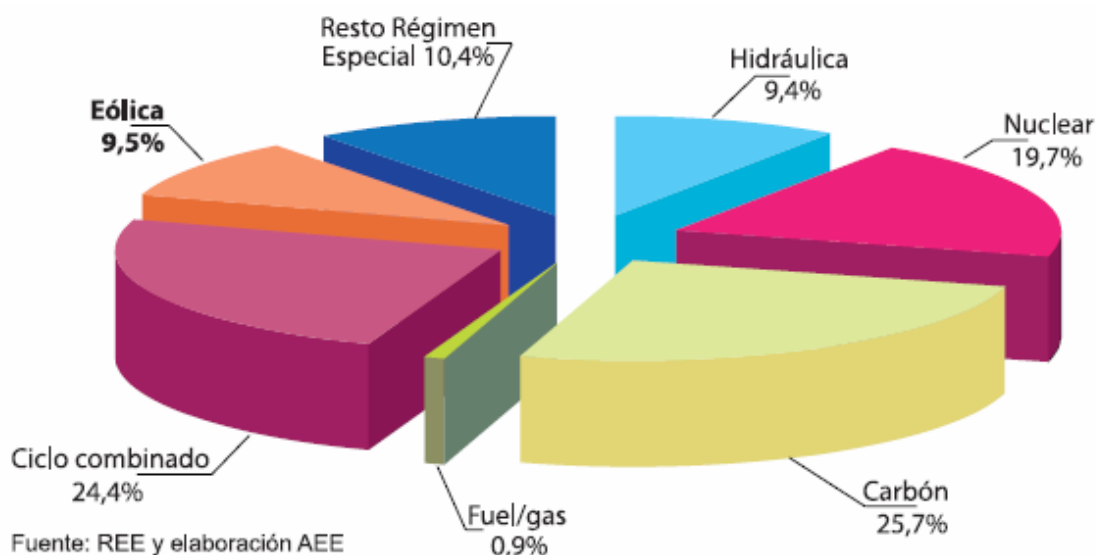
En aquest últim gràfic podem observar que a principis de la dècada dels noranta i fins aproximadament l'any 1995, el potencial instal·lat en energies renovables a l'estat espanyol era en gran part gràcies a l'energia hidràulica. Però a partir de mitjans de la dècada dels noranta es van anar instal·lant potencial d'altres fonts generadores com la eòlica, biomassa i solar. Aquestes dos últimes en menor part, però la potència instal·lada en energia eòlica ha tingut un augment exponencial en els aquests últims anys, fet que ha arribat a tenir gairebé uns 20.000 MW de potència instal·lada.

### 2.3.1.6 Evolució i energia elèctrica neta generada l'any 2007

En aquest apartat es veu reflectit l'energia elèctrica neta generada l'any 2007 a l'estat espanyol i l'evolució que ha sofert en els anys anteriors.

#### Energia elèctrica neta generada l'any 2007

En el *gràfic 4* podem observar com estava distribuïda per sectors l'energia neta generada a l'estat espanyol l'any 2007. La demanda anual d'aquesta energia era de 261.000 GWh.



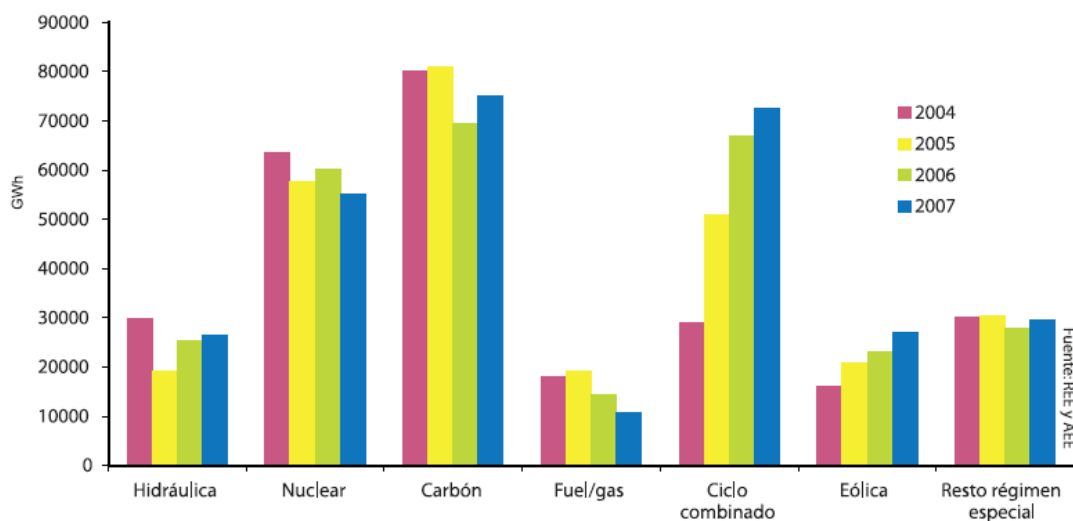
Gràfic 4: Energia neta generada l'any 2007 per sectors

En aquest darrer gràfic podem observar que els dos principals generadors d'energia elèctrica neta són les centrals de cycle combinat i les centrals tèrmiques que utilitzen carbó com a combustible per produir energia (24,4 i 25,7 % respectivament). Els segueix de prop les centrals nuclears que generen aproximadament un 20 % de l'energia neta generada a l'estat espanyol. Pel que fa a les energies renovables aquestes generen menys energia neta (estan al voltant d'un 10 %).

També podem veure que fent una comparació entre el *gràfic 1* (potència instal·lada l'any 2007) i aquest últim gràfic es veu que no hi ha relació entre la potència instal·lada i l'energia neta generada en les centrals d'energies renovables, ja que el rendiment que tenen aquest tipus d'instal·lacions és inferior a d'altres (centrals nuclears, centrals tèrmiques...).

### Evolució de l'energia neta generada en els últims anys

En el *gràfic 5* podem observar quina ha estat l'evolució de l'energia neta generada en els últims anys en el sistema energètic espanyol.

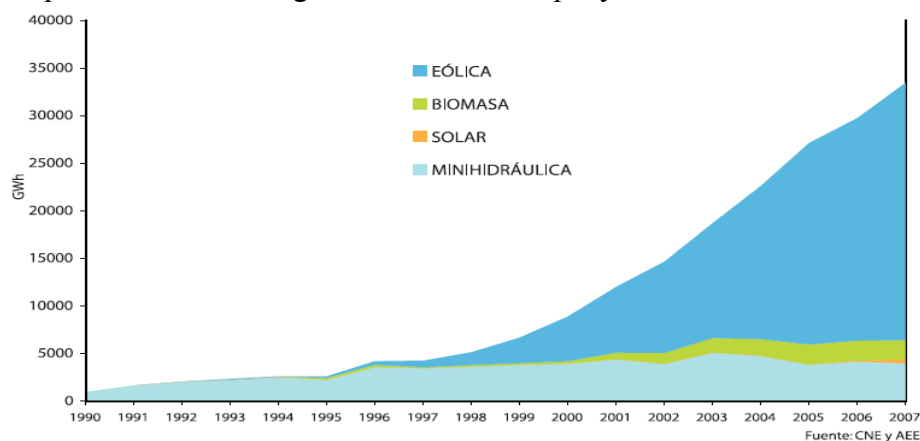


Gràfic 5: Evolució de l'energia neta generada en els últims anys

En aquest gràfic anterior veiem reflectit que l'augment més important de l'energia neta generada en els darrers quatre anys l'han protagonitzat les centrals de ciclo combinat (aquelles centrals en que hi ha una coexistència de dos cicles termodinàmics en un mateix sistema: un cicle de gas mitjançant turbina de gas i un cicle de vapor mitjançant turbina de vapor per tal de produir energia). En primer lloc, però es troben les centrals tèrmiques de carbó. Podem observar també que hi ha una reducció no molt significativa de l'energia neta generada per les centrals nuclears i les centrals que tenen com a combustible el gas i el fuel. L'energia neta generada per les instal·lacions eòliques també ha anat augmentant, però encara està molt lluny de produir l'energia neta que produeixen les centrals tèrmiques de carbó o de ciclo combinat. En el cas de l'energia elèctrica produïda per les centrals hidroelèctriques aquestes depenen de factors com pot ser la pluja i el desglaç de la neu; per aquest fet és variables al llarg del temps.

#### 2.3.1.7 Evolució històrica de l'energia neta generada per centrals renovables

En el *gràfic 6* es pot observar l'evolució històrica de l'energia neta generada per les principals centrals d'energies renovables a Espanya en les últimes dos dècades.



Gràfic 6: Evolució històrica de l'energia neta generada per centrals renovables

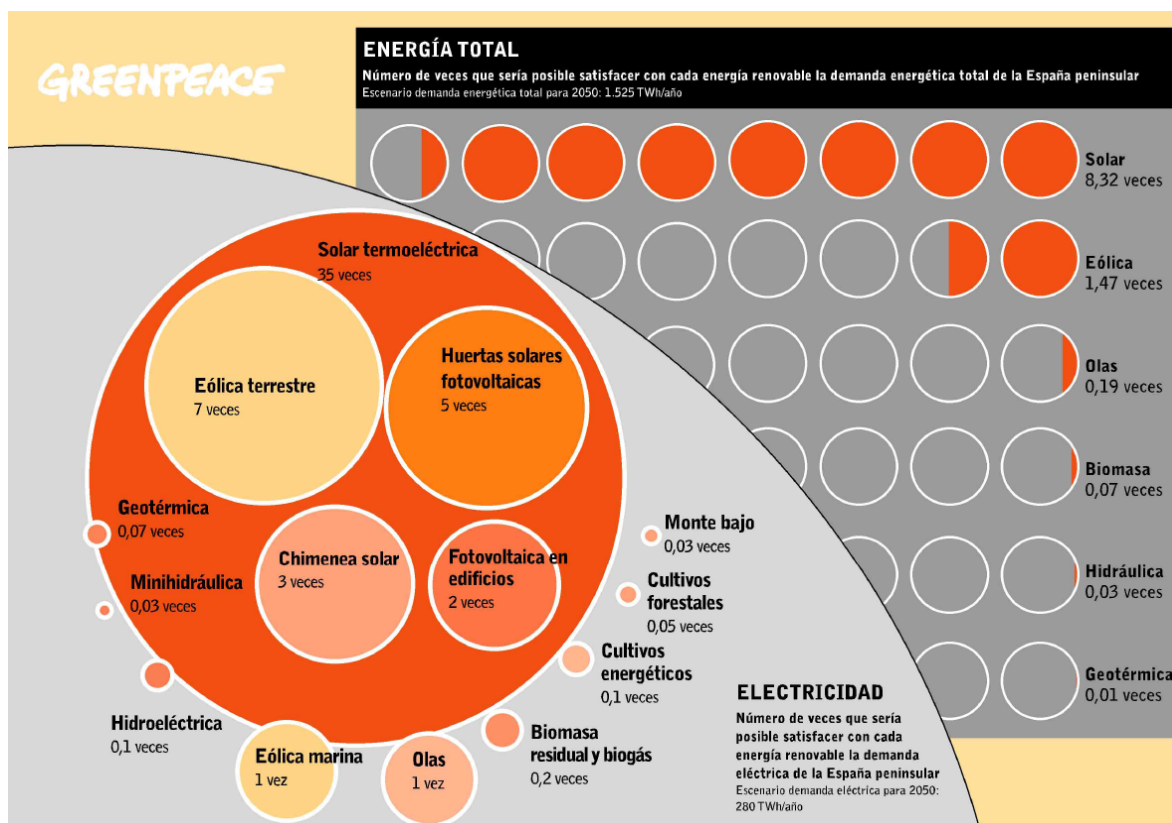
En aquest darrer gràfic es pot veure que a principis de la dècada dels anys noranta i fins mitjans d'aquesta mateixa dècada, l'energia neta generada a l'estat espanyol era en gran part gràcies a les centrals i l'aprofitament de l'energia hidràulica. A partir de l'any 1995 ja es va poder apreciar l'energia generada per altres fonts d'energia renovable com podien ser la biomassa, la solar (en menor part) i l'eòlica que va adquirir una evolució de l'energia neta generada exponencial fins als nostres dies, en part per la major potència instal·lada i per la millora dels rendiments dels aerogeneradors. Avui dia, la gran majoria d'energia neta generada per les centrals d'energia renovables prové de l'aprofitament dels vents.

### 2.3.1.8 Perspectives energètiques potencials de futur

En aquest apartat podem observar les perspectives energètiques potencials de futur que ens poden subministrar les energies renovables en un escenari hipotètic de l'any 2050 tant per l'estat espanyol com per Catalunya.

#### Escenari de l'Espanya peninsular

En el gràfic 7 podem veure les hipotètiques perspectives energètiques potencials d'energia total i electricitat de l'estat espanyol per l'any 2050.



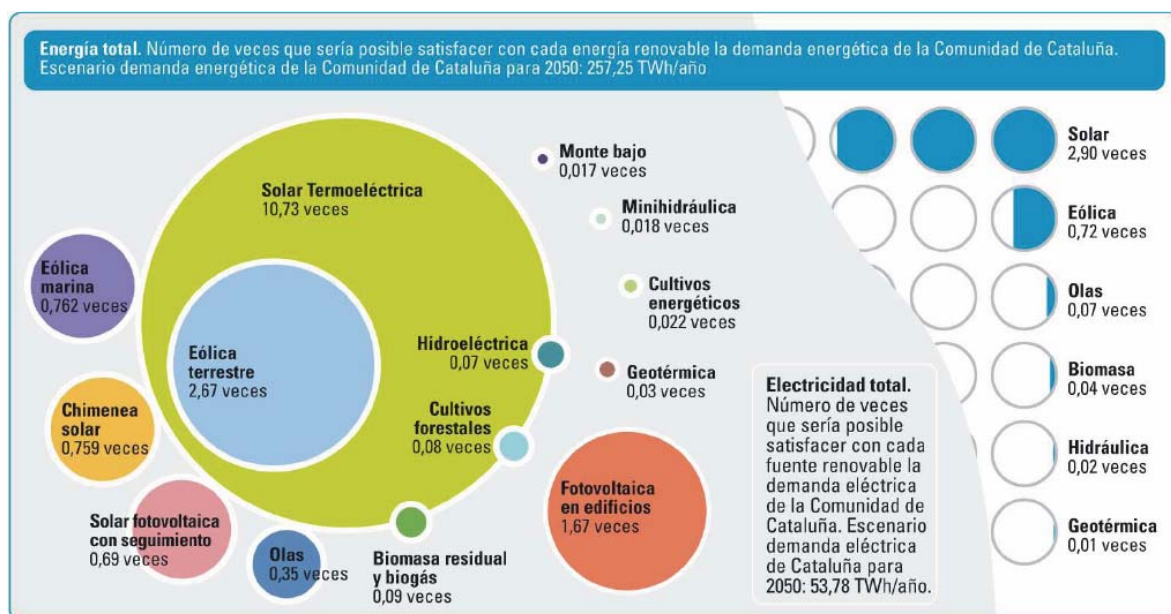
Gràfic 7: Perspectives energètiques potencials renovables per l'any 2050

Aquest gràfic ens mostra dos visions (energia total i electricitat) amb el número de vegades que es podria satisfer amb cadascuna d'aquestes energies renovables la demanda d'energia total (dalt i a la dreta del gràfic) i l'electricitat (baix i a l'esquerra). Pel que fa a l'energia total, que s'estima que per l'any 2050 l'escenari de demanda energètica serà de 1.525 TWh/any, es pot afirmar que amb l'energia solar es podria

satisfer fins a 8 vegades aquesta demanda d'energia total. L'energia eòlica, en menor part, podria satisfer aproximadament 1,5 cops aquesta demanda. En quant a l'electricitat, que s'estima que per l'any 2050 la demanda sigui de 280 TWh/any, es pot mencionar que fins a 5 tipus d'energies renovables podrien arribar a la possibilitat de satisfer la demanda elèctrica de l'Espanya peninsular. Aquestes fonts d'energia serien: l'energia solar termoelèctrica (fins a 35 vegades), l'energia eòlica terrestre (7), els camps solars fotovoltaics (5), les xemeneies solars (3) i l'energia fotovoltaica als edificis (2).

### Escenari de Catalunya

En el *gràfic 8* podem veure les hipotètiques perspectives energètiques potencials d'energia total i electricitat de Catalunya per l'any 2050.



**Gràfic 8:** Perspectives energètiques potencials renovables per l'any 2050

Aquest gràfic ens mostra el mateix que el *gràfic 7* però en l'àmbit de Catalunya, és a dir, el nombre de vegades que es podria satisfer amb cadascuna d'aquestes energies renovables l'energia total i l'electricitat demandada per l'any 2050. En quant a l'energia total, que s'estima que per l'any 2050 l'escenari de demanda energètica, a la comunitat autònoma catalana, serà d'aproximadament d'uns 257 TWh/any, es pot afirmar que amb l'energia solar es podria satisfer fins gairebé 3 vegades aquesta demanda d'energia total. La seguiria l'energia eòlica, que amb 0,72 cops no podria arribar a satisfer aquesta demanda tant gran. D'altres tipus d'energies renovables com la biomassa o l'energia hidràulica serien del tot insuficients per oferir aquesta demanda. Pel que fa a l'electricitat, que s'estima que per l'any 2050 la demanda a Catalunya sigui d'aproximadament uns 54 TWh/any, es pot dir que tan sols 3 tipus d'energies renovables tindrien la capacitat de produir i satisfer la demanda elèctrica de la nostra comunitat per l'any 2050. Aquestes 3 fonts d'energia serien: l'energia solar termoelèctrica, que seria capaç de cobrir la demanda fins a 10,73 cops aquesta; l'energia eòlica terrestre, que la satisfaria amb 2,67 vegades i l'energia solar fotovoltaica instal·lada als edificis, que cobriria 1,67 cops aquesta demanda. D'altres tipus d'energies renovables (ones, biomassa...) no arribarien a satisfer la futura demanda.

## 2.3.2 Producció d'energia a partir del Sol

### 2.3.2.1 L'energia del Sol

El Sol és l'estrella més pròxima al planeta Terra i l'element més gran del sistema solar, on el Sol n'és el centre i la resta de planetes l'orbiten. Les estrelles són els únics cossos de l'univers que emeten llum. Al ser l'estel més pròxim a la Terra (es troba a 150 milions de km) és també l'astre més brillant del firmament. La seva presència o absència en el cel determina el dia i la nit, respectivament.

L'energia radiada pel Sol és molt important per nosaltres, ja que sense aquesta no existiríem, ni hi podria haver cap forma de vida al nostre planeta. L'energia radiada pel Sol és aprofitada pels éssers fotosintètics que constitueixen la base de la cadena alimentària; l'energia del Sol també aporta l'energia que manté el funcionament dels processos climàtics al nostre planeta.

El Sol es va formar fa uns 4.500 milions d'anys a partir de núvols de gas i pols que ja contenien residus de generacions anteriors d'estrelles. L'origen de l'energia que el Sol produeix i irradia al seu voltant, es troba en les reaccions nuclears que ininterrompudament succeeixen al seu interior. En aquestes reaccions nuclears de fusió, els àtoms d'hidrogen (element més abundant al Sol) es transformen en heli produint-se l'energia que irradia la nostra estrella. Actualment, el Sol es troba en una etapa on seguirà durant uns 5.000 milions d'anys més cremant hidrogen, i per tant irradiant energia, de manera estable.

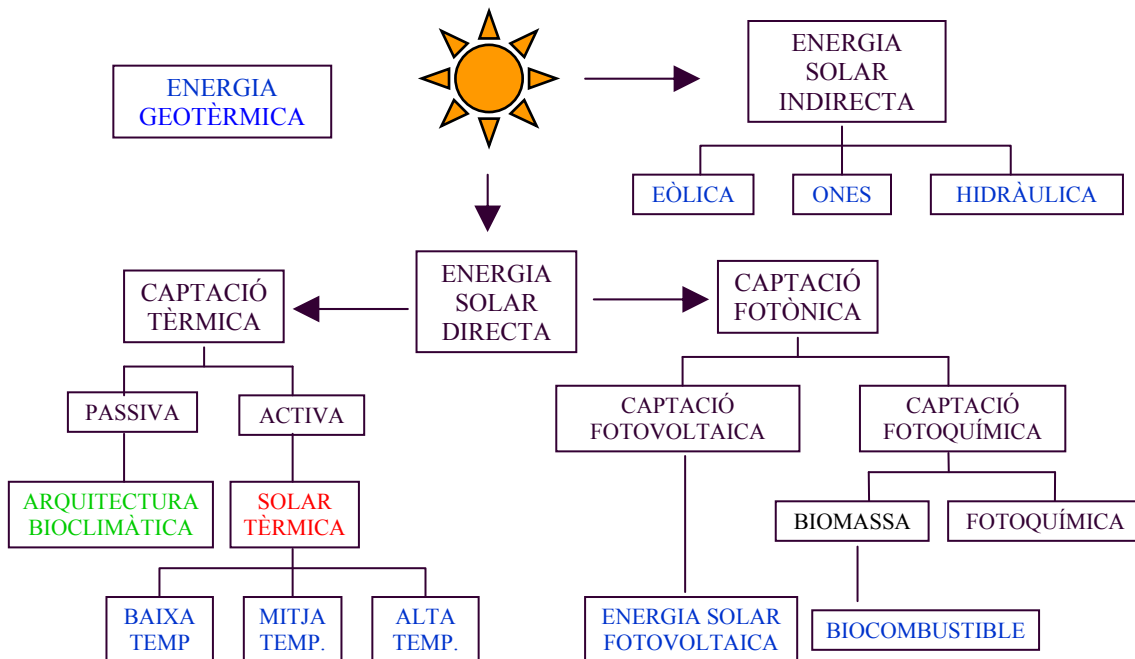
El planeta Terra rep del Sol una aportació energètica de l'ordre d'aproximadament 4.500 vegades l'energia que consumeix. Amb aquesta xifra es pot prendre consciència del grandíssim potencial energètic d'aquesta inesgotable font d'energia. Però, malgrat aquesta gran xifra, a l'hora de poder aprofitar aquest elevat potencial ens podem trobar amb diversos problemes a l'hora d'aprofitar aquesta radiació. Aquests en són alguns exemples:

- L'energia solar arriba a la terra de forma dispersa i és susceptible de ser aprofitada a través dels processos de transformació en els indrets de consum.
- Pel que fa a l'aprofitament de l'energia als habitatges, és en els mesos d'hivern quan més es necessita l'energia del Sol (per tal de produir ACS, calefacció...) i per contra és en aquest mateix període quan la radiació solar és més reduïda.
- És necessari realitzar una transformació energètica per tal de poder aprofitar la radiació que ens arriba a la Terra.

Malgrat aquests anteriors problemes a l'hora d'aprofitar la radiació del Sol, la utilització de diverses energies renovables per aprofitar aquesta energia que ens cedeix el Sol, és en el present i pot resultar en el futur una eina primordial per a la sustentació del nostre planeta, ja que és una forma d'energia totalment gratuïta, no és contaminant i es renovable i pràcticament inexhaurible (ja que tal com he mencionat anteriorment el Sol seguirà durant uns 5.000 milions d'anys irradiant energia).

Per tot això cal que en un país com Espanya, amb un dels nivells més elevats de radiació solar de tota Europa, s'aprofiti el màxim aquest recurs energètic que ens proporciona el Sol.

L'energia del Sol irradiada sobre la terra és primordial per tal de poder aprofitar les diverses fonts d'energia renovables en el nostre planeta. Es pot afirmar que totes les formes d'energies renovables que avui dia aprofitem tenen a veure directa o indirectament amb el Sol. En la següent *figura 1* en podem veure la mostra:



**Figura 1:** Diferents tipus d'energia solar

Tal com es pot observar en aquesta darrera figura l'energia del Sol que ens arriba a la terra es manifesta de dos formes diferents: l'energia solar indirecta i l'energia solar directa.

Pel que fa a l'energia solar indirecta, aquesta es manifesta en el nostre planeta en l'aprofitament de diferents tipus d'energies renovables com l'eòlica, la de les ones i la hidràulica. El Sol afecta en aquests tres sistemes de generació d'energia pel fet que aporta l'energia que manté el funcionament dels processos climàtics al nostre planeta, és a dir, en el cas de l'energia eòlica el Sol provoca uns desequilibris tèrmics entre uns indrets i uns altres que provoquen diferències de pressió atmosfèrica, les quals produeixen els vents. Fent referència a l'energia de les ones, aquestes s'originen per l'acumulació i la concentració de l'energia solar, ja que els vents que produeixen l'onada estan causats per diferències de pressió produïts per la radiació solar. I en el cas de les centrals hidràuliques, aquestes també depenen del Sol, ja que és aquest el qui produeix, juntament amb la posició de la terra, una disminució de la temperatura que en conseqüència és l'artífex del descens de la pressió atmosfèrica que fa que es generi la pluja i per tant l'energia hidràulica.

En quant a l'energia solar directa podem observar en la *figura 1* que es divideix en dos grans grups: per captació tèrmica i per captació fotònica. Fent referència als sistemes per captació tèrmica, aquests es divideixen en sistemes passius (l'exemple més clar és el dels habitatges amb arquitectura bioclimàtica) i sistemes actius (energia solar tèrmica, que pot ser de baixa, mitjana o alta temperatura). Pel que fa als sistemes de captació fotònica, aquests altres es divideixen també amb dos grups: els sistemes de

captació fotovoltaica (aquells que generen energia solar fotovoltaica) i els sistemes de captació fotoquímica, dintre dels quals ens podem trobar la biomassa (biocombustibles) i els sistemes fotoquímics.

### **2.3.2.2 Aplicacions de l'energia solar**

Tot seguit s'exposen diverses aplicacions de l'energia que emet i genera el Sol, aquestes aplicacions s'han intentat ordenar en la mesura d'utilització d'avui dia:

- Electrificació amb energia solar fotovoltaica de petits pobles rurals situats en zones muntanyoses i on les xarxes de distribució d'energia elèctrica els hi és tècnicament impossible d'arribar-hi.
- Utilització de l'energia solar tèrmica en habitatges per tal de produir ACS i per tant deixar de pagar bona part de la factura elèctrica o de gas.
- Producció d'energia elèctrica d'àmbit eòlic gràcies als moviments dels vents que produeix el Sol (energia solar indirecta).
- Electrificació mitjançant l'energia solar fotovoltaica d'habitatges aïllats que tenen un ús esporàdic.
- Bombeig d'aigua en zones rurals gràcies a l'energia eòlica (energia solar indirecta).
- Il·luminació mòbil d'instal·lacions temporals, com poden ser la senyalització d'obres, carreteres, carrers, vigilància...
- Il·luminació de zones públiques de concurrència, com poden ser túnels, parcs...
- Captació d'energia per a que els satèl·lits espacials puguin funcionar, i per tant puguin transmetre les dades a la terra.
- Utilització de l'energia solar en la possibilitat de produir uns sistema energètic climàtic que a partir de l'energia solar tèrmica (calor) produeixi fred en els mesos d'estiu.

### **2.3.2.3 La radiació solar**

Tal com he mencionat anteriorment, el Sol es tracta d'una gran estrella que irradia al voltant seu una gran quantitat d'energia degut a les grans reaccions nuclears en cadena que es produeixen en el seu interior. Una part d'aquesta energia ens arriba al nostre planeta gràcies a les ones electromagnètiques.

La radiació solar es tracta del flux d'energia que rebem del Sol en forma d'ones electromagnètiques de diverses freqüències (llum visible, infraroigs, ultravioleta...). La radiació solar està constituïda per una superposició d'aquestes ones que estan compreses entre els 0,3  $\mu\text{m}$  i els 3  $\mu\text{m}$  de longitud d'ona, encara que l'espectre que pot observar i detectar l'ull humà (llum visible) tan sols va dels 0,38 a 0,78  $\mu\text{m}$  de longitud d'ona; aproximadament la meitat del flux d'energia (49 %) que rebem del Sol està comprés entre aquests barems visibles per l'ull humà. Pel que fa a la resta d'aquest flux d'energia, que no és captat per l'ull humà, la majoria d'aquest flux (46 %) es situa a la part infraroja de l'espectre (longituds d'ona llargues) i una petita part (5 %) es troba a la part ultravioleta (longituds d'ona curtes). La radiació solar es mesura amb un instrument anomenat piranòmetre.

Tot seguit en la *figura 2* podem observar l'espectre solar, en el qual es troba la llum visible, i les seves longituds d'ona:

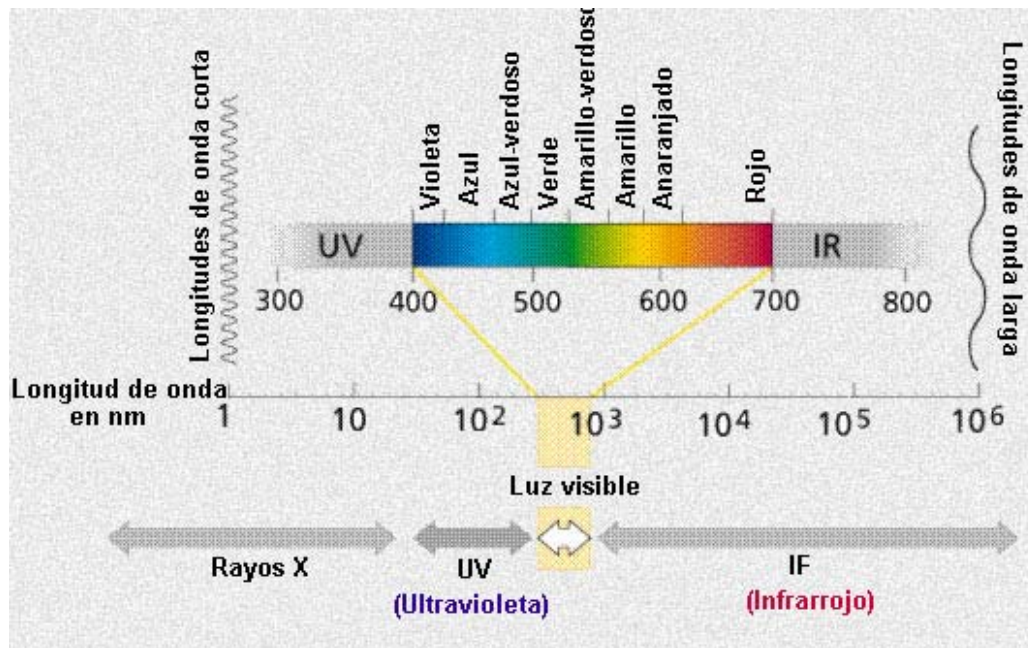


Figura 2: Espectre solar electromagnètic

I en la *figura 3* podem veure les diferents característiques i distribucions de l'espectre de radiació incident en l'atmosfera extraterrestre:

**Característiques i distribució de l'espectre de radiació incident en l'atmosfera extraterrestre:**

Banda	Ultraviolet	Visible	Infraroig
Longitud d'ona (µm)	0,01 - 0,38	0,38 - 0,78	0,78 - 1000
Percentatge energètic	5 %	49 %	46 %
Potencia de radiació (W/m <sup>2</sup> )	54	662	620

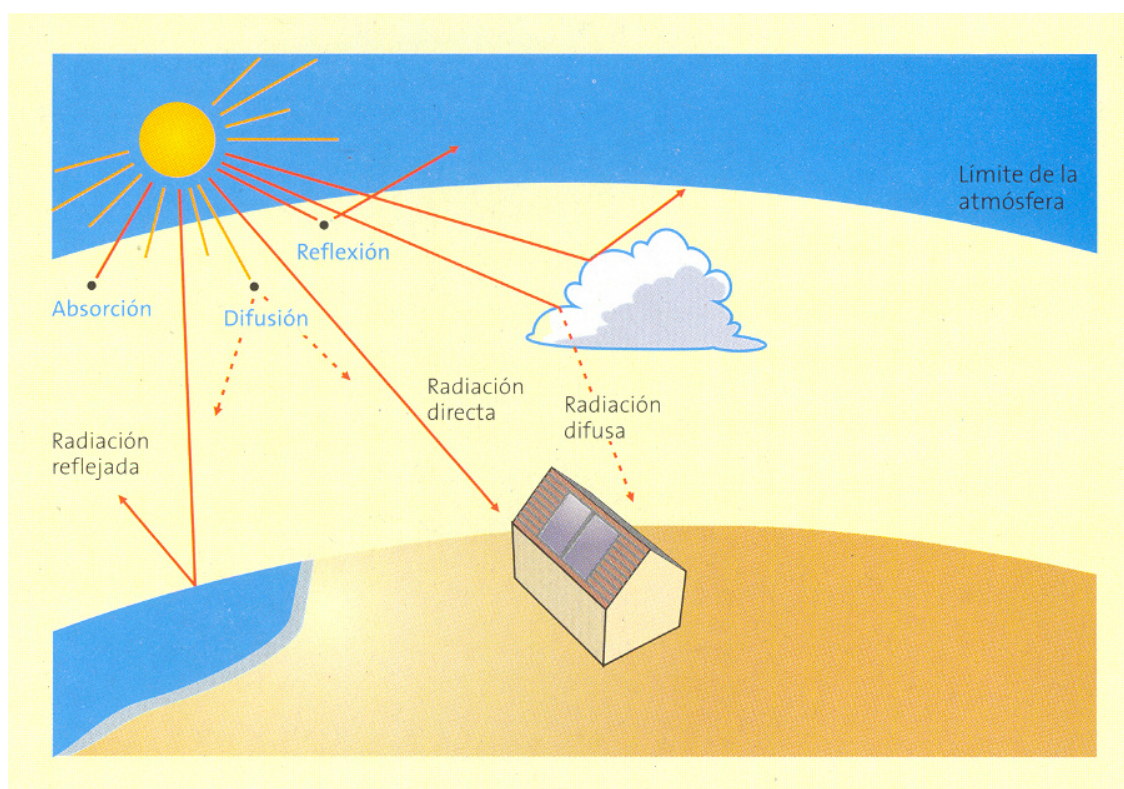
Figura 3: Característiques de l'espectre de radiació incident

Tal com he mencionat anteriorment, els raigs solars es propaguen a través de l'espai en forma d'ones electromagnètiques d'energia, aquest fenomen és el que coneixem com a radiació solar, i és el responsable de que el nostre planeta rebi una aportació energètica continua d'aproximadament uns 1353 W/m<sup>2</sup>. Aquesta aportació energètica rep el nom de constant solar o irradiància (energia incident per unitat de temps i superfície) i es tracta de la irradiància extraterrestre mitjana sobre una superfície horitzontal, és a dir, perpendicular als raigs solars. Per tal d'imaginar-nos la gran quantitat d'aportació energètica cal dir que al cap d'un any, aquesta irradiància equivaldria a 20 cops l'energia emmagatzemada en totes les reserves de combustibles fòssils del món (petroli, carbó...).

Tanmateix, no tota la radiació que arriba a la Terra sobrepassa les capes altes de l'atmosfera, per tant la irradiància terrestre serà més petita que la extraterrestre. Degut als processos que sofreixen les raigs solars quan entren en contacte amb els diferents gasos que componen l'atmosfera, una tercera part de l'energia solar interceptada per la

Terra torna a l'espai exterior degut a la reflexió, mentre que les dos terceres parts restants penetren fins la superfície terrestre. Aquest fet es degut a que les proporcions de vapor d'aigua, metà, ozó, i diòxid de carboni ( $\text{CO}_2$ ) actuen com una barrera protectora; una capa de protecció que, entre d'altres coses, permet que no es produeixin canvis de temperatura massa extrems a la superfície terrestre, així com que existeixi l'aigua líquida des de fa milions d'anys. A més a més del fenomen de la reflexió, l'atmosfera també atenua la radiació solar amb els fenòmens de l'absorció i la difusió. Pel que fa la difusió, aquesta es produeix degut en gran part a la contaminació que presenta l'aire, per tant en zones on el grau de contaminació de l'aire sigui més elevat (grans nuclis urbans, zones industrials,...) la radiació solar també disminuirà.

En la següent *figura 4* podem visualitzar els diferents fenòmens que afecten en la radiació solar:



**Figura 4:** Fenòmens que afecten a la radiació solar

A la pèrdua d'aportació energètica que es produeix en les capes superiors de l'atmosfera, també hi ha que afegir-hi unes altres variables que també influeixen en la disminució de la quantitat de radiació solar que ens arriba fins un determinat punt del planeta. A la Terra no totes les superfícies reben la mateixa quantitat d'energia ja que l'angle d'inclinació de l'eix de rotació del nostre planeta respecte el Sol és d'uns  $23,45^\circ$  aproximadament. La intensitat de radiació, per tant, no serà la mateixa quan els raigs solars estiguin perpendiculars a la superfície irradiada que quan l'angle d'incidència sigui més oblic (tal com passa en el pols, on la intensitat de radiació serà més petita). Per tant, la declinació del Sol és la raó la qual fa que els valors més grans de la radiació solar no es produeixin a l'equador ni als pols, sinó que es produeixen als voltants del tròpic de Càncer i Capricorn, ja que en aquestes zones és on els raigs solars són més perpendiculars a la superfície i travessen una capa atmosfèrica més fina fins arribar a la superfície terrestre.

Però per tal d'establir amb exactitud la quantitat d'energia que es pot aprofitar en un lloc concret, també tenim de tenir molt en compte d'altres factors com poden ser: l'hora del dia, l'alçada respecte el nivell del mar, l'estació de l'any (no ens arriba la mateixa radiació solar a l'hivern que a l'estiu degut a la distància entre el Sol i la Terra i al moviment el·líptic de la Terra respecte el Sol).

En la *figura 5* podem visualitzar un dels factors que afecten a la radiació solar que incideix en el nostre planeta, més en concret s'observa l'evolució del moviment de la Terra al llarg de l'any:

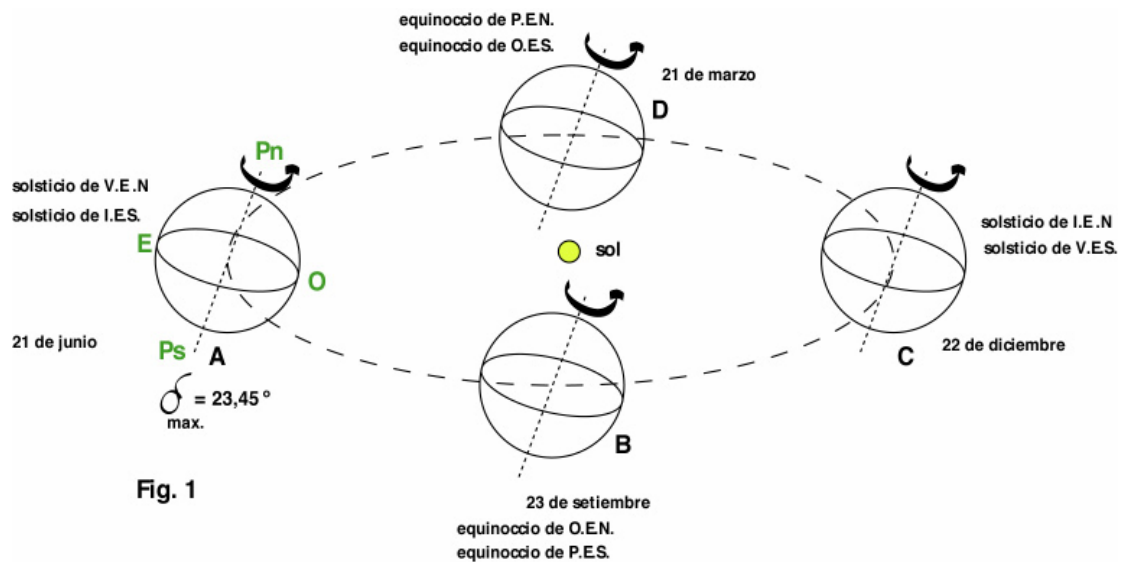


Fig. 1

Figura 5: Moviments de la Terra al llarg de l'any.

En la *figura 6* podem veure amb més exactitud la variació de la posició del Sol en funció de les estacions de l'any i la latitud – hora del dia:

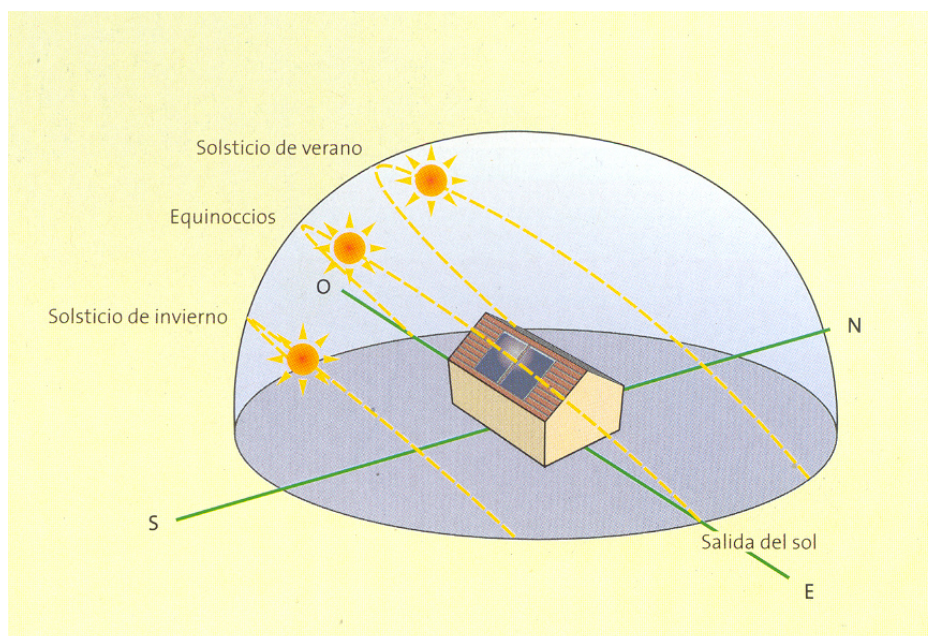
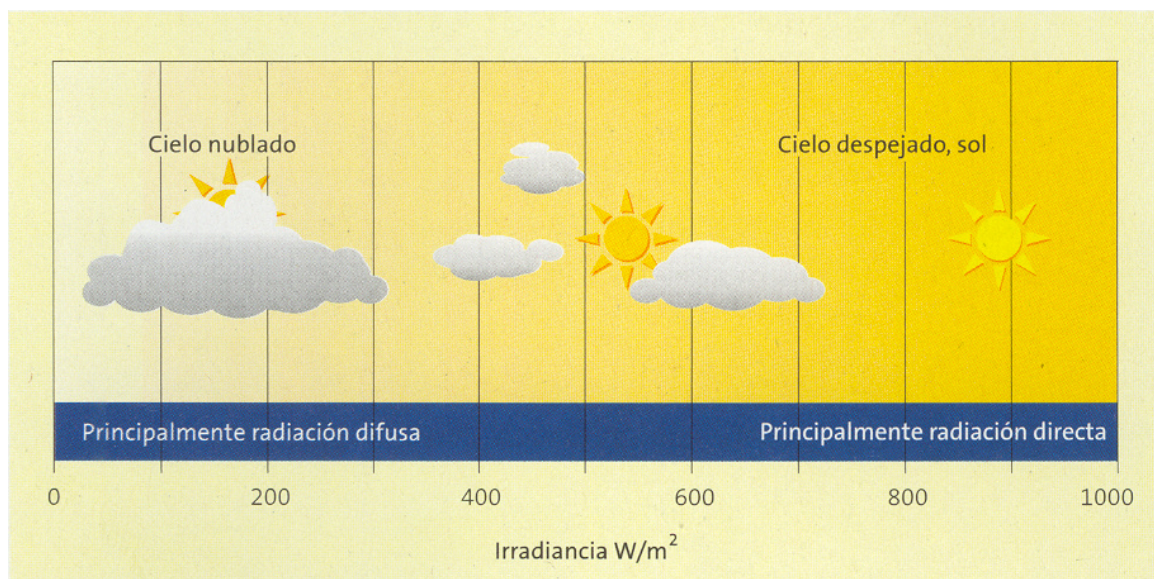


Figura 6: Posició del Sol en funció de les estacions i hora del dia

Tal com mostra l'anterior figura es pot observar que en els mesos d'estiu la posició del Sol està més alta que en els mesos d'hivern i per tant en els mesos d'estiu ens arriba a la superfície terrestre més radiació solar que en els mesos d'hivern, ja que disposem de més hores de sol. En quan a l'hora del dia on el Sol arriba al seu punt més àlgic, aquesta és vora les hores del mig dia, on el Sol durant la seva trajectòria (Est - Oest) es troba al Sud, per aquest fet les instal·lacions solars fixes, sempre que sigui possible, tenen d'estar orientades al Sud, ja que és en aquesta direcció geogràfica quan podem aprofitar més hores el sol i per consegüent obtenir més radiació solar i irradiància.

Però el principal aspecte que ens determina el nivell de radiació solar que ens arriba en un indret concret del planeta són les condicions atmosfèriques. En els dies on predominen les males condicions meteorològiques (núvols, boira,...) disminuirà considerablement la intensitat de la radiació i per tant l'aportació energètica que pugui rebre la nostra instal·lació. Encara que la relació entre les variacions en la nuvolositat i la radiació solar és complexa, probablement aquest factor és el més important a l'hora de poder calcular l'energia que ens arriba a un punt concret de la superfície terrestre.

En la següent *figura 7* podem observar la irradiància que ens arriba a la superfície terrestre segons l'estat meteorològic de l'atmosfera:



**Figura 7:** Nivell d'irradiància segons l'estat atmosfèric.

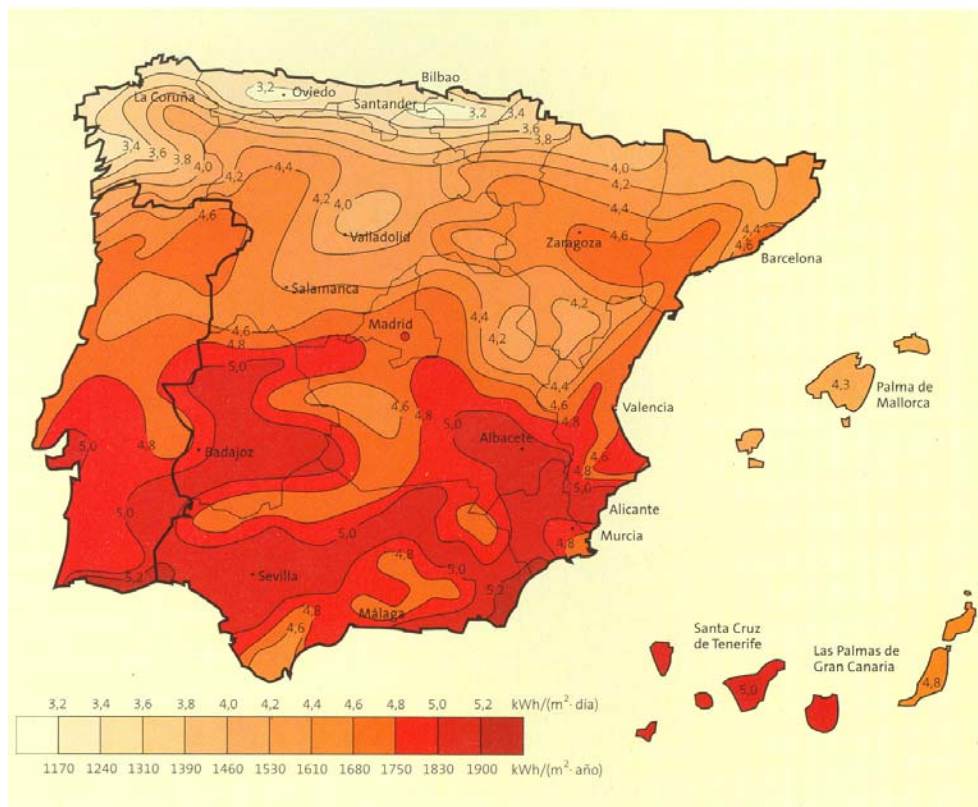
Tal com es pot comprovar en l'anterior figura, el nivell d'irradiància que es pot arribar a tenir als voltants del migdia i en un cel totalment lliure de núvols és d'uns 1000  $W/m^2$ , aquest valor d'irradiància es sol donar a nivell del mar i com he dit amb el cel totalment clar. El fet de poder obtenir aquest nivell de radiació solar és gràcies a la radiació directa, és a dir, aquella radiació que ens arriba a la superfície terrestre mantenint la línia recta des de el disc solar (quan mirem directament al Sol). En canvi amb el cel parcialment o totalment ennuvolat el nivell d'irradiància disminueix considerablement (200 – 400  $W/m^2$ ) ja que els núvols impedeixen que la radiació solar directa que emet el Sol no arribi en les mateixes condicions que si el cel es trobés ras, aquest tipus de cas es coneix com a radiació difusa que es tracta d'aquella radiació en que la seva direcció ha estat modificada per diverses circumstàncies (nuvolositat,

remissions de cossos, partícules o objectes amb els quals ha xocat...), es considera que la radiació difusa ve de totes les direccions (no té una orientació determinada).

Un altre concepte que té a veure amb la radiació solar és la irradiació, aquest concepte fa referència a la quantitat d'energia que incideix sobre una superfície en un temps determinat, per tant com més gran sigui el temps de radiació major serà la irradiació. Per tant si sumem tota la radiació global que incideix en un indret en concret durant un temps definit (dies, setmanes, mesos, anys...) obtindrem una energia mesurada bé amb MJ/m<sup>2</sup> o bé amb kWh/m<sup>2</sup>.

La suma de totes aquestes variables anteriorment mencionades ens permeten conformar el mapa solar d'una regió determinada del planeta i establir la quantitat d'energia mitja que podem captar per als diferents àmbits d'instal·lació. En el cas concret del nostre país coincideixen tots els requisits per a ser un dels països europeus amb major capacitat de poder recollir els beneficis de l'energia solar: una situació geogràfica privilegiada, amb una climatologia envejable i amb una intensitat de radiació solar molt superior a la de altres regions del planeta (fins i tot per damunt de les zones equatorials). A més a més, Espanya es veu particularment afavorida respecte a d'altres països europeus per la gran quantitat de dies sense núvols que té a l'any, fet que provoca que, com ja he mencionat en anterioritat, es pugui aprofitar més la radiació directa per tal d'obtenir més irradiació i per tant més energia que en d'altres països amb més dies de núvols a l'any. Per tal de poder dimensionar una instal·lació solar és necessari saber, mitjançant un mapa, la radiació del lloc on es realitzarà la instal·lació i posteriorment tenir les taules actualitzades de radiació solar del nostre emplaçament.

Tot seguit en la *figura 8* podem veure el mapa d'irradiació global de la península Ibèrica i els arxipèlags Balear i Canari.



**Figura 8:** Mapa d'irradiació global.

A l'hora d'efectuar un estudi de viabilitat d'una instal·lació solar hi ha que considerar sobretot el nombre d'hores de sol de que disposarà aquesta, ja que els captadors tèrmics solars obtindran rendiments molt superiors quan els raigs del sol els arribin de forma directa. En canvi, pel que fa als captadors fotovoltaics es tindrà de tenir més en compte els valors de radiació difusa, ja que aquests captadors aprofiten molt millor l'energia dispersa, fins i tot en condicions on el cel està cobert. Espanya té un ampli potencial de desenvolupament de les energies solars, ja que disposa d'una mitja de 2.500 hores de sol assegurades a l'any. Els pocs núvols, la baixa humitat ambiental, el clima sec i la incidència dels raigs solars fan que el nostre territori tingui uns valors envejables de radiació directa.

Però, tal com hem pogut observar en l'anterior *figura 8*, existeixen unes evidents diferències entre les diferents regions del territori, aquestes diferències es poden apreciar en la gran diferència d'hores de sol que hi ha entre les regions cantàbriques (on les hores de sol oscil·len les 1.700 hores per any) i les regions del sud i mediterrànies (on les hores de sol per any arriben i fins i tot superen les 2.750 hores l'any). Aquestes diferències són causa de les diverses zones climàtiques que hi ha a l'interior i al nord de la Península Ibèrica (zones de clima Atlàntic, que es caracteritzen per la seva elevada pluviometria), fet que explica que aquestes zones del nord (sobretot nord - oest de la península) rebin menys hores de sol que la resta del territori.

Tenint en compte que en l'actualitat no s'aprofita ni el 10 % de l'energia que ens ofereix el Sol, podem reafirmar que les possibilitats de desenvolupament i aprofitament de la font d'energia solar són realment espectaculars.

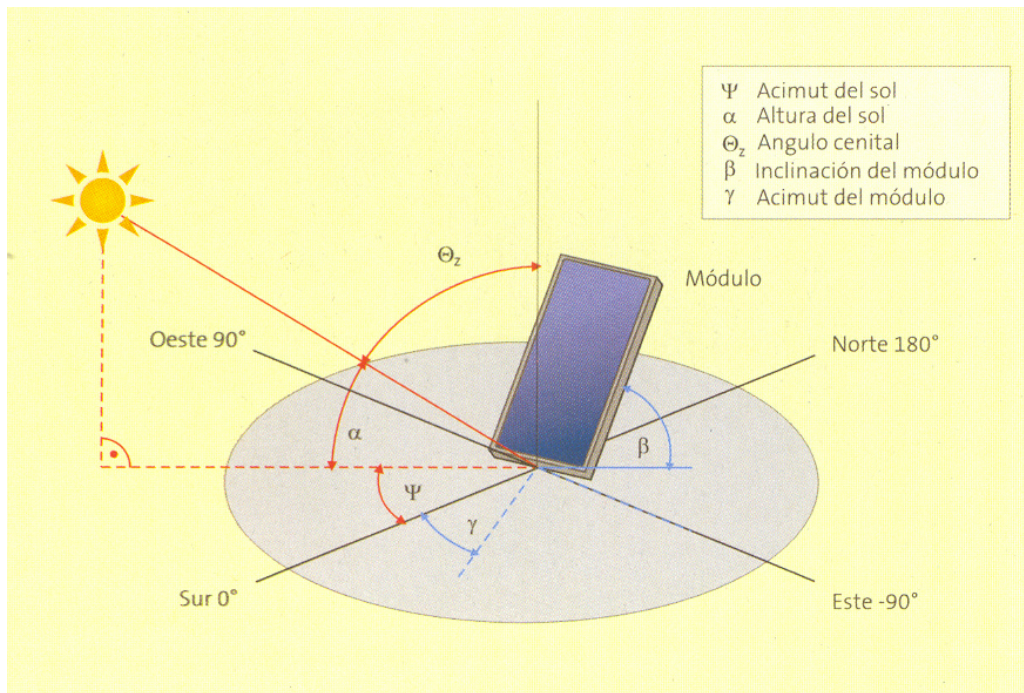
### 2.3.2.3.1 La Geometría Solar

Tal com he anat mencionat fins aquest punt, per tal de poder efectuar els diversos càlculs en una instal·lació solar, és imprescindible saber la quantitat de irradiació solar sobre el pla en el qual s'efectuarà la instal·lació solar, a més a més de saber la trajectòria i posició que segueix el Sol al llarg de l'any (*figura 6*).

Els diferents angles i aspectes que influeixen en la geometria i tecnologia solar són els següents:

- **Azimut del Sol ( $\psi$ ):** Es tracta de l'angle que formen la direcció del punt cardinal Sud amb la projecció horitzontal del Sol, tot considerant l'orientació del sud com  $\psi = 0^\circ$ , els angles entre el sud i l'oest positius (oest  $\rightarrow \psi = 90^\circ$ ), els angles entre el sud i l'est negatius (est  $\rightarrow \psi = -90^\circ$ ).
- **Altura solar ( $\alpha$ ):** És l'angle comprès entre la recta que uneix el Sol i el captador solar i la projecció d'un raig solar sobre el pla horitzontal en aquest punt del captador.
- **Angle zenital ( $\theta_2$ ):** Es tracta de l'angle format pel raig de sol i la vertical.
- **Inclinació del captador ( $\beta$ ):** És l'angle comprès entre el captador solar i el seu pla horitzontal.
- **Azimut del captador ( $\gamma$ ):** Es tracta de l'angle que forma la direcció del punt cardinal Sud amb la disposició del captador. A l'hemisferi Nord l'orientació òptima dels captadors serà Sud, és a dir, l'azimut òptim d'una instal·lació solar en aquest hemisferi serà:  $\gamma = 0$ .

Tot seguit en la *figura 9* podrem observar aquests angles i aspectes que influeixen en la geometria solar:



**Figura 9:** Angles de la geometria solar.

#### 2.3.2.3.2 Hora Solar Pic

L'Hora Solar Pic (HSP) es tracta d'una unitat que mesura la irradiació solar i es pot definir com el temps en hores d'una hipotètica irradiació solar constant de  $1.000 \text{ W/m}^2$ . Una hora solar pic equival a  $3.6 \text{ MJ/m}^2$  o, dit d'una altra manera,  $1 \text{ kWh/m}^2$ ; veure equació 1.

$$1 \text{ HSP} = \frac{1000 \text{ W} \cdot 1 \text{ h}}{\text{m}^2} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \cdot \frac{1 \text{ J/s}}{1 \text{ W}} = 3.6 \text{ MJ/m}^2 \quad (1)$$

Si es representa en un gràfic la distribució horària de la irradiació incident sobre la superfície terrestre, s'observa que els nivells varien al llarg del dia (a primera hora del matí la radiació solar sobre un determinat lloc és inferior a la del migdia, i aquesta última és superior a la radiació que hi ha quan es pon el sol). Gràficament, l'hora solar pic s'interpreta com una funció de valor constant que delimita la mateixa àrea que la distribució abans esmentada.

Podem veure la interpretació gràfica de les Hores Solars Pic en la *figura 10* que es mostra en la pàgina següent.

Aquest concepte s'utilitza molt en el dimensionament de instal·lacions solars fotovoltaïques ja que el fet de poder referenciar les HSP a una irradiància de  $1.000 \text{ W/m}^2$  i que a més a més la potència dels captadors també està associada a una irradiància de  $1.000 \text{ W/m}^2$ , fa que si es coneixen les HSP es pugui calcular la producció energètica d'una instal·lació tan sols multiplicant la potència del captador per les HSP.

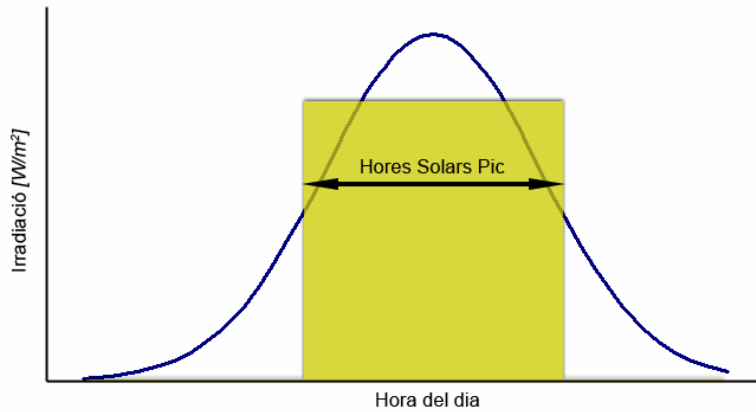


Figura 10: Interpretació gràfica de les HSP.

2.3.2.3.3 Factor massa d'aire i recorregut òptic de la radiació solar

Definim el concepte de massa d'aire (AM) com el quocient entre el recorregut òptic de un raig solar i el raig corresponent a la normal a la superfície terrestre (angle zenital 0°). La posició relativa del sol respecte la horitzontal del lloc determinat de la instal·lació ens determina el valor de la massa d'aire (AM).

Quan els raigs solars arriben a la superfície terrestre formant un angle de 90° respecte la horitzontal diem que el Sol ha arribat al seu zenit (el punt més alt del cel, aquest fet es dona el dia del solstici d'estiu, 21 de Juny). Per aquesta posició la radiació directa del sol travessa una distància mínima a través de l'atmosfera (quan més perpendicular sigui la posició del Sol respecte la superfície terrestre, l'angle zenital tindrà un valor menor). A la posició del zenit se li assigna una massa d'aire igual a 1 (AM = 1). En canvi quan el Sol es troba més pròxim a l'horitzó, aquesta distància s'incrementa i per tant la massa d'aire s'incrementa, ja que hi ha menys altura solar i per tant el camí a recórrer per la radiació solar a través de l'atmosfera és més gran, és a dir valors per a la massa d'aire més grans que 1, indiquen que la radiació directa té de travessar una distància més gran dintre de l'atmosfera.

En la següent figura 11 podem apreciar el que he explicat amb anterioritat sobre el factor massa d'aire (AM).

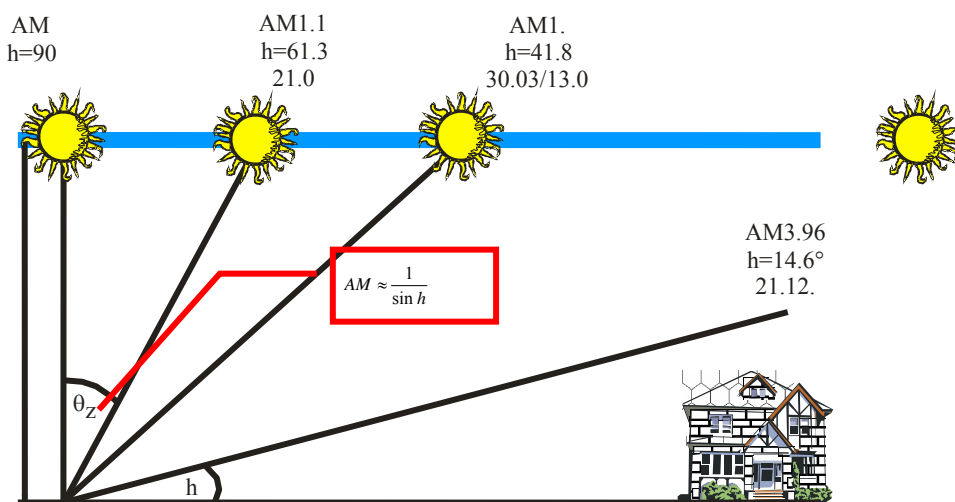


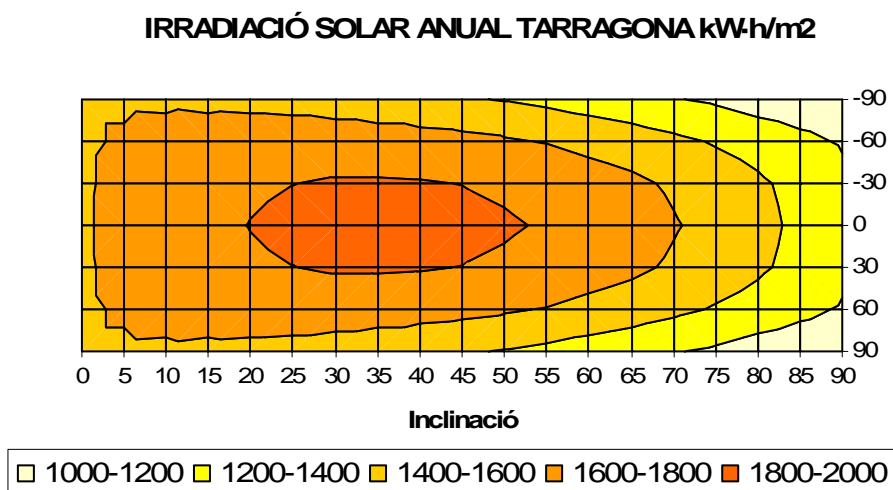
Figura 11: Visualització factor massa d'aire i recorregut òptic solar.

### 2.3.2.3.4 Irradiació solar en superfícies inclinades

Tal com ja s'ha esmentat en anterioritat, la radiació solar en superfícies perpendiculars a la direcció de propagació de la radiació solar és sempre més gran que en la mateixa superfície col·locada en qualsevol altra posició. L'angle d'incidència de radiació òptim en una superfície qualsevol no és constant, ja que varia segons l'azimut i l'altura solar al llarg del dia i l'any. La situació òptima la tindriem en el cas en que, per exemple, un col·lector variés la seva inclinació i orientació tot seguint el recorregut del Sol (ex: seguidors solars fotovoltaics), però generalment la superfície de captació és fixa, ja que els dispositius mòbils són molt més cars i requereixen un major manteniment.

Com ja sabem, per tal de considerar si una determinada superfície és òptima per l'aprofitament solar d'aquesta, és del tot necessari conèixer la radiació solar incident sobre aquesta mateixa superfície.

En la següent *figura 12* es pot observar gràficament el nivell d'irradiació solar anual ( $\text{kWh/m}^2$ ) a Tarragona en funció de l'azimut i de la inclinació de la superfície de captació.



**Figura 12:** Irradiació solar anual Tarragona.

En aquesta darrera figura es pot veure que els valors més alts d'irradiació solar anual (aproximadament  $1800 - 2000 \text{ kWh/m}^2$ ) es donen als voltants de l'azimut (0,+30) i (0,-30) i amb inclinacions de la superfície captadora de  $25^\circ$  a  $50^\circ$  d'inclinació. Aquests valors d'irradiació solar són anuals i per tant, en els mesos d'estiu aquests valors d'irradiació solar es donarien amb menys inclinació ( $10^\circ - 30^\circ$ ) ja que la posició del Sol en els mesos d'estiu és alta i per tant la perpendicular que formarien els raigs del Sol amb els captadors seria amb aquests  $10^\circ - 30^\circ$  respecte l'horitzontal. En canvi, en els mesos d'hivern els valors màxims d'irradiació solar es donarien amb azimut  $0^\circ$  (Sud) i amb inclinacions de la superfície captadora més grans, d'uns  $35^\circ - 75^\circ$  respecte l'horitzontal, ja que el Sol en els mesos d'hivern no aconsegueix una altura solar tant gran com a l'estiu i per tant els captadors solars podran rebre molta més quantitat d'irradiància si estan més inclinats que a la resta de l'any. En definitiva es té de trobar un punt òptim en referència a aquests aspectes (inclinació i azimut) ja que la nostra instal·lació solar serà fixa i el bon dimensionament d'aquesta ens permetrà obtenir majors rendiments i beneficis.

### 2.3.3 L'energia solar tèrmica

L'energia solar tèrmica aprofita la radiació del Sol per escalfar un fluid, que generalment, sol ser aigua o aire. La capacitat de transformar els raigs solars en calor és, precisament, el principi fonamental en el qual es basa aquesta font d'energia renovable. La conversió de l'energia lluminosa del Sol en energia calorífica es produeix directament de forma quotidiana i sense que sigui necessària la intervenció de l'home en aquest procés.

Generalment, es sol dividir als sistemes d'aprofitament de l'energia solar tèrmica en dos grups. Per una banda, la utilització de l'energia solar a baixa temperatura (àmbit domèstic) i per l'altra banda la utilització de l'energia solar tèrmica a mitja i alta temperatura (aplicacions que requereixen temperatures de treball més altes); dintre d'aquest punt referent a l'energia solar tèrmica i més endavant es tractaran amb més detall aquests tipus de sistemes d'aprofitament.

L'aprofitament de l'energia solar tèrmica de baixa temperatura es pot realitzar a partir de varies vies diferents; aquestes dos vies són: l'energia solar tèrmica passiva o arquitectura solar i l'energia solar tèrmica activa; aquests dos conceptes també es tractaran amb més detall en el decurs de les explicacions sobre l'energia solar tèrmica.

#### 2.3.3.1 L'energia solar tèrmica en el món

La contribució de l'energia solar tèrmica al consum energètic mundial encara és escassa, tot i que es comença a percebre alguns símptomes de canvi que ens permeten ser més optimistes de cara al futur. Al creixent interès dels ciutadans per aquests tipus de solucions energètiques, també tenim de sumar-hi les diverses ajudes i incentius que s'han posat en marxa en molts països del món i la reducció dels preus dels captadors solars tèrmics en alguns mercats especialment creixents i actius com són els de la Xina i el Japó. Una situació que ens posa de manifest que ens trobem davant d'una tecnologia madura i que ha experimentat uns avenços significatius en els darrers anys.

En l'actualitat la capacitat d'energia solar tèrmica instal·lada al món supera a la d'altres energies renovables amb alts índex de desenvolupament, com és el cas de l'energia eòlica. Amb una potència instal·lada de 98,4 GW tèrmics a finals de l'any 2.004 (es consideren en l'estudi els 41 països que representen el 85% del mercat mundial d'energia solar tèrmica), la solar tèrmica ha aconseguit uns nivells de popularitat impensables els darrers anys. I no tan sols pel que fa a la producció d'aigua calent sanitària (ACS) que es tracta d'un dels principals usos de l'energia solar tèrmica, sinó també en quant a la calefacció d'habitatges.

Avui dia la major part dels captadors solars instal·lats al món tenen la finalitat de produir, com ja he mencionat en el paràgraf anterior, aigua calenta per un ús domèstic. A aquesta aplicació es destinen els majors esforços de la majoria de mercats nacionals importants, encara que el tipus i l'envergadura de la instal·lació, així com el percentatge total de la demanda que cobreix, varia en funció de la zona del món a la qual fem referència.

Pel que fa a les altres finalitats que té l'energia solar tèrmica, a banda de la ja mencionada per produir ACS es troben en menor importància els sistemes de calefacció i climatització de piscines. En quant als sistemes de calefacció es pot afirmar que resulten especialment interessants en països freds i que cada vegada s'utilitza més tant en habitatges familiars com en instal·lacions col·lectives. Aquesta opció és molt ben valorada en els països Europeus, Xina, Austràlia i Nova Zelanda on s'entén l'edificació des d'una perspectiva global en que l'energia solar ens pot oferir solucions integrades en diversos àmbits, i el de la calefacció en pot ser un d'aquests. En referència a la climatització de l'aigua per a piscines mitjançant l'energia solar tèrmica es pot dir que té una gran importància en països com EEUU, Canadà, Austràlia i Àustria.

En quant al repartiment de l'energia solar tèrmica per països, el mercat mundial es troba en mans del domini Xinès. Es calcula que aproximadament el 40% dels captadors solars tèrmics col·locats al món es troben en aquest país. Després de tenir una gran acceptació en petits municipis, l'energia solar tèrmica també ha esdevingut amb força a les grans ciutats. Avui dia uns 10 milions de famílies xineses disposen d'ACS gràcies al Sol i per tant s'estalvien grans quantitats de combustibles fòssils que en conseqüència eviten la emissió de CO<sub>2</sub> a l'atmosfera.

Al mercat Xinès el segueixen països com el Japó, Turquia, Alemanya o Israel; aquest últim ha tingut un gran desenvolupament d'aquest tipus d'energia solar, ja que aproximadament el 85 % dels habitatges estan equipats en captadors solars tèrmics, gràcies a una llei estatal que es refereix a aquest aspecte. Un altre cas a destacar és el cas de Xipre, que es tracta del país que més quantitat d'energia solar tèrmica aporta per habitant al món, amb 431 kW tèrmics per cada 1.000 habitants. En aquest país més del 90% dels edificis construïts estan equipats amb captadors solars tèrmics, el que representa el doble de la capacitat instal·lada per habitant en d'altres països europeus amb gran tradició solar, com Grècia o Àustria.

### ***2.3.3.2 L'energia solar tèrmica a Europa i Espanya***

El continent europeu representa tan sols el 9% del mercat mundial de l'energia solar tèrmica amb una potència instal·lada de 10.000 MW tèrmics, o el que és el mateix, un total de 14 milions de m<sup>2</sup> de captadors solars en funcionament. L'impuls que ha rebut aquesta indústria durant els últims anys, és el que ha permès donar el pas definitiu per tal d'arribar a l'objectiu comú d'arribar als 100 milions de m<sup>2</sup> de superfície instal·lada a finals de l'any 2010. El conjunt dels següents països: Alemanya, Grècia, Àustria i Espanya representen el 78% de la capacitat instal·lada a Europa.

Espanya és el quart país europeu pel que fa a l'aprofitament de l'energia solar tèrmica, per davant de països com Itàlia, França o Gran Bretanya. Amb un 6% del total del mercat europeu, Espanya a arribat a una maduresa tecnològica i comercial després de més de 20 anys d'experiència en aquest sector.

No obstant, el desenvolupament de l'energia solar a Espanya s'ha produït a un ritme molt desigual al llarg de les últimes dècades. A finals de la dècada dels 70 i principis dels 80 es van començar a donar els primers passos en el desenvolupament d'aquesta matèria. En els primers compassos de vida d'aquesta tecnologia es van crear unes expectatives energètiques massa grans en front de les possibilitats tècniques

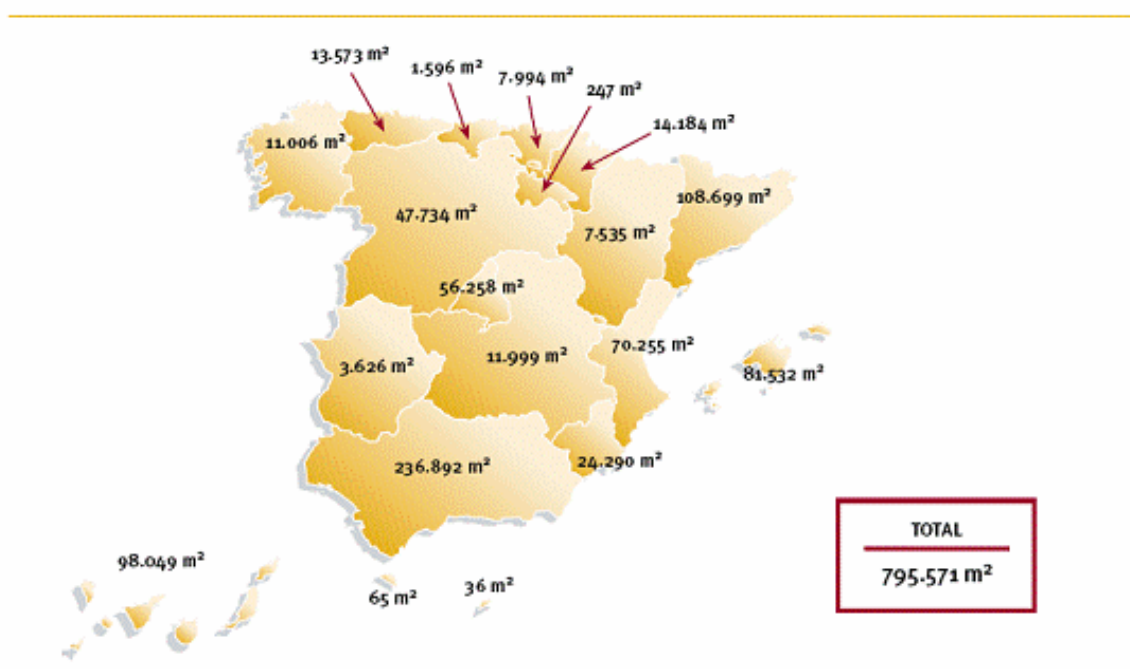
d'aquells moments, i per tant en un primer moment hi havia la sensació de que algunes instal·lacions no donaven els resultats previstos, tenien un mal rendiment i els usuaris freqüentment es trobaven amb problemes freqüents.

En aquesta última dècada actual, l'aportació de l'energia solar tèrmica ha augmentat considerablement en el nostre país, en part gràcies a les ajudes públiques que ofereix: "el instituto para la diversificación y el ahorro de energía (IDAE)", les comunitats autònomes i les ordenances municipals; a la maduresa del mercat i a les grans possibilitats que ofereix aquesta tecnologia en un país amb tantes hores de sol com Espanya. Aproximadament s'instal·len una mitjana d'uns 90.000 m<sup>2</sup> de captadors solars tèrmics per any.

En l'actualitat, el principal client de l'energia solar tèrmica és un usuari particular que sol·licita la instal·lació de captadors solars de baixa temperatura per al consum d'ACS. En segon lloc, es troben els hotels i restaurants, en els quals existeix un interès creixent per aquest tipus de solucions energètiques. A banda d'aquests fets, es té de mencionar el gran augment d'instal·lacions que es produirà en els pròxims anys gràcies a la implantació d'una llei la qual, segons el codi tècnic de la edificació (CTE), tots els edificis de nova construcció tenen de disposar d'uns sistema solar tèrmic per escalfar l'aigua calenta sanitària.

En quant a la distribució del mercat per zones geogràfiques *figura 13*, les comunitats autònomes amb major superfície instal·lada són aquelles que disposen d'un clima més favorable per a l'aprofitament de l'energia solar tèrmica. En aquest sentit destaquen per les seves quotes de participació en el mercat: Andalusia, Catalunya, Canàries, Balears... També s'observa una major concentració d'instal·lacions solars tèrmiques en zones turístiques o d'alt nivell de renda.

#### Distribución de la superficie instalada con energía solar térmica a finales de 2005



Datos provisionales.  
Fuente: IDAE.

Figura 13: Distribució geogràfica de la superfície instal·lada en energia solar tèrmica.

### 2.3.3.3 *Aprofitament de l'energia solar tèrmica*

Tal com ja he mencionat en anterioritat, l'energia solar tèrmica aprofita la radiació del Sol per escalfar un fluid, que generalment, sol ser aigua o aire. La capacitat de transformar els raigs solars en calor és, precisament, el principi fonamental en el qual es basa aquesta font d'energia renovable. La conversió de l'energia lluminosa del Sol en energia calorífica es produeix directament de forma quotidiana i sense que sigui necessària la intervenció de l'home en aquest procés.

La radiació solar es transforma en energia calorífica de forma immediata, per tant ni tan sols ens serà necessari concentrar els raigs solars per aconseguir la conversió tèrmica desitjada. Qualsevol matèria experimenta un augment natural de la temperatura al estar exposada a la radiació solar. Mentre una superfície negra absorbirà tota la radiació visible (per això la veiem negra), una superfície blanca reflectirà tota la radiació que li arriba a la seva superfície, per tant el seu increment de temperatura serà molt poc significatiu.

En una instal·lació solar tèrmica els captadors solars, tal com ja he mencionat en l'anterior paràgraf, seran de superfície fosca per tal de poder absorbir la major quantitat de radiació solar possible. D'aquesta forma, en dies assolellats, només caldrà que els raigs solars incideixin directament sobre el nostre sistema de captació per tal d'obtenir l'aportació energètica que necessitem per al nostre ús (escalfament d'aigua calenta sanitària). Això sí, tindrem d'evitar que l'energia obtinguda es pugui perdre instants després si realment volem treure profit d'aquesta font d'energia tant beneficiosa per a la societat gràcies als seus avantatges mediambientals i al seu grau d'autonomia.

Amb l'objectiu d'evitar fugites d'energia, els sistemes de captació solar imiten els processos naturals que tenen lloc a la Terra, on la radiació solar travessa amb relativa facilitat l'atmosfera fins arriba a la superfície terrestre. Quan la terra i el mar es calenten per aquest motiu, aquests irradien l'energia que han absorbit en longituds d'ona més llargues. Part de la radiació de les ones llargues, torna a l'atmosfera, que l'absorbeix i la torna a irradiar de nou a la superfície terrestre. Això és el que es coneix com "l'efecte hivernacle", un fenomen que impedeix, entre d'altres coses, que la temperatura de la Terra pugui ser de l'ordre de 30 o 40 °C més baixa del que és en l'actualitat.

Aquest mateix fenomen, però en una altra escala, és el que s'aplica als hivernacles per al cultiu de les plantes i per suposat en els sistemes de captació d'energia solar. El vidre, com l'atmosfera del nostre planeta, té la propietat de ser travessat fàcilment per les ones curtes dels raigs solars, al mateix temps que es comporta com un mur impenetrable davant les radiacions d'ones llargues. Quan els raigs solars travessen una superfície envidriada es produeix un augment de temperatura a l'interior de l'habitable. Llavors, el vidre actuarà com una trampa de calor que impedirà que l'energia calorífica pugui sortir a l'exterior. Qualsevol sistema de captació, es basarà en combinar "l'efecte de la superfície negra" amb "l'efecte hivernacle", i d'aquesta forma podrem aprofitar gran part de la radiació que ens arriba a la instal·lació solar i també podrem impedir la fuga de l'energia calorífica un cop l'hem aconseguida.

L'aprofitament de l'energia solar per captació tèrmica es pot realitzar de dos mètodes diferents, bé de forma activa (sistemes de baixa, mitja i alta temperatura o bé de forma passiva (arquitectura bioclimàtica).

### 2.3.3.3.1 Energia solar tèrmica passiva

La tecnologia solar tèrmica passiva és el conjunt de tècniques dirigides a l'aprofitament de l'energia solar de forma directa, és a dir sense transformar-la en un altre tipus d'energia, per a la seva utilització immediata sense la necessitat de sistemes mecànics ni aportacions externes d'energia, encara que pot ser complementada per aquests, per exemple per a la seva regulació.

La tecnologia solar passiva inclou sistemes amb guanys directes i indirectes per l'escalfament dels espais, sistemes de calentament d'aigua, cuines solars, xemeneies solars per millorar la ventilació...

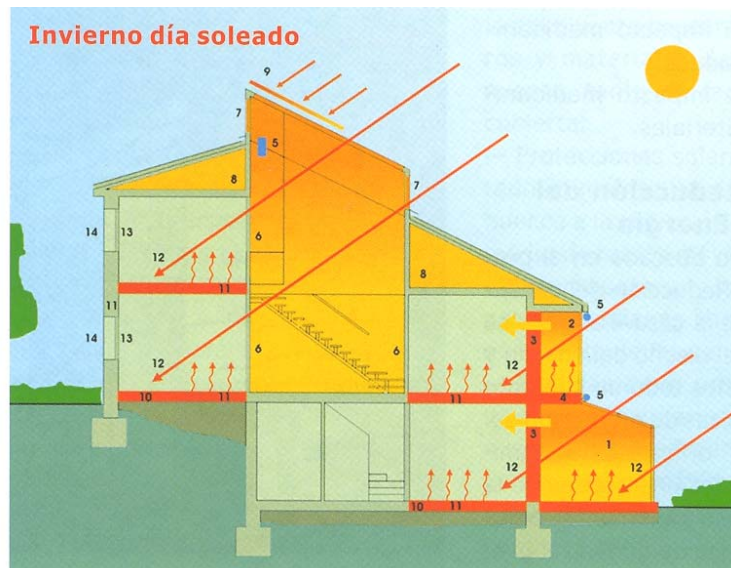
Els sistemes solars passius es caracteritzen per tenir un cost molt petit o fins i tot zero per realitzar la seva tasca, a més a més el seu manteniment podríem dir que és gairebé nul i no emeten gasos d'efecte hivernacle durant el seu funcionament. Aquest fet no té d'impedir que es segueixi treballant optimitzant els sistemes per obtenir un major rendiment i benefici econòmic. L'estalvi i la eficiència en el consum de l'energia redueixen la mida d'una instal·lació i això dona lloc a un major benefici econòmic si són criteris que es consideren des de l'inici. Les tecnologies solars passives ofereixen importants estalvis, sobretot amb la calefacció de diversos espais; aquest tipus de tecnologies combinades amb d'altres tecnologies solars actives, com poden ser la tèrmica i la fotovoltaica, poden formar una estructura del tot eficient tant energètica com mediambientalment.

L'arquitectura bioclimàtica es tracta de l'aplicació d'aquest principi al disseny d'edificacions. L'energia no s'aprofita per mitjà dels captadors industrialitzats, sinó que són els propis elements constructius aquells que absorbeixen l'energia de dia i la redistribueixen per la nit. Aquest és el mètode més antic d'aprofitament de l'energia solar. Tradicionalment, i sense els mitjans actuals, les construccions es dissenyaven seguint les característiques del clima local, tot aprofitant al màxim els raigs solars en climes freds i protegint-les en climes càlids.

L'objectiu d'aquesta arquitectura bioclimàtica és cobrir les necessitats dels seus habitants amb la mínima despesa energètica possible, independentment de la temperatura exterior. Per això, es té d'estudiar a consciència tant el disseny de la edificació com els materials a utilitzar en la seva construcció amb l'horitzó d'establir una edificació estalviadora i confortable. En un habitatge es pot aconseguir aquesta combinació mitjançant l'aïllament, les dimensions raonables, l'orientació i obertures adequades i aprofitament dels recursos i l'energia que ens pugui servir el nostre entorn. Per exemple, una casa ben aïllada perd la meitat de calor, i si està ben orientada i té les obertures convenientes pot guanyar tres vegades més energia que una casa convencional.

Els següents requisits són els que tindríem de seguir per tal d'aconseguir una arquitectura bioclimàtica que ens permetés disminuir al màxim els costos energètics d'un habitatge: adaptació de l'habitatge a l'indret i el seu clima, orientació de l'habitatge, construir grans finestres per captar el màxim d'energia possible, utilitzar un aïllament òptim en totes les parets i el terra de la construcció, utilitzar sistemes de calefacció per terra radiant, tenir una refrigeració natural que en les nits dels estius ens permeti refrescar la casa i utilitzar diversos tipus d'energia renovables per optimitzar al màxim les despeses energètiques de l'habitatge.

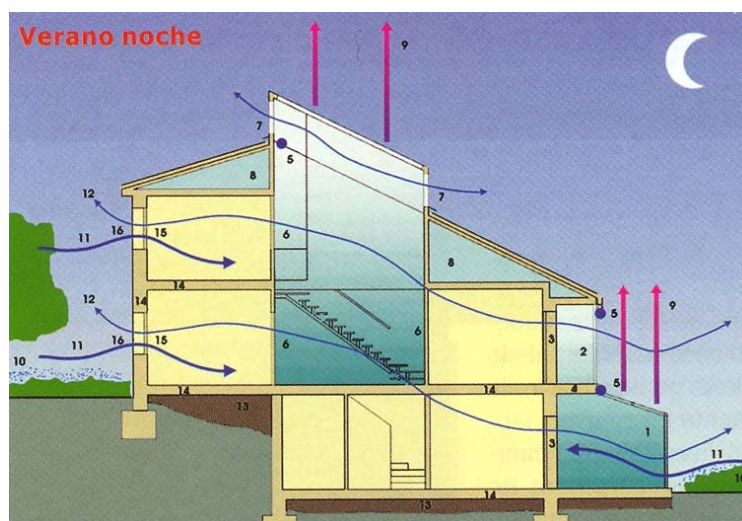
En la següent *figura 14* podem observar un exemple gràfic del fet de tenir una bona disposició d'un edifici en un dia assolellat d'hivern.



**Figura 14:** Exemple d'edifici bioclimàtic

En aquesta darrera figura es pot veure la gran importància que té col·locar grans finestres i obertures en un habitatge en els dies d'hivern, ja que d'aquesta forma la radiació solar, procedent del sud, pot entrar amb més quantitat a la casa i així es podrà gaudir d'una il·luminació i estalvi d'energia considerable.

En la següent *figura 15* podem apreciar un exemple gràfic del fet de tenir una bona disposició d'un edifici en les nits d'estiu.



**Figura 15:** Exemple d'edifici bioclimàtic

En aquesta *figura 15* podem observar que gràcies a una correcta disposició, la casa bioclimàtica podrà gaudir d'una bona refrigeració natural per les nits d'estiu gràcies a les intencionades obertures i finestres col·locades al nord de l'edifici i que possibilitaran una circulació de l'aire fresc que anul·larà el calor generat durant el dia.

### 2.3.3.3.2 Energia solar tèrmica activa

Els sistemes solars tèrmics actius són aquells que utilitzen l'energia continguda en la radiació solar per tal d'escalfar un fluid, generalment aigua o aire. El principi de funcionament es basa en la captació d'energia solar mitjançant un conjunt de col·lectors tèrmics i la seva transferència a un sistema d'emmagatzematge, que és l'encarregat de proveir els diversos punts de consum.

Dintre dels sistemes d'energia solar tèrmica activa ens trobem amb tres tipus de sistemes: baixa temperatura, mitja temperatura i alta temperatura.

- *Energia solar tèrmica activa de baixa temperatura*

La energia solar tèrmica denominada de baixa temperatura és la que s'acostuma a utilitzar en l'àmbit domèstic i es sol instal·lar a les teulades i terrats dels habitatges o edificis comercials. El procediment en el qual es basen aquests sistemes de captació solar és molt simple, però a la vegada d'una gran utilitat per a la societat, gràcies als serveis que ens pot oferir en multitud d'aplicacions.

Entenem el concepte d'aprofitament de baixa temperatura tots aquells sistemes d'energia solar en els quals el fluid que es calenta no supera els 100°C. Aquestes instal·lacions es caracteritzen per utilitzar com a element receptor de l'energia un captador solar fix de placa plana o de tub de buit. Aquest tipus de sistemes són utilitzats principalment per produir ACS. Aquests tipus de sistemes estan compostos per diversos subsistemes (captació, distribució, emmagatzematge, auxiliar, control...) que més endavant s'explicaran amb més detall.

Entre les utilitzacions més comuns basades en aquesta font d'energia de baixa temperatura es troben la producció d'ACS, la calefacció d'edificis, la climatització de piscines, refrigeració d'edificis...

- *Energia solar tèrmica activa de mitja temperatura*

La tecnologia de mitja temperatura va destinada a aquelles aplicacions que requereixen temperatures de treball més grans que les de baixa temperatura. A partir dels 80°C els captadors plans convencionals presenten rendiments baixos i quan es pretén generar vapor entre 100°C i 250°C es té d'optar per un altre tipus d'elements de captació.

Per arribar a aquests nivells de temperatura resulta indispensable utilitzar sistemes que concentrin la radiació solar mitjançant lents o miralls parabòlics. Els més desenvolupats en l'actualitat són els captadors cilíndric – parabòlics, que disposen de miralls per escalfar un fluid fins que es produeixi el vapor que ens permeti moure la turbina. D'aquesta forma l'energia tèrmica es converteix en energia mecànica. En aquest tipus d'instal·lacions el fluid que s'utilitza, principalment, és oli o solucions salines per tal de que se'ns permeti treballar a temperatures més elevades. A més a més, aquests sistemes de concentració requereixen un seguiment continu del Sol, ja que tan sols poden aprofitar la radiació directa d'aquest.

Les aplicacions més usuals en les instal·lacions de mitja temperatura que s'han realitzat fins ara, han estat la producció de vapor per a processos industrials i la generació d'energia elèctrica en petites centrals de 30 a 2.000 kW. També existeixen exemples d'altres aplicacions, com poden ser la dessalinització de l'aigua o la refrigeració mitjançant l'energia solar.

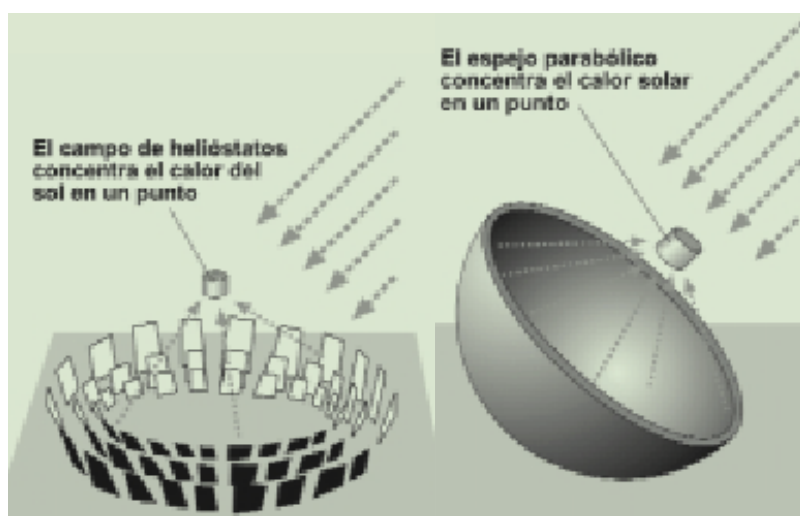
- *Energia solar tèrmica activa d'alta temperatura*

En les tecnologies d'alta temperatura la radiació solar pot servir per a la generació d'electricitat a gran escala. Mitjançant un procés que converteix el calor en energia mecànica i posteriorment en energia elèctrica, s'aconsegueixen grans capacitats de producció d'electricitat.

Les instal·lacions solars d'alta temperatura, o també conegudes com termoelèctriques, es basen en processos tecnològics pareguts als utilitzats en instal·lacions de mitja temperatura, però això sí, amb una major capacitat per concentrar els raigs solars, així com per aconseguir temperatures més elevades. En aquest tipus de centrals s'arriben a superar els 2.000°C de temperatura per mitjà d'un gran nombre de miralls enfocats a un mateix punt (la cúpula d'una torre o un tub de vidre dispost al llarg del tram central del mirall concentrador), amb el fi d'escalfar un fluid fins convertir-lo en vapor. Gràcies a l'elevada pressió que s'aconsegueix és possible accionar una turbina, que a la vegada impulsarà un generador elèctric.

Les instal·lacions que han aconseguit un desenvolupament més gran en aquest tipus de tecnologies són les Centrals Torres, formades per un camp d'espills (anomenats heliòstats) que realitzen un seguiment del Sol en qualsevol direcció per reflectir la radiació solar sobre una caldera independent i situada en un punt alt d'una torre central i els sistemes cilíndric – parabòlics, que reflecteixen l'energia procedent del Sol a un tub que circula a través de la línia focal del mirall.

En la següent *figura 16* podem veure els dos sistemes de col·lectors solars utilitzats en l'energia solar tèrmica d'alta temperatura (camp d'heliòstats i miralls parabòlics).



**Figura 16:** Col·lectors solars d'alta temperatura

### **2.3.3.4 Funcionament d'una instal·lació solar tèrmica**

El principi fonamental en el qual es fonamenta qualsevol instal·lació solar tèrmica és el d'aprofitar l'energia del Sol mitjançant un conjunt de captadors i transferir-la a un sistema d'emmagatzematge, que proveirà els diferents punts de consum quan sigui necessari.

Aquest mecanisme tant senzill al mateix temps que eficaç, resulta molt útil en moltes aplicacions, tant en àmbits domèstics com industrials. Algunes aplicacions, com ja s'han anomenat en els darrers punts, poden ser l'escalfament d'ACS per a ús domèstic, l'aportació d'energia per a instal·lacions de calefacció, el calentament d'aigua per a piscines, o el precalentament de fluids en diversos processos industrials; per donar-nos compte del gran benefici que ens pot aportar aquesta energia al conjunt de la societat.

D'aquesta forma, la possibilitat de captar la energia del Sol des de el lloc que es necessita, juntament amb la capacitat de poder emmagatzemar durant el temps suficient per tal de disposar d'aquesta energia quan en tinguéssim necessitat, és el fet que provoca que aquest tipus de tecnologia sigui àmpliament acceptada en moltes parts del món. Així doncs, l'única contribució de l'home per tal d'aprofitar aquesta font d'energia és canalitzar i retardar el procés natural que succeeix en cada instant a la superfície terrestre, i d'aquesta forma la radiació solar es podrà convertir i aprofitar com a energia tèrmica.

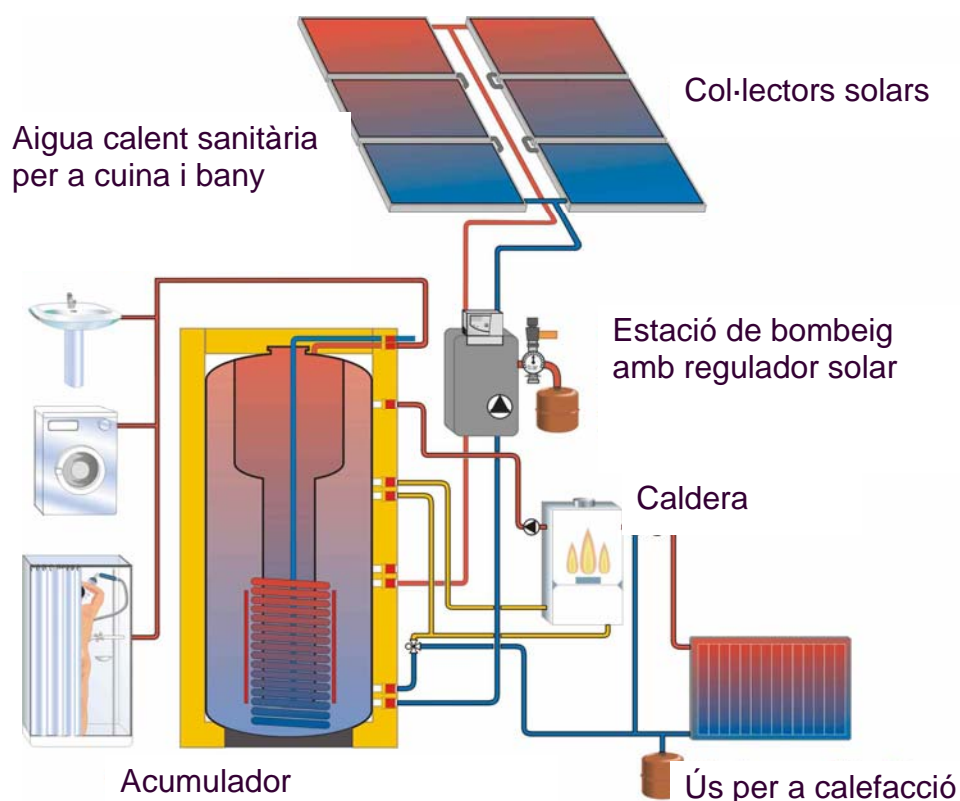
El procediment actual que es du a terme en qualsevol instal·lació solar consisteix en absorbir l'energia tèrmica continguda en els raigs solars. Un cop el fluid que circula per l'interior del captador es calenta, es té d'evitar el seu refredament a través d'un sistema d'aïllament tèrmic el més eficaç possible. Un exemple en podria ser, si el fluid de treball és l'aire es pot fer circular entre pedres que es calenten i aquestes tenen la capacitat de tornar aquest calor a l'aire fred. També es pot, i és el cas més habitual, mantenir el calor d'una massa d'aigua per mitjà d'un sistema d'emmagatzematge (acumulador) ben aïllat tèrmicament.

Això sí, sigui quin sigui el procediment utilitzat, el cert és que es pot arribar a pensar a acumular quantitats importants d'energia durant llargs períodes de temps (emmagatzematge estacional). No obstant, els dipòsits d'acumulació perden l'energia tèrmica aconseguida al llarg del temps, així doncs el funcionament de la nostra instal·lació també estarà condicionat per la quantitat de radiació solar que arriba fins el captador solar i per la demanda d'energia que hi ha en cada moment. Generalment es dimensiona per tal que l'acumulació solar sigui la mateixa quantitat que la demanda que els usuaris puguin tenir en un dia.

Per tal d'evitar possibles restriccions energètiques en aquells períodes en els quals no hi ha suficient radiació i/o el consum es superior al previst en un primer moment, els sistemes solars tèrmics tenen de disposar d'un sistema energètic auxiliar, que ens pugui aportar la suficient energia per tal de que el sistema segueixi funcionant correctament. Aquest sistema entrarà a funcionar automàticament tan sols per compensar aquest possible dèficit energètic existent. Aquest sistema auxiliar de suport utilitzarà diversos medis energètics convencionals, com poden ser el gas natural, l'electricitat o el gas-oil.

En l'actualitat, una instal·lació d'energia solar tèrmica cobreix aproximadament del 50 al 80% del total de la demanda d'ACS d'un habitatge, encara que en zones on el nivell de radiació solar i hores de sol al llarg de l'any són més grans (zona sud de la península), aquest percentatge pot arribar a ser superior. Tal com hem dit anteriorment la resta d'aquest percentatge energètic el cobreix el sistema energètic auxiliar. Una de les possibles raons pel qual no es dissenyen les instal·lacions solars tèrmiques per tal de cobrir el 100% del consum és perquè, de ser així, seria necessari instal·lar costosos sistemes d'acumulació d'energia a llarg termini que farien pràcticament inviables aquest tipus d'equips i instal·lacions.

En la següent *figura 17* podem veure representat un sistema solar tèrmic de baixa temperatura que subministra ACS i calefacció amb els seus principals elements.



**Figura 17:** Elements d'un sistema solar tèrmic de baixa temperatura

#### 2.3.3.4.1 Manteniment d'una instal·lació solar tèrmica

Una instal·lació solar ben dissenyada i correctament instal·lada no té perquè ocasionar problemes a l'usuari. De fet, el grau de satisfacció entre els usuaris actuals és molt elevat. En una instal·lació solar és convenient realitzar certes labors de manteniment, d'un abast paregut a les corresponents a qualsevol altre tipus de sistemes de calefacció o ACS. Aquest factor convé tenir-lo en compte a l'hora de valorar la possibilitat de tirar endavant una instal·lació solar.

Tal com succeeix en qualsevol altre tipus de tecnologia, la situació i la conservació de l'equip dependrà de l'ús que se'n faci d'aquest. Amb un breu seguiment rutinari ens serà suficient per poder garantir el correcte funcionament del sistema durant

tota la seva vida útil (aproximadament uns 25 anys). Les revisions a càrrec del propietari, consistiran en observar els paràmetres funcionals principals (captadors, acumulador, sistema auxiliar...), per tal de verificar que no s'ha produït cap anomalia amb el pas del temps. Per la seva part, l'empresa instal·ladora tindrà la responsabilitat d'intervenir en la instal·lació quan es produeixi alguna situació anormal i tindrà d'efectuar un manteniment preventiu mínim periòdicament. Aquest manteniment implicarà la revisió anual d'aquelles instal·lacions amb una superfície de captació inferior a 20 m<sup>2</sup>, o una revisió cada sis mesos per a instal·lacions amb superfícies de captació superiors a 20 m<sup>2</sup> (freqüència especificada pel Codi Tècnic de l'Edificació (CTE)).

En les revisions que dugui a terme l'empresa instal·ladora no es contempla la inspecció del sistema d'energia auxiliar, ja que no forma part del sistema d'energia solar, solament serà necessari realitzar les actuacions previstes per assegurar un bon funcionament entre els dos sistemes (tèrmic i auxiliar); així com comprovar el correcte estat de les connexions i per tant les inspeccions del sistema auxiliar seran a càrrec de l'empresa instal·ladora i/o subministradora d'aquest sistema. En qualsevol cas, el pla de manteniment es té de realitzar per personal tècnic especialitzat que conegui la tecnologia solar tèrmica. Amb la instal·lació, també es facilitarà un llibre de manteniment en el qual es reflectiran les operacions més importants a realitzar, així com la forma d'actuar davant de possibles anomalies.

### *2.3.3.5 Elements principals d'una instal·lació solar tèrmica*

Tal com ja s'ha esmentat en el decurs d'aquesta memòria una instal·lació solar tèrmica es divideix en diversos subsistemes (captació, hidràulic i de distribució, acumulació o emmagatzematge, auxiliar i control i de regulació).

#### 2.3.3.5.1 Subsistema de captació

En el mercat actual de captadors solars tèrmics hi ha diversos tipus i versions de captadors amb l'objectiu d'incrementar la quantitat d'energia absorbida i disminuir al màxim les pèrdues. Encara que els captadors més comuns siguin els de placa plana, que utilitzen com a fluid l'aigua, en l'actualitat també es comercialitzen altres tipus de captadors que també tenen una gran acceptació dintre del mercat de col·lectors solars tèrmics. Entre aquests tipus, cal destacar el captador solar de tub de buit, que aconsegueix temperatures més elevades de funcionament (tot i que és més car que els de placa plana), els termosifons (que normalment s'utilitzen en habitatges unifamiliars) i els captadors solars d'aire, que s'utilitzen fonamentalment en climes freds per escalfar els espais. En aquest apartat, però ens centrarem en els captadors de placa plana, ja que són aquests els que utilitzarem en aquest projecte.

Els criteris bàsics per tal de seleccionar correctament un captador solar per una aplicació són els següents:

- **Productivitat energètica:** Les ordenances solars no requereixen una mida específica de la instal·lació solar, sinó un estalvi energètic solar determinat.
- **Durabilitat i qualitat:** Per tal de produir un estalvi energètic durant molts anys.

- **Possibilitats d'integració arquitectònica:** Per tal d'obtenir un resultat estètic i un augment del valor de l'edifici.
- **Senzillesa de manteniment:** Per tal de reduir els costos d'operació.
- **Fabricació i reciclatge no contaminant:** Per tal de protegir el medi ambient.

Els elements tecnològics que determinen la productivitat a llarg termini d'un captador solar són:

- **El tipus d'acabat** dels material absorbents del captador i les seves propietats òptiques d'absorció solar i emissió tèrmica.
- **Les propietats de transferència de calor** des de la superfície absorbidora al fluid de treball en funció del cabal de circulació: material del sistema d'absorció, tipus de soldadura amb el conducte pel qual circula el fluid; diàmetres, espessors i distàncies entre aquests conductes.
- **Les propietats òptiques i de resistència mecànica** de la coberta del captador; quant més gran sigui la transmissivitat solar millor.
- **La hermeticitat** de les unions entre la coberta solar i el cofre, la seva capacitat d'absorbir els impactes i la rigidesa i estabilitat del cofre.

Els paràmetres característics dels captadors solars tèrmics són la eficàcia òptica ( $\eta_0$ ) i el coeficient de pèrdues ( $U_L$ ), quant més gran sigui la eficàcia òptica i menor el coeficient de pèrdues, més gran serà la productivitat del captador solar. Donat un captador solar qualsevol, el rendiment instantani disminueix quan més gran és la temperatura de treball o menor el nivell de radiació solar, i en aquest sentit el tenir un captador amb bons paràmetres tècnics és tant important com tenir bons nivells de radiació i temperatures d'operació elevades.

El principi de funcionament del captador de placa plana es basa en una mena de "trampa de calor" que conjuga "l'efecte dels cossos negres" amb "l'efecte hivernacle". Part de la radiació solar travessa la coberta transparent i es captada per l'absorbidor, llavors aquest augmenta la seva temperatura i transmet part de l'energia captada al fluid termòfor. L'altra part de l'energia es emesa a l'espectre infraroig dirigida cap a l'aïllament i cap al vidre. Aquest reflexa aquesta radiació infraroja novament cap a l'absorbidor (efecte hivernacle). Gràcies a aquest sistema de captació s'aconsegueix absorbir la major part de la radiació solar que arriba a la superfície.

A continuació a la *figura 18* podem observar un captador solar tèrmic de placa plana.



**Figura 18:** Captador solar tèrmic de placa plana

Els captadors de placa plana, que generalment estan destinats a la producció d'ACS, estan recoberts d'una caixa hermèticament tancada la qual allotja la resta de components del captador; aquesta carcassa generalment està formada per un perfil d'alumini anoditzat i habitualment incorpora una protecció posterior amb planxa d'acer galvanitzat o plàstic.

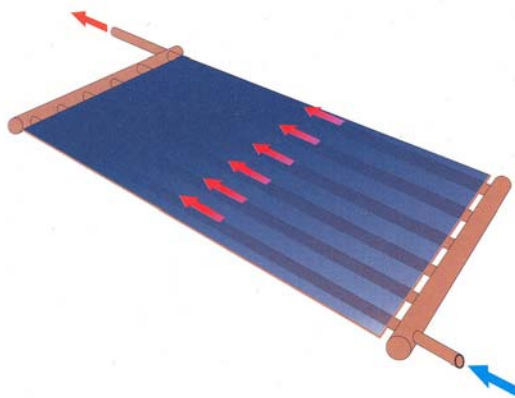
A la cara superior d'aquesta caixa o carcassa es col·loca una coberta transparent, es tracta d'una làmina de vidre temperat amb baix contingut en ferro d'uns 4 mm de gruix. Les funcions d'aquesta coberta transparent són les de provocar l'efecte hivernacle entre la superfície i l'absorbidor, minimitzar l'intercanvi de calor per convecció entre l'interior i l'exterior del captador, protegir l'absorbidor i l'aïllament de l'ambient i condicions exteriors i impedir que es perdin els guanys tèrmics obtinguts. Els requisits que té de tenir una coberta transparent per tal de realitzar correctament la seva funció són els següents:

- Tenir un baix coeficient de reflexió per la llum visible.
- Tenir un baix coeficient d'absorció per la llum visible.
- Disposar d'una superfície difícil d'embrutar i fàcil de netejar.
- Tenir un temps de vida llarg, és a dir, que sigui un element resistent als raigs ultraviolats i a les condicions meteorològiques adverses (calamarsa, ratxes de vent, grans canvis de temperatures...).

A l'interior del sistema de captació hi trobem la placa absorbidora, que és el lloc on es realitza la captació de la radiació solar, és a dir l'absorbidor és l'element que intercepta la radiació solar a l'interior del captador. Les funcions de l'absorbidor són les següents: captar la radiació solar, transformar-la en energia tèrmica i transferir l'energia tèrmica al fluid termòfor. Aquesta placa absorbidora té un funcionament paregut al d'un radiador: amb una disposició de tubs que compten amb una presa per on entra el fluid a escalfar i una altra presa de sortida de fluid.

Normalment, l'absorbidor es tracta d'una superfície metàl·lica que permet l'intercanvi de calor amb l'aigua o el fluid termòfor que circula per l'interior. Però, hi ha diverses tipologies d'absorbidors, les més importants són les següents: graella de tubs de coure que porten soldades unes aletes de planxa de coure, serpentí i pannel de planxa embotida on el fluid termòfor crea una pel·lícula contínua.

Tot seguit en la *figura 19* podem veure representat l'interior d'un captador solar tèrmic i més en concret es veu un tipus d'absorbidor de graella paral·lel.



**Figura 19:** Absorbidor tipus graella paral·lel

Tal com es pot apreciar en l'anterior imatge l'entrada de fluid a escalfar (generalment aigua freda) es realitza per un extrem del captador, llavors des d'un tub amb més diàmetre es reparteix el fluid pel col·lector per uns altres tubs de diàmetre inferior i és aquí on es produeix la transferència de l'energia tèrmica captada per l'absorbidor al fluid que travessa el captador; per tant el fluid que ja s'ha escalfat surt per l'altre extrem del captador amb un increment notable de la seva temperatura.

Per tal d'aprofitar al màxim la radiació solar els fabricants de captadors enfosqueixen l'absorbidor dels seus models seguint principalment dues tècniques:

- Utilitzant pintures calòriques, que resisteixen les temperatures de treball superiors als 100°C.
- Utilitzant tractaments selectius, basats en deposicions electroquímiques o pintures amb òxids metàl·lics que tenen la virtut de ser bons captadors de la radiació visible i tenir una baixa emissivitat en infraroigs.

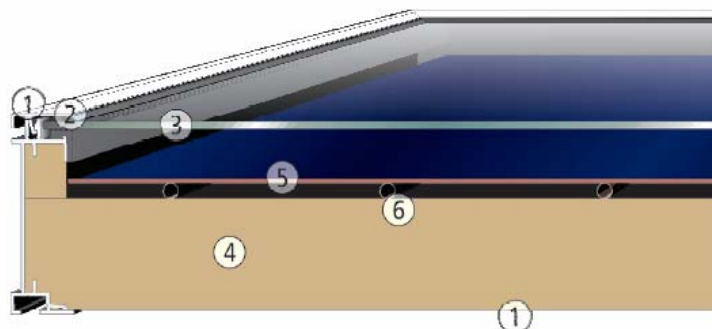
Els requisits indispensables per tal de que un absorbidor sigui el més eficient possible són els següents:

- Coeficient d'absorció elevat a l'espectre visible.
- Emissivitat baixa a longitud d'ona llarga.
- Suportar perfectament la pressió de treball del circuit primari (inferior als 3 bars de la vàlvula de seguretat).
- El volum de fluid a l'interior ha de ser de 0.4 – 0.6 l/m<sup>2</sup>, fet que comporta molt poca inèrcia tèrmica i, per tant, una velocitat elevada de resposta.
- Resistència a la corrosió del fluid termòfor.

Per últim els captadors solars tèrmics disposen d'un aïllament posterior i lateral que és l'encarregat de minimitzar les pèrdues tèrmiques del captador. Aquest aïllament està format per una sèrie de planxes sintètiques cobertes amb una làmina d'alumini. Hi ha diversos tipus d'aïllament al mercat, els més importants són: llana de vidre, llana de roca, espuma de vidre, poliestirè, poliuretà...; el grau d'eficiència d'aquests aïllaments dependrà de la seva conductivitat tèrmica (W/m·K) i la seva temperatura màxima d'utilització (°C).

Aquesta seria la vista de la secció d'un captador solar tèrmic, *figura 20*.

1. Caja
2. Junta de estanqueidad
3. Cubierta transparente
4. Aislamiento térmico
5. Placa absorbidora
6. Tubos



**Figura 20:** Secció d'un captador solar tèrmic

Les dimensions dels captadors solars són molt diverses i van des de els 0,5 m<sup>2</sup> (els més petits) fins els 8 m<sup>2</sup> (els més grans), sent la mesura més habitual els 2 m<sup>2</sup> aproximadament.

En quan als aspectes ja constructius de la instal·lació dels captadors solars tèrmics, podem dir que l'orientació òptima dels col·lectors (a l'hemisferi nord) serà Sud, és a dir, que l'azimut de la instal·lació òptim sigui  $\gamma = 0^\circ$ , cal dir que les desviacions per azimut de  $\pm 45^\circ$  no afecten molt al rendiment global de la instal·lació. Pel que fa a les inclinacions que tenen de tenir aquests captadors, el Codi Tècnic de l'Edificació (CTE) en el punt 11 apartat 2.1 ens indica que per un període d'utilització anual (consum constant) la inclinació dels captadors serà la latitud de l'indret on es realitzarà la instal·lació. Si el període d'utilització de la instal·lació és preferentment a l'hivern o l'estiu, la inclinació dels col·lectors serà de latitud + 10° i latitud - 10° respectivament en cada cas.

Fent referència a la distància mínima entre files de captadors (sols s'utilitza quan pels motius que sigui hi ha diverses files de captadors en la superfície de la instal·lació) per que no es facin ombra entre ells, aquesta distància es calcula mitjançant la següent expressió matemàtica (2):

$$d = l \times \cos\beta + \frac{l \times \sin\beta}{\tan H} \quad (2)$$

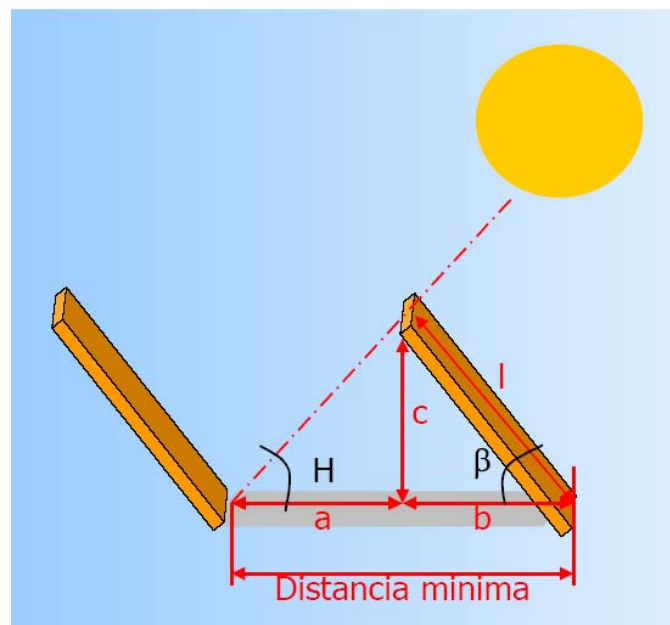
On,

H → Alçada solar

$\beta$  → Inclinació del captador

L → Longitud del captador

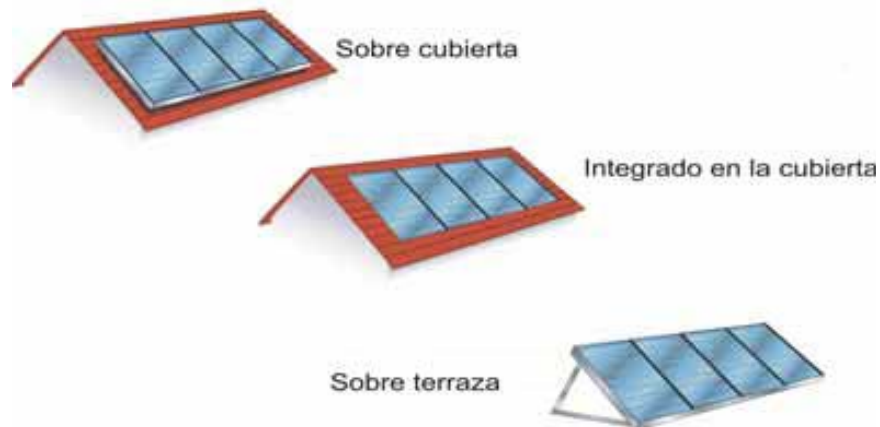
En la següent *figura 21* es pot visualitzar millor la distància mínima entre captadors per tal de que no es produeixin pèrdues per ombres entre aquests.



**Figura 21:** Distància mínima entre captadors

Pel que fa a la integració i col·locació dels captadors solars tèrmics en els edificis, hi ha diversos tipus de sistemes de col·locació, els més importants, però, són els següents: sobre coberta, integrat a la coberta i sobre terrassa.

La següent *figura 22* ens mostra gràficament els diversos tipus d'integració dels captadors solars tèrmics.



**Figura 22:** Integració dels captadors solars tèrmics

En quant al rendiment dels captadors solars, resulta difícil precisar quina quantitat d'energia es podrà obtenir en cada moment, ja que aquest tipus de captadors de baixa temperatura no tenen cap sistema de seguiment solar al llarg del dia, i capten tant la radiació directa com la difusa amb resultats molt variables.

En línies generals, l'eficiència dels captadors solars anirà definida per la seva corba de rendiment, que permet saber quina és la quantitat d'energia que podrem aprofitar en cada situació. Al respecte, existeix una normativa oficial per a l'homologació d'aquests equips en la qual s'avalua la corba característica dels diferents models de col·lectors. Aquesta valoració es realitza sobre captadors nous, i de forma puntual, no essent representativa del comportament del captador al llarg de la seva vida útil, ja que la seva eficàcia podrà evolucionar de diferent manera amb el pas del temps, en funció del seu manteniment...

Tot seguit es mostren diferents expressions matemàtiques referents als aspectes energètics i rendiments dels captadors solars de placa plana.

- **Balanç energètic del captador de placa plana**

El balanç d'energia en el captador en règim estacionari (els paràmetres es mantenen constants) es pot expressar mitjançant l'expressió:

$$E = E_p + E_u \quad (3)$$

On,

$E \rightarrow$  Energia solar captada

$E_p \rightarrow$  Pèrdues tèrmiques per radiació, conducció i convecció

$E_u \rightarrow$  Energia útil transferida al fluid

- **Energia solar captada**

L'energia solar captada s'expressa mitjançant la següent expressió:

$$E = S \cdot I_s \cdot F \tau \alpha \quad (4)$$

On,

$S \rightarrow$  Superfície útil del captador

$I_s \rightarrow$  Radiació solar incident sobre el col·lector ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

$F \rightarrow$  Factor d'absorbència òptica del vidre

$\tau \rightarrow$  Transmittància del vidre del col·lector

$\alpha \rightarrow$  Coeficient d'absorbència de l'absorbidor

El producte  $F \tau \alpha$  són les pèrdues òptiques del captador.

- **Pèrdues tèrmiques**

Les pèrdues tèrmiques s'expressen mitjançant la següent expressió:

$$E_p = S U (T_c - T_a) \quad (5)$$

On,

$S \rightarrow$  Superfície útil del captador ( $\text{m}^2$ )

$U \rightarrow$  Coeficient global de pèrdues tèrmiques ( $\text{W}/\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ )

$T_c \rightarrow$  Temperatura mitjana del col·lector ( $^\circ\text{C}$ )

$T_a \rightarrow$  Temperatura ambient ( $^\circ\text{C}$ )

- **Energia útil**

L'energia útil del captador ve determinada per la següent expressió:

$$E_u = E - E_p = S I_s F \tau \alpha - S U (T_c - T_a) \quad (6)$$

La temperatura  $T_c$  és difícil de determinar, per tal de poder determinar-la tindriem d'usar la temperatura mitjana del fluid.

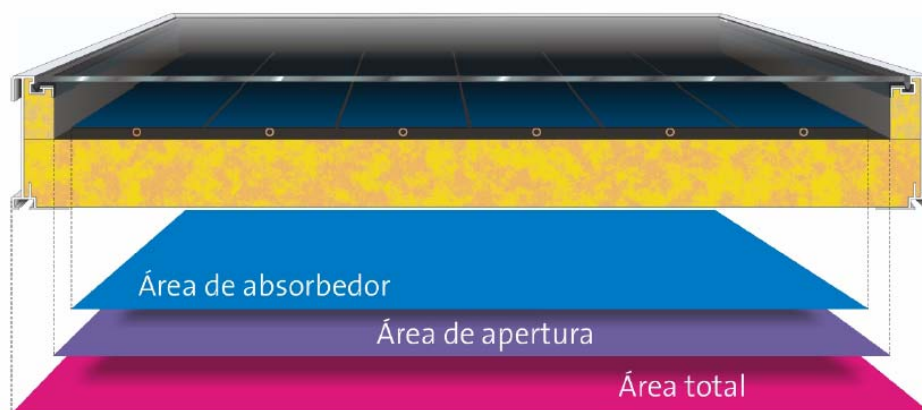
- **Rendiment energètic del col·lector**

El rendiment energètic del col·lector tèrmic segueix la següent expressió matemàtica:

$$\eta = \frac{E_u}{S I_s} = \frac{F_r S I_s F \tau \alpha}{S I_s} - \frac{F_r S U (T_m - T_a)}{S I_s} \quad (7)$$

$$\eta = F_r F \tau \alpha - \frac{F_r U (T_m - T_a)}{I_s}$$

Un altre dels paràmetres que es tenen de tenir molt en compte quan es realitza una instal·lació solar tèrmica és el fet de saber quina és l'àrea de referència del captador utilitzada per calcular el rendiment d'aquest. Ja que aquesta superfície serà la responsable de que la nostra instal·lació solar tèrmica produeixi el suficient nivell d'ACS per satisfer les necessitats dels nostres clients. En un captador solar tèrmic tenim tres tipus d'àrea diferents, de més a menys superfície són: àrea total, àrea d'obertura i àrea d'absorció. Tal com podem veure en la següent *figura 23*, l'àrea d'absorció del col·lector representa l'àrea que és l'encarregada de permetre l'intercanvi tèrmic amb l'aigua que circula per dintre dels tubs. En canvi l'àrea total, que és la més gran, representa el total de tots els elements que conformen un captador solar. Per tant, saber quina és l'àrea que utilitzem és important saber-la per tal d'arribar a la fracció solar que ens requerirà el CTE. La fracció solar és la quantitat d'energia solar obtinguda a través de la tecnologia solar utilitzada, entre el total de l'energia que es requereix. La fracció solar oscil·la entre 0 (cap utilització de l'energia solar) i 1 (tota l'energia que es necessita s'obté del sistema solar). La fracció solar d'un sistema concret depèn de molts factors, com poden ser les dimensions dels captadors, acumuladors, funcionament clima... És important fer un bon estudi d'aquesta fracció solar per tal de donar un bon rendiment tant tècnic com econòmic al sistema.



**Figura 23:** Diferents àrees d'un captador solar tèrmic

Un cop ja sabem els diversos paràmetres que configuren i prenen part en la configuració dels captadors solars tèrmics, per tal de seleccionar un captador tenim dos mètodes de selecció en funció de les nostres pretensions.

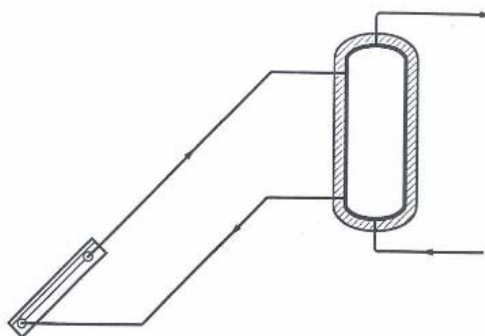
- Des del punt de vista tècnic, per una aplicació i lloc determinats, el millor captador és aquell que obté un millor rendiment (per tant, una major quantitat d'energia) al llarg de la temporada d'ús de la instal·lació.
- Si tenim present les consideracions econòmiques, el millor captador serà aquell amb el qual s'obtingui una relació de costos totals (inversió inicial + explotació) i energia produïda més baixa.

### 2.3.3.5.2 Subsistema hidràulic i de distribució

El sistema de distribució és el que s'encarrega de transportar el fluid calent contingut als captadors solars fins el punt de consum. Existeixen diferents circuits de distribució, depenent de les necessitats que pretendrem satisfer o les condicions climàtiques del lloc on realitzarem la captació.

En el nostre país, els sistemes de distribució més utilitzats són els sistemes de circuit tancat, bé amb termosifó o circulació forçada. És a dir, aquells que tenen un sistema de doble circuit en el qual el fluid que recorre el captador és diferent és al que transcorre pel sistema d'emmagatzematge.

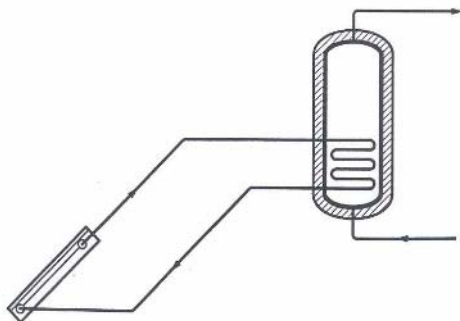
Les instal·lacions de **circuit obert**, transfereixen directament l'aigua calent produïda al captador solar fins el dipòsit d'acumulació. El funcionament d'aquests equips és molt senzill: quan el captador és escalfat pel Sol, l'aigua augmenta de temperatura desplaçant-se cap amunt (ja que presenta menor densitat que l'aigua freda). Un cop l'aigua ha arribat al dipòsit d'emmagatzematge, aquest es buida amb una quantitat equivalent d'aigua més gelada que es dirigeix de nou al captador per escalfar-se. La principal avantatge dels sistemes d'aquestes característiques és que resulten més econòmics, més senzills de fabricar, d'instal·lar i fins i tot obtenen millors rendiments energètics. En contra, el principal inconvenient de les instal·lacions de circuit obert és que al fet d'utilitzar com a únic fluid de circulació l'aigua hi ha el perill de trencament de la instal·lació en períodes de gelades o la possibilitat de greus problemes de incrustacions minerals degut la baixa qualitat de les aigües. Per tal d'evitar aquest tipus de problemes, en el cas de les obstruccions del sistema de captació es tindrà d'utilitzar certs additius o dispositius electrònics que controlin aquests problemes. En quant a les gelades estacionals serà necessari buidar el circuit durant l'època més freda de l'any, ja que el volum del gel és més que el de l'aigua líquida i es poden arribar a produir danys importants als equips i sistemes de distribució. Per aquest mateix motiu, les instal·lacions de circuit obert són realitzades en llocs on no hi ha gelades al llarg de l'any, o bé en aplicacions temporals (càmpings, piscines descobertes...). En la *figura 24* podem observar visualment com és una instal·lació de circuit obert.



**Figura 24:** Instal·lació de circuit obert

En quan a les instal·lacions de **circuit tancat**, aquestes presenten dos tipus de circuits: el circuit primari del sistema de captació, i el circuit secundari on es troba el sistema d'acumulació o emmagatzematge. Al circuit primari s'introdueix un líquid especial que circula per dintre del captador i transmet calor a l'aigua del dipòsit d'acumulació mitjançant un intercanviador de calor. El que es pretén amb un sistema de

doble circuit és evitar que l'aigua del dipòsit es pugui mesclar amb el líquid del captador. D'aquesta forma, és possible col·locar components anticongelants que ens permetin l'ús d'aquests tipus de sistemes en zones on les temperatures estiguin per baix dels zero graus. En la següent *figura 25* podem apreciar una instal·lació de circuit tancat.

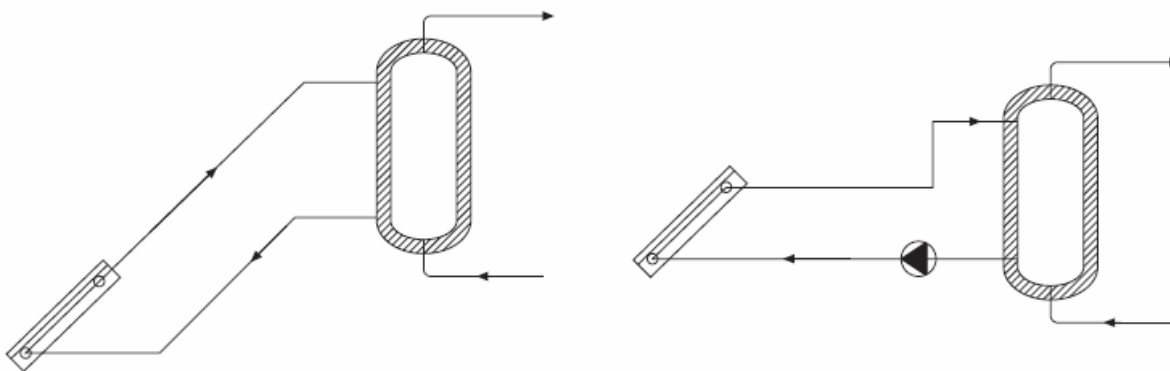


**Figura 25:** Instal·lació de circuit tancat

Pel que fa a la **circulació forçada** (*veure figura 26*) de l'aigua, aquests sistemes de circulació forçada estan basats en una bomba d'impulsió moguda per una aportació exterior d'energia elèctrica, un cost que es té de tenir en compte a l'hora d'optar per aquest tipus de mecanisme. La bomba de circulació col·locada al sistema de captació té com a principal funció transferir el fluid que circula pel sistema més ràpidament, impedit així que es pugui perdre part de les calories guanyades en el procés de distribució. La utilització d'aquesta bomba també permet interrompre la transferència de calor quan l'aigua dels captadors no circuli més calenta que la que es troba al dipòsit d'acumulació. Aquest sistema és molt comú en climes freds, on qualsevol pèrdua d'energia per petita que sigui pot disminuir l'eficàcia de la instal·lació solar. Aquest tipus de circulació per instal·lacions solars de qualsevol mida.

Fent referència al sistemes de **circulació natural** (*veure figura 26*) o amb **termosifó**, aquests sistemes tenen l'avantatge de que no els fa falta utilitzar bombes d'impulsió per al fluid, tot aprofitant la circulació natural de l'aigua calenta, que al ser menys densa tendeix a situar-se per damunt de la freda. Els sistemes amb termosifó són molt utilitzats en àrees geogràfiques amb climes més càlids. Aquests sistemes de circulació sols s'utilitzen per a instal·lacions solars tèrmiques petites.

En la següent *figura 26* es visualitzen les imatges dels sistemes de circulació natural (esquerra) i de circulació forçada (dreta).



**Figura 26:** Sistemes de circulació natural i forçada

## - Canonades

Les canonades són la part del circuit de distribució per on circula el fluid tèrmic. Les conduccions utilitzades en els sistemes de producció d'ACS són comparables a la d'altres usos similars, com poden ser la calefacció i la fontaneria en general. Els materials que més s'utilitzen en la distribució dels fluids són el coure, l'acer galvanitzat, l'acer negre i els plàstics (generalment polipropilè).

Pel que fa al coure podem dir que els principals avantatges que presenta són: un coeficient baix de dilatació, presenta facilitat de treball...; en canvi els seus inconvenients són: una transmissió tèrmica elevada, unions per soldadura emprant aliatges i corrosió galvànica. En quan l'acer galvanitzat el principal inconvenient que presenta és el fet que en temperatures superiors als 60°C es deterioren i perden la seva protecció de zinc, per tant no es pot utilitzar en els circuits primaris ja que la temperatura dels captadors pot supera els 60°C. Fent referència a l'acer negre, aquest solament s'utilitza en instal·lacions que requereixin grans cabals (diàmetre de canonades superiors als 42 mm) ja que és més econòmic, únicament es pot utilitzar en circuits primaris tancats ja que sovint sofreix oxidacions que perjudiquen la potabilitat de l'aigua. Per últim, el plàstic (generalment polipropilè) és l'element que s'utilitza més en l'actualitat degut a l'alt cost que presenta el coure, però no tan sols per aquest fet està tant generalitzat aquest material sinó que també té molts avantatges com poden ser un coeficient baix de transmissió tèrmica, unions per termofusió i presenta una elasticitat mecànica i compatibilitat amb els metalls; però el plàstic té també alguns inconvenients com poden ser un coeficient de dilatació elevat i precisa eines de treball específiques.

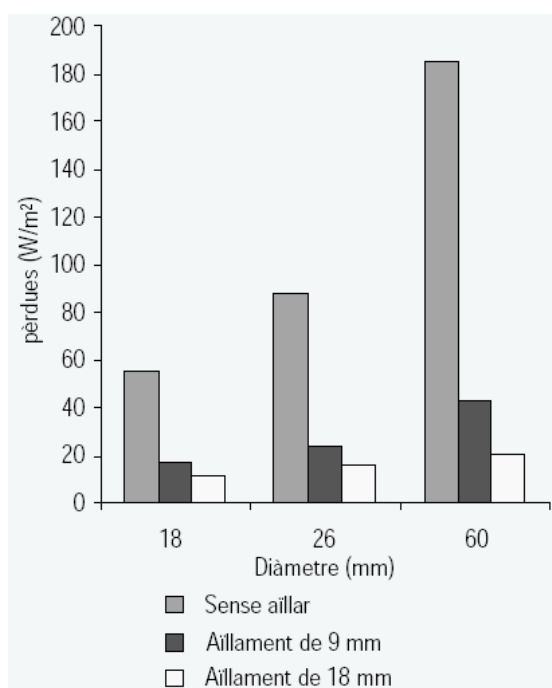
Les consideracions generals que es tenen d'aplicar a les canonades en els sistemes de producció d'ACS són els mateixos que s'apliquen en les instal·lacions convencionals, encara que multiplicats, ja que en el cas de l'energia solar la reserva d'energia és limitada durant els períodes de baixa radiació solar. Algunes d'aquestes consideracions poden ser les següents:

- Limitar la longitud de les diverses conduccions, sobre tot la dels fluids calents.
- Calorifugar adequadament totes les conduccions (atenent també al tipus d'aïllament per a canonades interiors o exteriors).
- Instal·lar juntes de dilatació on les variacions de temperatura siguin més grans (per exemple a la sortida dels captadors).
- Per evitar la formació de bombolles d'aire, que ens reduiran el rendiment de la instal·lació, es procuraran evitar en la mesura possible els punts alts al circuit. A més a més, en el disseny de les instal·lacions es tenen de col·locar purgadors d'aire al circuit i als captadors.
- Igualment que en qualsevol instal·lació de fontaneria, les canonades tenen d'estar dimensionades en funció dels cabals que tindran de transportar.
- En grans instal·lacions, és necessària la realització de circuits de retorn, que encara que ens poden suposar una certa despesa energètica continua, suposen un estalvi important tant energètic com d'aigua.
- La instal·lació de dispositius mescladors a la sortida de l'acumulador d'aigua calenta permet també un important estalvi d'energia i aigua.
- En instal·lacions d'ús públic (albergs, hotels, piscines, polisportius...) pot ser interessant la utilització d'aixetes temporalitzades per evitar els grans consums energètics i d'aigua que es produeixen sovint en aquestes instal·lacions.

Totes les canonades utilitzades en les instal·lacions de hidràuliques convencionals i de producció d'ACS tenen d'estar o bé normalitzades o bé certificades, i en el seu perfil tenen d'estar especificades les normes que segueixen, les dimensions nominals que tenen, la marca d'identificació del fabricant i la data de fabricació. D'altres consideracions que afecten aquestes canonades són el fet de que aquestes línies tenen de tenir un pendent d'1% i evitar una velocitat elevada del fluid (superior als 2m/s).

Per tal de reduir de forma important les pèrdues tèrmiques a les canonades cal aïllar-les d'acord amb les indicacions del Reglament de Instal·lacions Tèrmiques en Edificis (RITE). Es tenen d'aïllar amb escuma elastomèrica tots els components de la instal·lació (canonades, intercanviadors, acumuladors...) excepte aquells dispositius que es tenen de manipular sovint degut al seu manteniment. Aquest aïllament no fa falta que es pegui a les canonades sinó que es pot acoblar a aquestes amb brides de plàstic, a més la dilatació de canonades no té d'afectar a l'aïllament. Per últim, aquest aïllament serà continu al travessar els elements estructurals (parets), d'aquesta forma evitarem pèrdues tèrmiques.

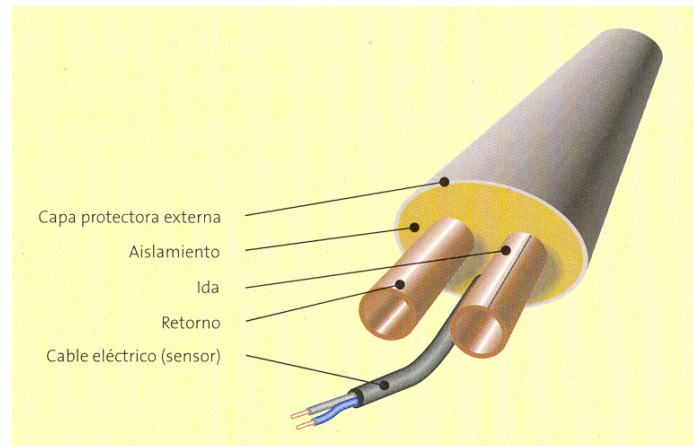
En la següent *figura 27* podem observar la gran importància del fet d'aïllar les canonades d'una instal·lació d'ACS, i d'aquesta forma evitar grans pèrdues tèrmiques.



**Figura 27:** Importància dels aïllaments en les canonades

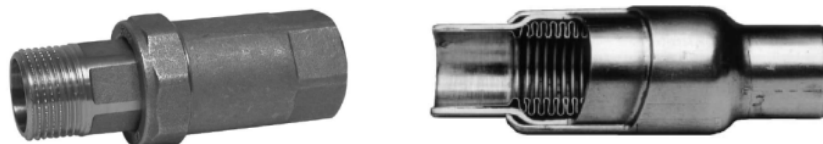
Com podem veure en l'anterior *figura 27* el fet de col·locar aïllament a les diverses canonades del sistema s'accentua a mesura que augmenta el diàmetre de les canonades. És a dir, com més grans siguin les canonades i per tant més cabal passi per elles, ens resultarà més important tenir un bon aïllament d'aquestes canonades, ja que com es pot apreciar en l'anterior imatge les pèrdues tèrmiques en les canonades de 60 mm de diàmetre poden arribar a ser de l'ordre dels 140-160 W/m<sup>2</sup>, fet que ens provocaria disposar de més captadors tèrmics per tal d'arribar a la fracció solar establerta per les normatives i en conseqüència ens suposaria un alt increment de les despeses econòmiques.

Per acabar en les explicacions sobre l'aïllament podem visualitzar en la següent *figura 28* com quedaria aïllada una canonada.



**Figura 28:** Canonada aïllada.

Tal com ja s'ha mencionat anteriorment en aquests apartat, sovint les variacions de temperatura provoquen dilatacions. Aquestes dilatacions es tenen de compensar mitjançant compensadors de dilatació per tal d'evitar trencaments degut als esforços mecànics que es generen en les canonades. En les canonades de coure existeixen diversos compensadors de dilatació, en canvi en les canonades de plàstic, es tenen d'implementar estratègies específiques: braços de flexió o bé lires de dilatació. Per tal de saber quina és la dilatació tèrmica i poder dimensionar bé les dimensions de les juntes de dilatació, es disposen de diverses corbes on en funció de la temperatura del fluid i la longitud de les canonades podem saber quina dilatació poden sofrir les canonades. En la *figura 29* podem observar diversos tipus de juntes de dilatació per a canonades metàl·liques.



**Figura 29:** Exemples de juntes de dilatació per a canonades metàl·liques

Per acabar amb el bloc de les canonades, parlarem de les unions, requisits indispensables en els sistemes hidràulics. Els trets més característics sobre les unions, són que tenen d'estar accessibles per facilitar la reparació, si hi ha un canvi de diàmetre de canonades es tindrà de treballar amb manguitos excèntrics i si hi ha una unió de metalls diferents es col·locarà una junta dielèctrica.



**Figura 30:** Unió amb brides metàl·liques

## - Bombes

El transport del fluid dels captadors fins al sistema d'emmagatzematge i posteriorment fins als punts de consum, a través o no de l'intercanviador, es realitza amb l'ajuda de les bombes, que es defineixen com aparells accionats per un motor elèctric capaç de subministrar al fluid una quantitat d'energia amb la finalitat de transportar-lo per un circuit i a una determinada pressió. L'energia produïda per la bomba té de vèncer la resistència que oposa el fluid al seu pas per les canonades i mantenir la pressió desitjada en qualsevol punt de la instal·lació. Per tant la mida de la bomba dependrà del cabal a impulsar i de la pèrdua de pressió del circuit hidràulic. A més a més, també es tindrà de tenir en compte el fluid circulant que passi per dintre de les canonades. Es tracta d'un element molt important en els circuits hidràulics ja que pot representar un consum d'entre un 10 i un 20% de l'energia solar aprofitada.

Les principals consideracions que es tenen d'aplicar en referència a les bombes en circuits solars tèrmics són les següents:

- Les bombes seran preferentment del tipus en línia.
- Sempre que sigui possible, les bombes en línia es muntaran en les zones més fredes del circuit i en trams de canonades verticals, evitant les zones més baixes del circuit.
- En instal·lacions superiors als 50 m<sup>2</sup> es muntaran dos bombes en paral·lel, una de reserva, tant en el circuit primari com al circuit secundari. En aquest cas es previndrà el funcionament alternatiu de d'aquestes bombes, de forma manual o automàtica.
- Per a l'aplicació d'aquestes bombes en circuits d'ACS per a usos sanitaris, s'utilitzaran materials resistents a la corrosió.
- Les bombes en línia s'instal·laran amb l'eix de rotació horitzontal i amb l'espai suficient per tal de que el conjunt motor – rodets pugui ser desmuntat fàcilment.
- Les canonades connectades a les bombes en línia es suportaran als voltants de les bombes de forma que no provoquin esforços recíprocs. El diàmetre de les canonades d'acoblament no podrà ser mai inferior al diàmetre de la boca d'aspiració de la bomba. La connexió de les canonades a les bombes no podrà provocar esforços recíprocs de torsió o flexió.
- Les vàlvules de retenció es situaran a les canonades d'impulsió de les bombes, entre la boca i el manegüí antivibratori, en qualsevol cas aigües amunt de la vàlvula d'intercepció.
- Es treballarà amb bombes de ròtor humit, és a dir, bombes on el fluid banya el ròtor, provocant la seva lubricació i refrigeració. Tenen una vida llarga i no precisen pràcticament de manteniment.

En quant a la potència de les bombes es tindran d'alimentar de forma diferent segons la potència d'aquesta. En bombes de potència menor als 0,5 kW s'alimentarà la bomba amb alimentació monofàsica; en canvi, si la potència és superior als 0,5 kW es requerirà una alimentació trifàsica. En les bombes trifàsiques es té de ficar un guardamotor aigües amunt, que serà l'encarregat de realitzar la protecció tèrmica; a més en aquest tipus de bombes es tindran de realitzar degudament les connexions elèctriques per evitar que la bomba pugui girar en sentit contrari. Els cables de l'alimentació elèctrica, entraran a la caixa de connexions per les connexions previstes.

Per últim el sistema de control de la instal·lació permetrà l'accionament manual de les diferents bombes de la instal·lació, ja sigui a través del propi controlador o a través dels selectores mecànics.

En la següent imatge *figura 31* podem observar diversos tipus de bombes circuladores de fluids.



**Figura 31:** Bomba circuladora de fluids

### - Fluid termòfor

El fluid termòfor es tracta del fluid encarregat d'extreure la calor captada pel captador solar tèrmic i cedir-la mitjançant un bescanviador tèrmic a un circuit secundari. L'opció més utilitzada és l'aigua amb additius anticongelants, generalment alcohols com l'etilenlicol i el propilenglicol. És preferible, però, la utilització d'aquest últim ja que presenta una toxicitat inferior.

Si es disposa en la instal·lació d'un intercanviador de calor en el circuit primari, és a dir el fluid termòfor no entra en contacte amb l'ACS, podem aplicar anticongelant al circuit primari per tal de prevenir possibles congelacions de l'aigua en èpoques hivernals. La quantitat d'aquest anticongelant dependrà de les temperatures de cada zona. El criteri general que es segueix és el d'agafar la temperatura mínima històrica menys 5 °C. Els requisits que té de presentar el fluid termòfor són els següents:

- Calor específic més gran o igual a 0,7 kcal/Kg·°C.
- Tenir un pH del fluid comprès entre 5 i 12.
- Contingut en anticongelant alcohòlic igual o superior al 20 % o per a menys de -6°C.
- El contingut total en sals solubles sigui inferior a 500 mg/l.
- El contingut en carbonat càlcic o sals de calci sigui inferior a 200 mg/l.
- El nivell màxim de CO<sub>2</sub> lliure contingut a l'aigua sigui de 50 mg/l.

## - Intercanviador de calor

L'intercanviador o bescanviador de calor es tracta de l'element de la instal·lació encarregat de transferir l'energia generada pels captadors solars a l'aigua del dipòsit mitjançant el moviment forçat del fluid termòfor sense que hi hagi mescla dels dos fluids. El fet d'introduir un intercanviador de calor a una instal·lació solar tèrmica és perquè volem tenir dos circuits independents. L'intercanviador de calor s'utilitza en les següents instal·lacions:

- Instal·lacions d'ACS en les quals no es desitja que l'aigua sanitària passi pels col·lectors per tal d'evitar riscos de congelacions, incrustacions als captadors, corrosió del circuit, sobrepressions...
- Instal·lacions de calefacció amb emmagatzematge tèrmic per aigua calent en les quals es vol limitar la quantitat d'anticongelant a afegir, gràcies a un circuit primari de volum reduït.
- Instal·lacions combinades d'ACS i calefacció en les quals l'aigua sanitària s'escalfa per mitjà d'un intercanviador, així com el sistema de distribució de calefacció si es vol reduir la quantitat d'anticongelant.

Entre els avantatges que podem obtenir de la utilització d'un bescanviador de calor tenim que: el circuit primari treballa a la pressió adient pels captadors, sense fluctuacions importants; el fluid emprat en el circuit primari és un líquid tèrmic amb anticongelant i agents inhibidors per tal de protegir els captadors de possibles glaçades i de la calcificació i per últim la circulació del circuit primari pot ser regulada amb criteris d'optimització energètica. Però no tot són avantatges en la utilització dels intercanviadors de calor, sinó que també tenen diversos inconvenients, com poden ser: suposen una petita pèrdua de rendiment del sistema ja que sempre hi ha una diferència de temperatura entre els líquids del primari i del secundari que pot ser d'uns barems entre els 3 i els 10°C i per tant els captadors solars tenen de funcionar a una temperatura superior a la del fluid del secundari (ACS); l'altre inconvenient que presenta la utilització d'aquest tipus d'aparells és l'augment del cost de la instal·lació.

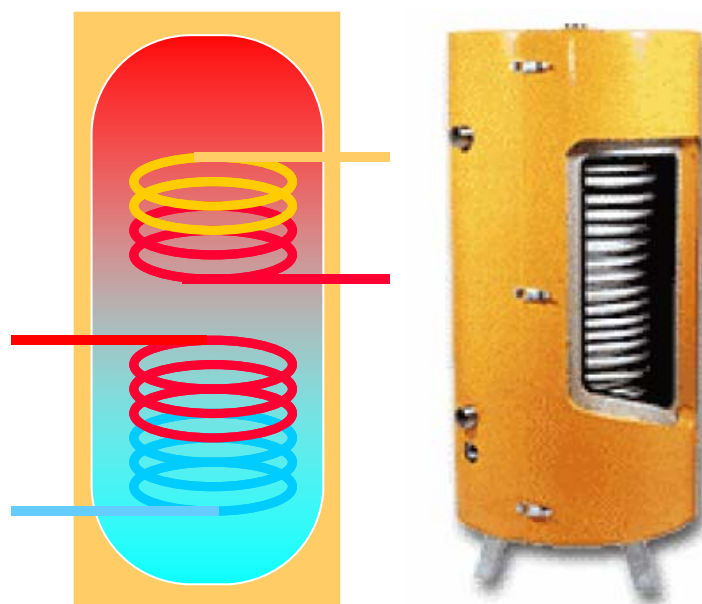
Els bescanviadors de calor normalment es col·loquen dintre del dipòsit d'emmagatzematge en les instal·lacions petites i mitjanes, o bé es poden situar a l'exterior del dipòsit d'acumulació quan es dissenyen sistemes de més gran envergadura, com poden ser blocs d'habitatges o instal·lacions hoteleres i industrials. Però els principals factors de que depèn un intercanviador de calor són els següents:

- El salt tèrmic o diferència de temperatura entre l'aigua procedent dels captadors i la continguda dintre de l'acumulador. Un salt tèrmic baix implica un factor desfavorable en el rendiment global del bescanviador.
- La superfície total d'intercanvi tèrmic, quant més gran sigui aquesta, més gran serà la transferència de calor.
- Material i geometria de l'intercanviador que afavoreixi la conductivitat tèrmica del mateix. La major o menor facilitat per a la transferència de calor entre els fluids és un factor molt important i que es té de tenir en compte.
- El cabal circulat i la forma en que es realitza el moviment del fluid, bé amb règim laminar o bé amb règim turbulent, circulant els fluids amb el mateix sentit o en sentit contrari. Quant més gran sigui la quantitat d'aigua circulat, més gran serà la transferència de calor.

Els dos paràmetres que millor caracteritzen un intercanviador de calor són el seu rendiment i l'eficàcia d'intercanvi. Pel que fa al rendiment, aquest es defineix com la relació entre l'energia obtinguda i l'energia introduïda al sistema, en aquest cas la diferència entre aquestes energies només poden ser degudes a les pèrdues tèrmiques, que tenen de ser les mínimes possibles i mai poden ser superiors al 5%. Fent referència a l'eficàcia d'intercanvi ( $\epsilon$ ) aquesta es defineix com la relació entre l'energia calorífica intercanviada en una unitat de temps (potència tèrmica) i la màxima energia que es podria intercanviar.

Per la seva posició en les instal·lacions solars tèrmiques els bescanviadors de calor poden ser interns o externs.

En quant als intercanviadors de calor **interns** hi ha dos tipus de sistemes, els bescanviadors de doble paret i els bescanviadors de serpenti. Els bescanviadors de **doble paret** s'utilitzen habitualment en sistemes d'acumulació amb capacitats fins a 700 litres i disposen d'una gran superfície d'intercanvi, alguns avantatges que proporciona la utilització d'aquest tipus de bescanviador és que tenen una pèrdua de càrrega baixa i tenen un cost baix; no obstant, el rendiment de bescanvi és més baix que els bescanviadors de tipus serpenti i plaques. Els bescanviadors de **serpenti** s'empren habitualment en sistemes d'acumulació amb capacitats fins a 1.500 litres i no disposen d'una gran superfície d'intercanvi, aquest tipus d'intercanviador té una pèrdua de càrrega i rendiment de bescanvi mitjana i el cost de l'acumulador és més alt que els sistemes de doble paret. En aquest tipus de bescanviadors de calor és necessària una neteja periòdica per tal d'eliminar la calcificació que es produeix dintre de les canonades de l'intercanviador ja que el fenomen de la calcificació redueix l'efectivitat d'intercanvi de calor. En la següent imatge *figura 32* podem observar un intercanviador intern de serpenti.



**Figura 32:** Bescanviador intern de serpenti

Es recomana que la superfície d'intercanvi dels bescanviadors interns sigui igual a aproximadament un terç de la superfície de captadors.

Pel que fa als intercanviadors de calor **externs**, aquests s'usen en instal·lacions amb volums d'acumulació a partir de 3.000 litres, ja que a partir d'aquests volums comença a ser més econòmic i pràctic utilitzar aquest tipus de bescanviadors. Dintre dels bescanviadors de calor externs hi ha dos tipus de sistemes: els intercanviadors de plaques (els més utilitzats) i el tubulars. En quant als intercanviadors de **plaques** podem dir que es tracta d'un element exterior al dipòsit d'emmagatzematge i que disposa d'una superfície d'intercanvi molt elevada amb dimensions exteriors reduïdes, a més té un alt rendiment d'intercanvi. Els principals avantatges de que disposa els bescanviadors de plaques són els següents: Transferència de calor més elevada per  $m^2$ , pèrdua de potència reduïda per calcificació, és fàcil de netejar (si les plaques no estan soldades), es pot connectar a més d'un acumulador i com ja he dit anteriorment és econòmic per a instal·lacions grans (superfícies  $> 10 - 15 m^2$ ). En contra, els inconvenients que presenten aquests intercanviadors són els següents: cars en instal·lacions petites (superfícies  $< 10 m^2$ ) i es necessita una bomba addicional al circuit secundari. Es recomana treballar amb un intercanviador extern per tal de que existeixi un circuit primari i un secundari. Tot seguit en la figura 33 es pot visualitzar un intercanviador extern de plaques.

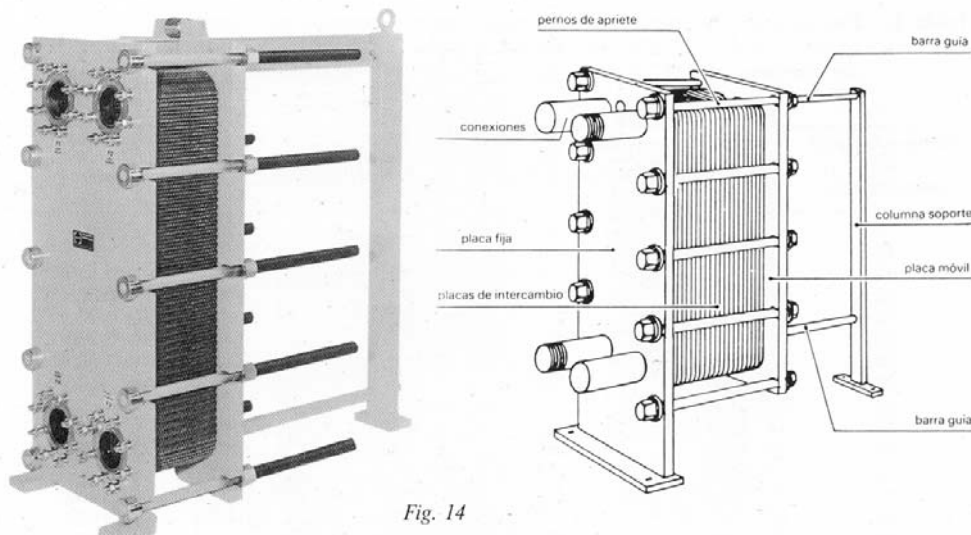


Fig. 14

Figura 33: Bescanviador extern de plaques

Per últim s'especifiquen algunes condicions constructives per tal de que el sistema d'intercanviadors de calor d'una instal·lació solar tèrmica tingui un bon funcionament:

- Es muntaran vàlvules de pas en les entrades i sortides del bescanviador.
- La connexió serà de forma que el flux sigui a contracorrent.
- S'aïllarà el bescanviador mitjançant els accessoris adequats.
- Es muntaran vàlvules d'agulla al circuit per ajustar el cabal final.

## - Elements de seguretat

Les instal·lacions d'energia solar tèrmica han d'incloure necessàriament una sèrie d'elements indispensables per al correcte funcionament i control de la instal·lació. La majoria d'aquests elements són d'obligada instal·lació i a part algun d'aquests ens pot oferir un major rendiment de la instal·lació. Aquests elements de seguretat són: vàlvules, vas d'expansió, sistema de purga, dispositius de filtratge, manòmetre...

### ▪ Vàlvules

Les vàlvules són els elements que actuen com a limitadors de la pressió dels circuits i són imprescindibles per protegir els components de la instal·lació. En tots els circuits hidràulics sotmesos a pressions i variacions de temperatura és obligatori col·locar-hi vàlvules de seguretat. La pressió a la qual actua la vàlvula ha de ser inferior a la pressió que pugui suportar l'element més delicat de la instal·lació, que en molts casos sol ser bé el dipòsit d'expansió o bé els captadors. Les vàlvules consten bàsicament d'una molla que és vençuda per la sobrepressió del circuit.

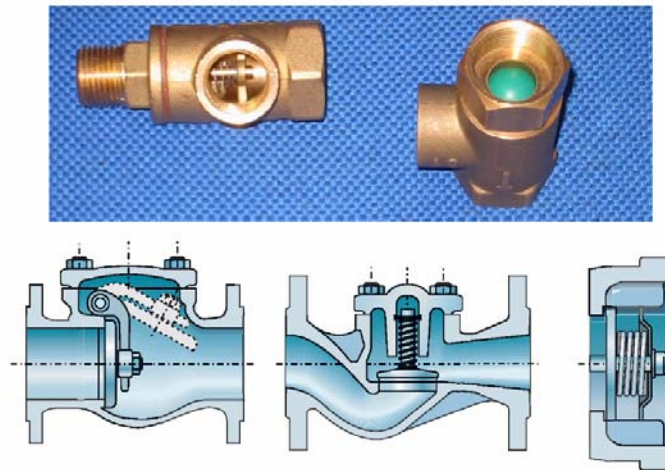
Hi ha diversos tipus de vàlvules però les més utilitzades són les següents: vàlvula de seguretat, vàlvula antiretorn, vàlvula de pas i les vàlvules de 3 o 4 vies.

Les vàlvules de seguretat són obligatòries en tots els circuits sotmesos a pressió i temperatura. Aquesta vàlvula s'encarrega d'alleugerir un excés de pressió als circuits tancats. Aquestes vàlvules es col·locaran en cada circuit tancat del sistema solar tèrmic i al subsistema de captació n'hi haurà una per cada grup de captadors. És molt important que no existeixi cap vàlvula de pas entre la vàlvula de seguretat i el circuit que protegeix i que la sortida de la vàlvula sigui conduïda fins un desguàs. Els materials que generalment s'utilitzen en la fabricació de les vàlvules són: ferro fos, acer, bronze, llautó... Els valors de pressió recomanats per tal de que actuïn són: 3 bar en el circuit primari solar i 6 bar en el circuit secundari solar. En el muntatge de d'aquestes vàlvules s'incorporarà un manòmetre, i es recomana muntar-les al costat del vas d'expansió. En la següent *figura 34* podem observar com és una vàlvula de seguretat.



**Figura 34:** Vàlvula de seguretat

Les vàlvules antirretorn són aquelles que només permeten el pas del fluid en un sol sentit, tot impedit la circulació en el sentit contrari. Aquesta vàlvula s'instal·la al retorn dels captadors i la seva missió és assegurar que sigui impossible que l'aigua flueixi en sentit contrari (de l'acumulador als captadors per la part superior) quan la temperatura de l'aigua en el depòsit d'emmagatzematge és superior a la de l'aigua al captador, fet que ocasionaria un refredament de l'aigua que es troba a l'acumulador. En la *figura 35* es pot visualitzar l'estructura i el funcionament d'una vàlvula antirretorn.



**Figura 35:** Vòlvula antirretorn

Les vàlvules de pas són les encarregades d'interrompre total o parcialment el pas del fluid per les canonades. Les vàlvules de pas total s'utilitzen per separar una part de la instal·lació o aïllar-la del servei, mentre que la vàlvula de pas parcial serveix per produir una pèrdua de càrrega addicional al circuit, amb l'objectiu de regular el cabal o d'equilibrar la instal·lació. En la *figura 36* podem veure com és una vàlvula de pas.



**Figura 36:** Vòlvula de pas

Les vàlvules de 3 o 4 vies s'utilitzen en el cas que sigui necessària realitzar una circulació de fluids per vies alternatives i per tal d'aconseguir-ho utilitzem aquest tipus de vàlvules. Sovint aquest tipus de vàlvules es col·loquen automatitzades, de manera que una senyal elèctrica, procedent d'un termòstat, activa el servomotor tot obrint i tancant les vies corresponents.

## ▪ Vas d'expansió

El vas d'expansió es tracta d'un dispositiu de seguretat que s'ha de dissenyar per tal d'absorbir els augments de pressió provocats per les dilatacions del fluid i l'augment del volum degut a la seva vaporització parcial en cas d'estancament. En el cas dels vasos d'expansió es recomana treballar amb sistemes tancats. Els vasos d'expansió es col·loquen al costat de l'aspiració de la bomba i hi haurà un vas d'expansió per cada circuit tancat que hi hagi a la instal·lació. Aquests dispositius tenen de ser capaços de resistir la temperatura màxima de treball. Pel que fa a la seva ubicació, els vasos d'expansió preferiblement s'instal·laran en interiors i es col·locaran ben suportats arran del terra. Per últim cal dir que la canonada de connexió no anirà aïllada i tampoc hi haurà vàlvules de pas en el recorregut del vas d'expansió a la canonada.

Ens podem trobar amb dos tipus de vasos d'expansió els de circuit obert i els de circuit tancat. Pel que fa als vasos d'expansió de circuit obert s'utilitzen en les instal·lacions en circuit obert a l'atmosfera. El dipòsit d'expansió obert es tracta d'un petit dipòsit sense cobrir que es col·loca per damunt del punt més alt de la instal·lació i s'encarregarà de recollir l'excés de volum d'aigua produït per la dilatació. L'altura mínima sobre aquest punt, que sol ser aproximadament la mateixa que la dels captadors, té de ser d'uns 2 o 3 metres. No té d'existir cap tipus de vàlvula de pas entre les canonades de seguretat que comuniquen els captadors amb el vas d'expansió.

El vas d'expansió tancat es tracta d'un recipient tancat, format per dos semicossos fabricats per embutició i soldats entre sí. Al semicoss inferior hi ha una vàlvula per tal de controlar la pressió a l'interior del vas, on hi ha una membrana que separa l'aire i el líquid. Quan s'expansiona el líquid, aquest penetra cada cop més dintre del vas, tot comprimint la bossa d'aire de l'altra part de la membrana, fent que augmenti la pressió de l'aire. Quan el líquid es gela, l'aire torna a expandir-se, al suportar una pressió cada cop menor fins arribar a la pressió inicial. La capacitat o volum útil del dipòsit té de ser igual, com a mínim, a l'augment total de volum per la dilatació del fluid termòfor de la instal·lació, a la temperatura que es consideri. Tot seguit en la *figura 37* es pot observar l'exterior d'un vas d'expansió:



**Figura 37:** Diversos tipus de vas d'expansió tancat

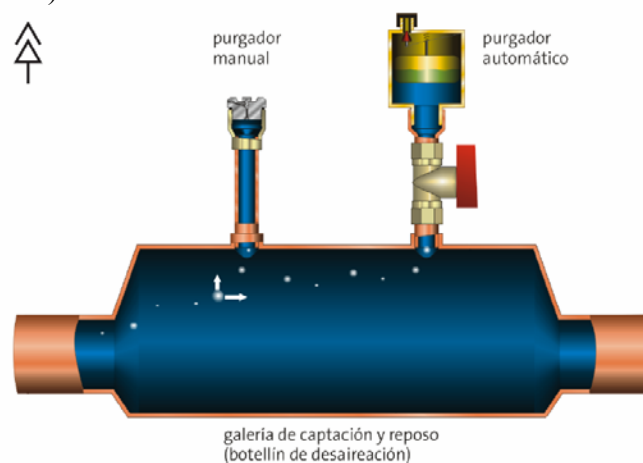
El vas d'expansió tancat és el que normalment s'utilitza en les instal·lacions solars tèrmiques, ja que presenten nombrosos avantatges davant dels vasos d'expansió oberts. Algunes d'aquestes avantatges són les següents:

- Fàcil muntatge, ja que es poden ubicar en qualsevol lloc de la instal·lació, la seva col·locació exigeix poca canonada, fet que compensa la compra del vas tancat.
- No és necessari aïllar els vasos d'expansió tancats.
- Al instal·lar-se en circuits tancats, no absorbeixen oxigen de l'aire.
- Eliminen les pèrdues del fluid termòfor per evaporació, evitant la corrosió i les incrustacions provocades per l'aigua.
- En els vasos d'expansió tancats no cal tenir en compte les possibles gelades.

#### ▪ Purgadors

El purgador és l'element encarregat d'evacuar els possibles gasos, generalment aire, continguts en el fluid termòfor. L'existència d'aire dintre del circuit pot donar lloc a la formació de petites bombolles de gasos que impedeixen la correcta circulació del fluid termòfor tenint com a conseqüència la disminució del rendiment, podent arribar fins i tot a deixar la instal·lació inoperant quan aquestes bombolles s'estabilitzen en les zones altes i els colzes dels captadors. Hi ha dos tipus de purgadors en el mercat, els manuals i els automàtics (els més utilitzats).

Aquests dispositius es col·loquen verticalment en els punts més alts de les instal·lacions, que és on s'acumulen els gasos quan es separen del fluid, i en les zones on sigui previsible la formació de bombolles d'aire que impedeixen la circulació de l'aigua per l'interior de les canonades. A més a més, també es col·locaran en els punts alts de la sortida de les bateries de captadors. S'evitarà l'ús dels purgadors automàtics quan es proveeixi la formació de vapor al circuit; aquests purgadors automàtics tindran de suportar, almenys, la temperatura d'estancament del captador. Per tant i en la mesura que sigui possible el traçat que tenen de seguir les canonades té d'evitar els sifons invertits i els camins tortuosos per tal, aquest últim cas ens servirà per tal d'afavorir el desplaçament de l'aire atrapat a les canonades fins als punts alts on tindrem els purgadors. En la següent imatge *figura 38*, s'aprecien els dos sistemes de purgació: manual i automàtic (amb sèrie amb una vàlvula de pas manual).



**Figura 38:** Purgador manual i automàtic

## ▪ Filtres

Els filtres són uns elements de seguretat que tenen la funció de filtratge del fluid termòfor i es col·loquen en diversos llocs de la instal·lació: en les entrades de l'aigua de la xarxa a la instal·lació es col·loca un filtre de cartutx i en les entrades de cada grup de bombeig s'incorpora un filtre de malla. També s'ubica un filtre a la línia de fluid on s'omplen els captadors, per tal d'evitar l'entrada d'aigua amb additius a la xarxa de distribució. Normalment aquests filtres seran vàlvules antirretorn. Podem observar dos exemples de filtres: filtre de cartutx (esquerra) i filtre de malla (dreta) a la *figura 39*.



**Figura 39:** Filtres de cartutx i malla

## ▪ Manòmetre

El manòmetre és tracta d'un instrument de mesura que ens serveix per tal de saber quina és la pressió dels fluids continguts en recipients tancats (canonades, dipòsits,...). El manòmetre és tan sols un element informador del sistema, però ens pot servir com un element de seguretat en cas de que la pressió del circuit no sigui la correcta.

En els circuits tancats de les instal·lacions solars tèrmiques que disposen de vas d'expansió tancat, es sol usar aquest tipus de dispositiu, que normalment mesura la pressió en  $\text{kg/cm}^2$  (aproximadament  $1 \text{ kg/cm}^2 = 1 \text{ bar}$ ), les escales en les quals treballen no superen gairebé mai els  $6 \text{ kg/cm}^2$  de pressió. Els manòmetres es munten en els punts de més pressió del circuit hidràulic, més concretament a la sortida de la bomba.

En la següent imatge *figura 40* podem visualitzar l'element encarregat de mesurar la pressió en els recipients i circuits tancats: el manòmetre.



**Figura 40:** Manòmetre analògic

### 2.3.3.5.3 Subsistema d'acumulació i emmagatzematge

Sens dubte i desgraciadament, l'energia que rebem del Sol no sempre coincideix amb les èpoques de major consum. Per aquest motiu, si es vol aprofitar al màxim l'energia que ens concedeix el Sol, serà necessari acumular l'energia en aquells moments del dia en que tenim més radiació solar hi hagi, per tal d'utilitzar-la posteriorment quan es produeixi una demanda.

El sistema habitual és emmagatzemar l'energia en forma de calor en acumuladors especials dissenyats per aquest mateix motiu. Segons les característiques específiques del dipòsit d'acumulació i els materials amb els quals ha estat fabricat, podrem aconseguir guardar l'energia obtinguda pels captadors solars durant més o menys temps; des de unes hores (cicle de la nit al dia) fins dos dies com a màxim.

Per norma general, ens donaran millors resultats aquells dipòsits que tinguin forma cilíndrica i que tinguin proporcions d'aproximadament un metre d'amplada i dos d'altura, d'aquesta forma i amb el dipòsit d'acumulació vertical afavorirem el fenomen de la estratificació, que consisteix amb la disminució de la densitat de l'aigua calenta i que aquesta tendeix a pujar fins les zones més altes de l'acumulador, deixant baix l'aigua més freda i per tant densa. Quan més gran sigui l'altura del dipòsit, més gran serà la diferència de temperatura entre la part superior i inferior del dipòsit d'acumulació. Per tant, l'aigua dels acumuladors té d'estar el més estratificada possible per tal de: millorar el rendiment global del sistema solar, degut a que els captadors treballen a una temperatura més baixa i subministrar l'aigua de consum a una temperatura propera a la d'ús, amb la mínima utilització del sistema auxiliar. En conclusió, emmagatzemar energia mitjançant l'aigua calent té molts avantatges: és barata, fàcil de moure, té altes capacitats calorífiques i al mateix temps podem usar aquest sistema per proporcionar ACS a diversos punts de consum.

Els criteris de selecció que tenim de tenir en compte en la selecció d'un acumulador són els següents: volum d'acumulació, material (corrosió), aïllament (pèrdues tèrmiques), estratificació de temperatura, rang de temperatures d'operació, dispositius d'intercanvi de calor i cost inicial i d'explotació.

Pel que fa al **volum d'acumulació** aquest és un dels paràmetres més importants a l'hora de projectar una instal·lació solar tèrmica ja que els consumidors depenen de l'eficiència d'aquest dipòsit. La capacitat d'acumulació del dipòsit a instal·lar, tindrà de mantenir un equilibri amb la superfície de captació solar. Si l'acumulador és massa petit es desapropietaria part de l'energia obtinguda, mentre que si l'acumulador fos massa gran no aconseguiríem arribar a les temperatures adequades de funcionament. Però existeix una proporció adequada entre els metres quadrats de la superfície de captació i les dimensions del dipòsit d'emmagatzematge. El dipòsit d'acumulació més apropiat per als nivells de radiació que es donen a Espanya i per a ACS, és el de 60 litres per metre quadrat en les regions amb menys hores de sol i de 100 litres per metre quadrat en les zones de major radiació i hores de sol.

Es poden trobar molts tipus d'acumuladors per ACS al mercat, sent els **materials** de construcció més adequats l'acer, l'acer inoxidable, l'alumini i la fibra de vidre reforçat. L'adequada elecció del material de construcció té especial importància ja que un dels problemes més importants de les instal·lacions solars és la qualitat de l'aigua,

que pot produir corrosions en el dipòsit d'acumulació. En general, no és gaire aconsellable realitzar una instal·lació solar amb dos materials de diferent naturalesa, ja que d'aquesta forma s'afavoreix la creació de parells galvànics. Les proteccions que tenen de disposar els acumuladors contra la corrosió són les següents: bé tenir un sistema actiu mitjançant una protecció catòdica o bé disposar d'un sistema passiu amb un ànode de sacrifici de magnesi (Mg).

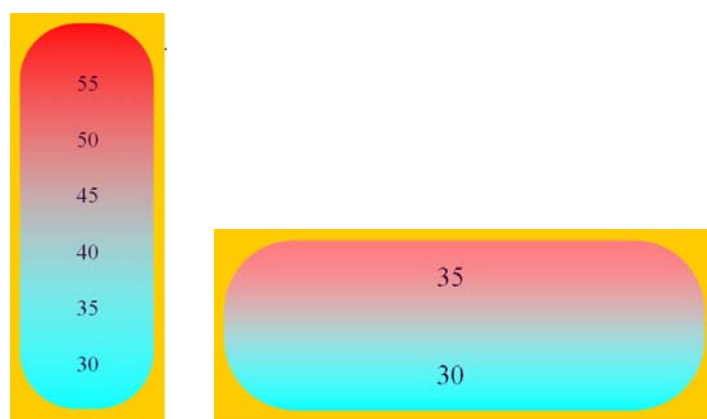
En quan a l'**aïllament** que s'utilitza en els sistemes d'emmagatzematge d'energia tèrmica el RITE ens indica que en superfícies on l'acumulador és  $<$  de  $2 \text{ m}^2$  el gruix de l'aïllament és de 30 mm, i en superfícies on l'acumulador és  $>$  de  $2 \text{ m}^2$  el gruix de l'aïllament és de 50 mm. Els diferents tipus d'aïllaments utilitzats són: l'espuma tova, l'espuma rígida, EPP i el EPS (poliexpan), aquests aïllants normalment estan recoberts d'una funda per tal d'incrementar la seva durabilitat. Els requisits d'aïllament que tenen de tenir els dipòsits d'acumulació són els següents:

- Conductivitat tèrmica del material:  $\lambda < 0.035 \text{ W/mK}$
- Gruix lateral i inferior aconsellable:  $\leq 100 \text{ mm}$
- Gruix superior aconsellable:  $\leq 150 \text{ mm}$
- $K \cdot A$  de l'acumulador  $< 2 \text{ W/K}$

$$- K = \lambda / D \text{ (W/m}^2 \text{ K)}$$

$$- A = \text{àrea exterior de l'acumulador}$$

Tal com he mencionat anteriorment en aquest mateix apartat sobre el subsistema d'acumulació i emmagatzematge, el fenomen de l'**estratificació** de temperatures és molt important per tal de que la instal·lació tingui un bon funcionament. Els dipòsits d'acumulació sempre tenen d'estar disposats verticalment (*figura 41*, esquerra) per tal d'afavorir la estratificació del fluid (l'aigua calenta puja a les parts més altes de l'acumulador, ja que és menys densa que l'aigua calenta); si no és així (dipòsit horitzontal) la diferència de temperatures entre la part superior i inferior de l'acumulador serà molt petita. Aquest fenomen es pot veure amb més detall en la següent (*figura 41*, dreta).



**Figura 41:** Nivell d'estratificació en acumuladors verticals i horitzontals

Tal com podem observar en l'anterior imatge es pot corroborar la gran importància que té instal·lar el sistema d'acumulació verticalment, ja que la diferència de temperatures en l'acumulador de la dreta és mínima i per tant no ens convindria gens.

Per tant l'entrada d'aigua gelada en els acumuladors es realitzarà per la part inferior del dipòsit, on s'utilitzarà un deflector per tal d'evitar l'estratificació, i la sortida d'aigua calenta es realitzarà per la part superior del dipòsit.

Un dels problemes en que ens podem trobar en els sistemes d'acumulació i emmagatzematge és l'aparició de legionela. La legionela es tracta d'un bacteri que sovint apareix en aigües estancades i que si s'ingereix pot arribar a ocasionar complicacions pulmonars, dificultats en la respiració i en ocasions diarrea. Per aquest fet els acumuladors solars necessiten un sistema de protecció contra la legionela, aquest sistema segons el RD 865/2003 no s'aplica en habitatges unifamiliars ja que el volum d'acumulació d'ACS no és molt elevat, però sí que s'aplica en edificis amb una única propietat i de grans dimensions (hotels, blocs de pisos, albergs...). Això es realitza fixant 60°C com la temperatura mínima de consigna per a l'acumulador del sistema auxiliar (el dipòsit final si tenim dos acumuladors) i realitzant periòdicament un tractament tèrmic a 70°C a l'acumulador del sistema auxiliar per tal d'eliminar la legionela.

Des del punt de vista bacteriològic, tan el descens de la temperatura com l'augment de la capacitat de l'acumulador ens suposen inconvenients; les temperatures reduïdes tendeixen a que la desinfecció tèrmica no es produeixi i com més capacitat tingui l'acumulador l'aigua si estarà més temps i el nombre de gèrmens anirà augmentant. Per tant és molt important que en els subsistemes d'acumulació i emmagatzematge que a més a més de realitzar-se el pertinent control de temperatura i tractament tèrmic en temperatures superiors als 60°C es realitzi periòdicament una neteja que afavorirà però en cap cas eliminarà totalment els bacteris i la legionela que s'hi hagi pogut acumular.

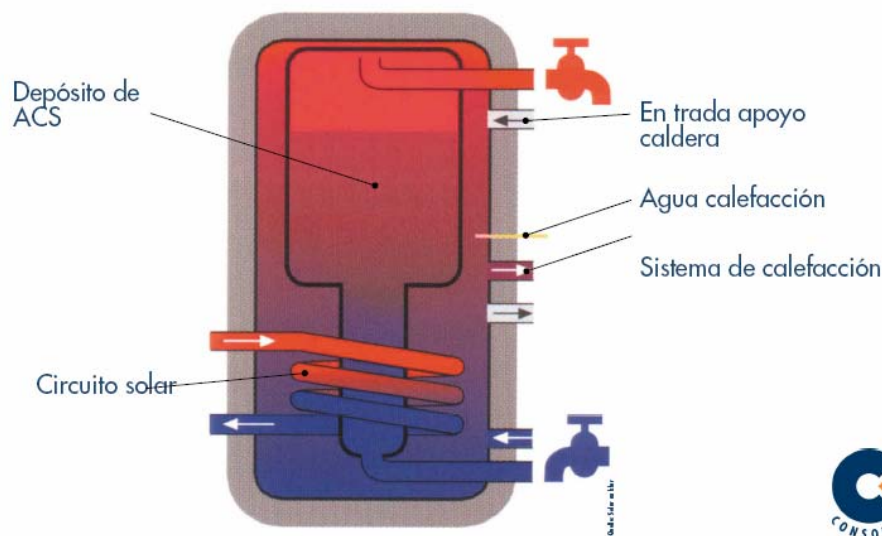
En el cas que utilitzéssim volums d'acumulació elevats tindriem una temperatura d'acumulació més baixa, la qual cosa ens repercutiria de dos formes diferents: en primer lloc obtindriem un lleuger augment del rendiment dels captadors solars, però en contra tindriem que utilitzar més el sistema auxiliar per tal d'obtenir la temperatura de consum.

A l'hora de dissenyar el volum del subsistema d'acumulació i emmagatzematge es té de considerar un volum igual a 1,5 o 2 cops el consum diari d'una persona per tal de no quedar-nos curts en el dimensionament d'aquest element. El volum d'acumulació en quan a les persones és aproximadament d'uns 80 – 100 litres/persona, i el volum d'acumulació en superfícies és de 60 – 80 l/m<sup>2</sup>.

En quant a aquests anteriors valors, els més baixos els utilitzaríem en les instal·lacions que es realitzessin en indrets on hi ha menys radiació solar o bé en instal·lacions amb necessitat de temperatures d'ACS elevades. El fet de perquè s'agafa el valor més petit, és per què en els llocs on hi ha menys radiació solar, els volums d'aigua que podrà escalfar el sistema solar tèrmic seran més que en zones on hi ha més radiació solar.

En canvi els valor més alts, els utilitzaríem en les instal·lacions que es realitzessin en indrets on hi ha molta més radiació solar o bé en instal·lacions amb necessitats d'ACS a baixa temperatura. En aquest cas s'agafen els valors més alts perquè en els llocs amb més radiació solar, els captadors solars sí que tindran la suficient radiació per tal d'escalfar l'aigua dels dipòsits d'acumulació. Els volums d'acumulació instal·lats en habitatges unifamiliars i plurifamiliars oscil·len entre els 150 i els 500 litres.

Tot seguit en la *figura 42* podem observar un sistema d'acumulació d'ACS amb serpenti.



**Figura 42:** Sistema d'acumulació d'ACS

En l'anterior imatge es poden apreciar els diversos conceptes tractats en aquest subsistema d'acumulació i emmagatzematge. L'aigua freda de la xarxa entra per la part inferior de l'acumulador, on el serpenti amb el fluid termòfor procedent dels captadors escalfa l'aigua del dipòsit i fa que l'aigua calenta (menys densa que la freda) pugui i surti per la part superior del dipòsit d'ACS. En la part superior dreta de la imatge també es pot veure l'entrada de la canonada procedent del sistema auxiliar.

#### 2.3.3.5.4 Subsistema Auxiliar

El subsistema d'energia auxiliar és un element imprescindible en totes les instal·lacions solars tèrmiques si no es volen sofrir restriccions energètiques en aquells períodes de temps en els quals no hi ha suficient radiació solar per tal d'escalfar l'aigua o el consum és superior al previst. Per tal de prevenir aquest tipus de situacions, quasi la totalitat de sistemes d'energia solar tèrmica disposen d'un sistema auxiliar basat en les energies "convencionals". Les fonts d'energia auxiliar són variables, encara que en general és recomanable que es trobin vinculades a un sistema de control. Alguns tipus de sistemes auxiliars són els següents:

- Elèctrics: S'utilitzen generalment en instal·lacions petites, i l'energia tèrmica es subministra al fluid mitjançant una resistència elèctrica.
- Calderes de gas o gas-oil: Aquest tipus de sistema auxiliar, segons el disseny de la instal·lació poden provenir de les instal·lacions preexistents (modificades adequadament) o bé es poden instal·lar simultàniament amb la instal·lació solar tèrmica. En tots els casos, i depenen de les demandes a satisfer (puntuals, estacionals...) és possible utilitzar sistemes d'escalfament instantani o sistemes proveïts d'acumuladors independents i altres acumuladors intermitjos.

En qualsevol cas, sempre serà necessari que existeixi un mecanisme de control adequat que gestioni correctament la instal·lació, per tal de reduir al màxim l'entrada en funcionament del sistema energètic auxiliar i per tant disminuir les despeses

energètiques que ens suposaran un cost econòmic. Disposar de sistemes auxiliars amb regulació modulants, en front del tot o res, afavorirà positivament el rendiment de la instal·lació i reduirà el nivell de despeses.

Una de les principals característiques que té de tenir el sistema auxiliar de qualsevol instal·lació solar tèrmica és que té d'estar dimensionat com si el sistema solar no existís, ja que la funció principal del sistema auxiliar serà la de cobrir els pics de demanda, inclòs en moments en els que l'aportació del sistema solar sigui insuficient. Algun exemple del perquè es dissenyen d'aquesta forma podrien ser: quan hi hagin situacions de falta de radiació solar durant molts de dies (temps ennuvolat) el sistema solar no ens podrà aportar la suficient energia per cobrir les nostres necessitats i per tant el sistema auxiliar es posarà a treballar per tal de resoldre aquesta mancança energètica.

Les principals característiques que té de presentar un sistema auxiliar d'energia solar tèrmica són les següents:

- La connexió del sistema auxiliar, menys alguns casos que s'indicaran a continuació, sempre es realitzarà en sèrie amb l'acumulador solar.
- Es permetrà la connexió del sistema d'energia auxiliar en paral·lel amb la instal·lació solar quan es compleixin els següents requisits:
  - El sistema d'energia auxiliar sigui del tipus en línia, i aquest tindrà d'estar constituït per un o varis escalfadors instantanis no modulants o no sigui possible regular la temperatura de sortida de l'aigua.
  - Existeixi una preinstal·lació solar que impedeixi o dificulti la connexió en sèrie.
  - Quan el recorregut de canonades d'aigua calenta des de l'acumulador solar fins el punt de consum més llunyà sigui superior a 15 metres lineals a través del sistema auxiliar.
- En tots aquests casos, la commutació de sistemes serà fàcilment accessible i serà obligatori disposar d'un indicador de la temperatura de l'acumulador solar fàcilment visible i accessible per l'usuari.
- En el cas de suport individual amb caldera de gas, aquesta tindrà d'estar preparada per treballar amb aigua solar (preescalfada).
- A nivell de muntatge, regulació i evacuació de possibles fums i seguretat del sistema es seguiran les normes vigents establertes en quan aquests temes.
- En cas de risc de que la temperatura en els punts de consum pugui superar els 60°C, es tindrà de muntar una vàlvula termostàtica.
- En el sistema auxiliar existirà un conjunt adequat de vàlvules per tal de poder anul·lar el sistema solar tèrmic i permetre donar el servei mitjançant el sistema auxiliar.
- En cas de que s'utilitzi un sistema de suport centralitzat haurà d'existir una connexió per tal de facilitar el tractament contra la legionela

En el possible cas de que disposéssim d'una caldera de gas com a sistema de suport auxiliar tindrem de satisfer les següents especificacions:

- Les calderes tindran de poder ajustar la potència tèrmica a un valor de consigna, segons l'aigua preescalfada solar.
- El sistema de control tindrà de donar prioritat a l'aprofitament d'energia solar en front al consum de gas natural.

- L'entrada d'aigua serà amb materials resistent a la temperatura d'aigua preescalfada del sistema solar.
- La temperatura de sortida no podrà ser superior al rang de mescla d'aigua de la vàlvula termostàtica.

En la següent imatge *figura 43* podem observar un sistema de suport auxiliar mitjançant una caldera de gas (color verd), darrera de la caldera es troba l'acumulador solar i a l'esquerra part del sistema hidràulic.



**Figura 43:** Sistema auxiliar amb caldera de gas

#### 2.3.3.5.5 Subsistema de control i regulació

El sistema de control i de regulació s'encarrega d'assegurar el correcte funcionament de tot el conjunt de la instal·lació solar tèrmica, per tal de proporcionar un servei adequat i aprofitar la màxima energia solar tèrmica possible. En els casos més senzills els sistemes de control tenen dos funcions bàsiques:

- Comparar les temperatures de la part alta dels captadors (sortida d'aigua calenta) i de la part inferior de l'acumulador i si és suficient es posa en marxa l'aigua per tal de que circuli el fluid termòfor per escalfar l'aigua de l'acumulador, si no és així la bomba de circulació s'apaga.
- El sistema de control i de regulació també protegeix el dipòsit d'acumulació de sobretemperatures parant la bomba de circulació quan s'aconsegueix en la part alta de l'acumulador la temperatura màxima prefixada.

En sistemes de control més sofisticats es regula l'arrencada de la bomba de circulació en funció del nivell de radiació solar i es regula la velocitat de circulació de la bomba per tal de mantenir un salt de temperatura constant entre la sortida del captador solar i l'acumulador, i així afavorir l'estratificació tèrmica a l'acumulador solar i per tant augmentar el rendiment de la instal·lació solar. En conclusió, en els sistemes solars tèrmics es tenen d'instal·lar un conjunt de sistemes d'instrumentació amb 3 objectius: regulació i control, seguiment energètic i posada en marxa, inspecció i manteniment.

Les diferents característiques que tenen de seguir els sistemes de control i regulació per tal de que el funcionament de la instal·lació solar tèrmica sigui la correcta són els següents:

- El sistema de control tindrà de donar prioritat a l'aprofitament solar davant de l'energia auxiliar del sistema de suport.
- El sistema de control assegurarà que en cap cas s'arribin a temperatures superiors a les màximes suportades pels materials, components i tractaments dels circuits.
- El sistema de control disposarà, com a mínim, de dos sortides tipus relè lliures de tensió, que es podran programar per a la generació d'un estat d'alarma.
- El sistema de control tindrà de permetre activar les diferents bombes del circuit coma mínim manualment, a través dels selectores.
- La maniobra d'actuació i la protecció elèctrica estarà centralitzada en un armari elèctric central.
- El sistema de control assegurarà el correcte funcionament de les instal·lacions, procurant obtenir un bon aprofitament de l'energia solar captada.
- El sistema de control actuarà i estarà ajustat de forma que les bombes no estiguin en marxa quan la diferència de temperatures sigui menor de 2°C i no estiguin parades quan la diferència sigui major de 7°C.
- El control de funcionament normal de les bombes serà sempre del tipus diferencial, actuant en funció del salt de temperatura entre la sortida de la bateria de col·lectors i el dipòsit d'acumulació solar.
- El sistema de control assegurarà que en les instal·lacions per ACS en cap cas s'arribin a temperatures superiors a 45°C en els punts de consum recomanant-se l'ús de vàlvules mescladores.
- Quan la protecció contra les gelades es realitzi per engegada de la bomba o buidat automàtic del circuit primari, el sistema de control assegurarà que en cap punt del sistema la temperatura del fluid termòfor descendeixi per sota d'una temperatura de tres graus superior a la congelació del fluid.
- La ubicació de les sondes de control es tindrà de realitzar de forma que es detectin exactament les temperatures que es desitgen, instal·lant els sensors a l'interior de les beines i evitant les canonades separades de la sortida dels captadors i les zones d'estancament en els acumuladors.
- Preferentment les sondes seran d'immersió i es tindrà especial cura en assegurar una adequada unió entre les sondes de contacte i la superfície metàl·lica.

Dintre del subsistema de control i regulació de les instal·lacions solars tèrmiques hi té d'haver un sistema de monitoratge que s'encarregarà de realitzar la mesura dels paràmetres funcionals necessaris per tal d'avaluar les prestacions de la instal·lació.

El sistema de monitoratge realitzarà l'adquisició de dades, almenys, amb la següent seqüència:

- Presa de mesures o estats de funcionament cada minut.
- Càlcul de mesures de valors i registre cada 10 minuts.

Les variables analògiques que, com a mínim, tenen de ser mesurades pel sistema de monitoratge són les següents:

- Temperatura d'entrada d'aigua freda.
- Temperatura de subministrament d'aigua calent solar.
- Temperatura de subministrament d'ACS a consum.
- Cabal d'aigua de consum.

El sistema de monitoratge registrarà, amb la mateixa seqüència, l'estat de funcionament de les bombes de circulació del primari i secundari, l'actuació de les limitacions per màxima o mínima pressió i el funcionament del sistema d'energia auxiliar.

Opcionalment, el sistema de monitoratge d'una instal·lació solar tèrmica podrà mesurar les següents variables:

- Temperatura d'entrada als captadors.
- Temperatura de sortida dels captadors.
- Temperatura d'entrada al circuit secundari.
- Temperatura de sortida del circuit secundari.
- Radiació global sobre el pla dels captadors.
- Temperatura ambient exterior.
- Pressió de l'aigua en el circuit primari.
- Temperatura freda de l'acumulador.
- Temperatura calenta de l'acumulador.
- Temperatura de sortida de varis grups de captadors.

El tractament de les dades mesurades ens proporcionarà, almenys, els següents resultats:

- Volum de consum diari.
- Temperatura mitja de subministrament d'ACS a consum.
- Temperatura mitja de subministrament d'aigua calent solar.
- Demanda d'energia tèrmica diària.
- Energia solar tèrmica aportada.
- Energia auxiliar consumida.
- Fracció solar mesurada.
- Consums propis de la instal·lació (bombes, controls...)

Amb les dades registrades es procedirà a l'anàlisi de resultats i avaluació de les prestacions diàries de la instal·lació. Aquestes dades quedaran arxivades en un registre històric de prestacions.

En conclusió, en les instal·lacions solars tèrmiques sempre serà necessari que existeixi un mecanisme de control adequat que gestioni correctament la instal·lació, amb la finalitat de reduir al màxim l'entrada en funcionament del sistema de suport auxiliar. Aquest sistema de control estarà basat en un conjunt de sondes i vàlvules automàtiques, que en funció de la temperatura del sistema d'emmagatzematge solar, d'un acumulador auxiliar (si ni hagués) i de la temperatura d'ús activaran el sistema auxiliar o no i en diferent grau en el cas dels sistemes auxiliars modulants.

### 2.3.3.6 *Recomanacions i posta en marxa d'una instal·lació solar tèrmica*

Un cop ja es coneixen els diversos tipus d'elements que configuren una instal·lació solar tèrmica és el moment de conèixer les diverses recomanacions que es tenen de seguir a l'hora de fer la posta en marxa d'una instal·lació solar tèrmica, aquestes recomanacions es detallen a continuació:

- El muntatge de la instal·lació solar tèrmica el realitzarà un tècnic autoritzat que assumirà la responsabilitat de la instal·lació, així com la posada en marxa d'aquesta.
- La instal·lació solar tèrmica es construirà en la seva totalitat utilitzant materials i procediments d'execució que garanteixin les exigències del servei, durabilitat, salubritat i manteniment.
- Es tindran de seguir atentament totes les instruccions especificades en el projecte tècnic.
- La recepció dels materials es realitzarà comprovant el compliment de les especificacions del projecte.
- Es tindran en compte les especificacions donades pels fabricants en cadascun dels components.
- A efectes de les especificacions de muntatge de la instal·lació solar tèrmica, aquestes es complementaran amb l'aplicació de les reglamentacions vigents tinguin competència en cada cas.
- És responsabilitat del subministrador comprovar que l'edifici on es realitzarà la instal·lació reuneixi les condicions necessàries per tal de suportar la instal·lació, tot indicant-ho a la documentació.
- És responsabilitat del subministrador comprovar la qualitat dels materials i aigua utilitzats, tot ajustant-se a les normatives establertes i evitant l'ús de materials incompatibles entre sí.
- La alineació de les conduccions en unions i canvis de direcció es realitzarà amb els corresponents accessoris, centrant els eixos de les canalitzacions amb els de les peces especials sense tenir que recórrer a forçar la canalització.
- Tots els dispositius aniran marcats amb la placa de característiques que es trobarà en un lloc visible i fixat de manera que sigui impossible la seva pèrdua.
- Abans de qualsevol muntatge es tindrà de comprovar que les canonades no estan trencades, fisurades, doblegades, oxidades o fetes mal bé d'alguna manera. Aquestes s'emmagatzemaran en indrets on estiguin protegides contra els agents atmosfèrics i en la seva manipulació s'evitaran els cops, que podrien danyar la resistència mecànica, les superfícies calibrades de les extremitats o les proteccions anti-corrossió.
- Les canonades no s'instal·laran mai per damunt d'equips elèctrics, com els quadres o els motors.
- Un cop s'hagi acabat el muntatge, durant el temps previ a l'arrancada de la instal·lació, si es preveu que aquesta es pugui retardar, el subministrador procedirà a tapar els captadors solars.
- L'omplerta del circuit de captació es realitzarà a través de la toma d'aigua de la xarxa de distribució.

- La neteja del circuit hidràulic es realitzarà de la següent forma:
  - Omplerta del circuit amb solució d'aigua, detergents i dispersants orgànics.
  - Posta en marxa de les bombes durant 2 hores.
  - Posteriorment es buidarà del circuit.
- Les proves hidrostàtiques que es realitzaran al circuit seran:
  - Es tindran de realitzar abans de que es col·loqui l'aïllament.
  - Es faran proves amb aigua gelada.
  - La pressió de la prova serà igual a 1,5 cops el valor de treball (mínim 6 bar).
  - Posta en marxa de bombes i neteja de filtres.
  - Es repetirà la prova amb temperatura d'utilització.
- Les proves de lliure dilatació que es realitzaran al circuit seran:
  - Es deixarà refredar el circuit, tot observant l'existència de dilatacions excessives.
  - Es verificarà que el sistema d'expansió hagi funcionat.
  - No es realitzarà cap regulació en funcionament.
  - S'incrementarà la temperatura fins el valor de tara.
- La verificació dels components de regulació serà la següent:
  - Es verificarà el correcte funcionament de les sondes de temperatura.
  - Es verificaran els enclavaments presòstats dels sistemes de seguretat i bombeig.
  - Es verificarà el funcionament de les bombes i el seu sentit de gir en cas que s'alimentin en sistemes trifàsics.
- Un cop estigui finalitzada la instal·lació es tindran de netejar perfectament tots els equips, quadres elèctrics, instruments de mesura...; de qualsevol tipus de brutícia que pugui afectar al funcionament normal de la instal·lació.
- La posta en marxa de la instal·lació es realitzarà de la següent forma:
  - Omplerta del circuit de captació amb anticongelant.
  - Ajust dels cabals dels circuits a través de les vàlvules pertinents.
  - Verificació de les pressions en l'aspiració i la sortida de les bombes.
  - Ajust del guardamotor de les bombes en cas que s'alimentin en un sistema trifàssic.
  - Verificació dels enllaços de control.
  - Ajusts dels valors de consigna.
  - Ajust de les consignes de les vàlvules termostàtiques.
  - Verificació de la seqüència d'engegada del sistema en un dia assolellat.

Aquestes són les recomanacions que es tindrien de seguir a l'hora de muntar i posar en marxa una instal·lació solar tèrmica per tal de que no hi hagi cap problema.

### 2.3.3.7 Aspectes econòmics de l'energia solar tèrmica

Durant els últims anys les instal·lacions d'energia solar tèrmica no han experimentat una alteració substancial de preus, ni és previsible que ho facin en els pròxims anys. Les possibles rebaixes en aquest tipus d'instal·lacions poden venir motivades per les millores en els processos de fabricació dels captadors solars, o per una disminució dels preus de venda al públic com a conseqüència del creixement del mercat.

El cost d'implantació de l'energia solar tèrmica es variable en funció de múltiples factors, com poden ser el tipus d'aplicació (piscines, ACS, calefacció, refrigeració...), la mida de la instal·lació, la tecnologia utilitzada (captadors plans o de tub de buit), o si la instal·lació es realitza juntament amb la construcció de l'edifici o es tracta d'un habitatge ja edificat. Tots aquests factors influeixen en el cost final de la instal·lació.

Amb l'objectiu de tenir un valor de referència, aquest apartat es centra en el cost de l'energia solar de baixa temperatura per al subministrament d'ACS: l'aplicació més estesa en tot el món i la que compta amb un major potencial a curt termini.

A continuació es plantegen algunes de les preguntes que es solen fer aquelles persones que estan pensant en instal·lar un sistema d'energia solar al seu habitatge o en un àmbit més industrial.

#### ➤ *És rentable l'energia solar?*

L'energia que s'utilitza en aquests tipus d'instal·lacions prové del sol, per tant, el que suposa un cost considerable és el fet d'adquirir i realitzar el muntatge de la instal·lació per a la producció d'ACS en un alberg. No obstant, aquesta inversió es compensarà fàcilment en uns pocs anys, ja que el fet de substituir un energia convencional per una altra de molt més econòmica ens suposarà uns estalvis energètics considerables. Des del mateix moment en que posarem en funcionament la nostra instal·lació solar, la factura del gas o l'electricitat destinada a la producció d'ACS es reduirà. Aquest fet es tradueix en estalvis mitjos d'entre uns 75 a 150 € a l'any en una economia familiar, en funció del combustible que es substitueixi.

Una altra de les avantatges que presenta la utilització de l'energia solar, és que aquesta ens ajudarà a disminuir la nostra dependència energètica de l'exterior que, al fi i al cap, és un bon mètode per garantir el subministrament d'energia amb total autonomia. A més a més, tenim de tenir en compte que aquesta font d'energia no està subjecta a fluctuacions de mercat i que els preus no oscil·len en relació al cost de la vida, o a qualsevol altra circumstància.

Per totes aquestes raons, avui en dia podem afirmar que una instal·lació solar tèrmica compta amb grans avantatges davant d'altres sistemes d'abastament i és plenament rentable en termes econòmics. I, per si encara fos poc, també tenim d'afegir que els usuaris de les instal·lacions solars tèrmiques poden accedir a unes bones condicions de finançament i a ajudes a fons perdut de les diferents administracions.

➤ ***Quan costa una instal·lació solar?***

El preu de les instal·lacions solar tèrmiques varia segons el tipus d'instal·lació (individual o col·lectiva). En general, el preu mitjà d'una instal·lació de placa plana oscil·la entre els 600 i 800 € / m<sup>2</sup>; aquest preu disminueix a mesura que la instal·lació solar tingui més metre quadrats de superfície captadora, o bé es tracti d'un habitatge nou on la seva incorporació ja vindrà integrada en el disseny del projecte.

El mida d'una instal·lació dependrà de la demanda d'ACS i de la zona geogràfica en la qual es realitzi la instal·lació. Per exemple, podríem dir que un habitatge familiar necessitarà entre 2 i 4 m<sup>2</sup> de superfície de captació solar, mentre que una comunitat de veïns tindrà d'instal·lar entre 1,5 i 3 m<sup>2</sup> de superfície captadora per família per a configuracions de sistemes centralitzats.

No obstant, a l'hora de tirar endavant un projecte d'energia solar tèrmica és precís realitzar un estudi previ de la demanda energètica de l'alberg per tal de dimensionar el sistema solar que millor s'adapti a les necessitats de l'edifici en tot moment.

Tenint en compte totes aquestes variables, podem assegurar que amb els programes d'ajudes existents en les diferents administracions, una instal·lació d'energia solar tèrmica per ACS ve a costar aproximadament uns 1.200 € per habitatge, un valor pròxim a alguns tipus d'electrodomèstics que utilitzem en les nostres llars. Per tant el fet d'instal·lar un sistema solar tèrmic d'energia per produir ACS ens suposarà un estalvi al llarg del temps, i a més a més ajudarem a preservar la naturalesa i l'entorn tot reduint les emissions de CO<sub>2</sub> a l'atmosfera.

### 2.3.4 L'energia solar fotovoltaica

L'energia solar fotovoltaica és aquella que aprofita la radiació solar mitjançant un conjunt de mòduls fotovoltaics per tal d'aconseguir energia elèctrica, sense realitzar cap pas energètic intermedi. Com la resta d'energies renovables, l'energia solar fotovoltaica es caracteritza per presentar un impacte ambiental molt limitat i també per ser una font inesgotable d'energia a escala humana. La conversió de l'energia lluminosa del Sol en energia elèctrica es produeix directament de forma quotidiana i sense que sigui necessària la intervenció de l'home en aquest procés.

Una breu explicació més detallada podria ser la següent: Els panells fotovoltaics reben la radiació solar, llavors una sèrie de materials d'excel·lents propietats semiconductoras (generalment silici), mitjançant l'anomenat efecte fotovoltaic (es genera un flux d'electrons a l'interior del material que crea una diferència de potencial) transmeten l'energia rebuda a un tipus d'armari de corrent continua i posteriorment als inversors, que són els elements encarregats de transformar la corrent continua en alterna, un cop tenim aquesta corrent alterna podem emmagatzemar aquesta energia en bateries o bé vendre-la a la xarxa de distribució.

L'energia solar fotovoltaica, generalment es divideix en dos tipus d'aplicacions, les aplicacions connectades a la xarxa de distribució (les empreses elèctriques tenen el deure de comprar i pagar aquest tipus d'energia) i les aplicacions aïllades de la xarxa de distribució elèctrica que normalment es solen utilitzar en els diferents contextos: aplicacions agrícoles, electrificació domèstica i serveis; i senyalització, comunicació i aplicacions específiques.

La producció d'energia elèctrica directament mitjançant l'efecte fotovoltaic presenta avui dia uns grans avantatges energètics, industrials, mediambientals, socials, etc. Entre aquests, la implantació d'energia solar fotovoltaica tan amplia com sigui possible contribuirà a impulsar un futur desenvolupament tecnològic, que condueixi a aquest procediment de generació elèctrica a mitjans cada cop més competitius davant d'altres procediments de generació.

Tal com es podrà constatar més endavant, l'energia solar fotovoltaica a Espanya es troba, avui dia, en molt bones condicions per tal d'emprendre un fort desenvolupament. El marc administratiu, el sector empresarial, el grau de coneixement i interès dels inversors potencials i les noves mesures previstes a l'actual Pla d'Energies Renovables (PER) d'Espanya faran possible que Espanya es col·loqui entre els països líders d'energia solar fotovoltaica en tots els seus aspectes.

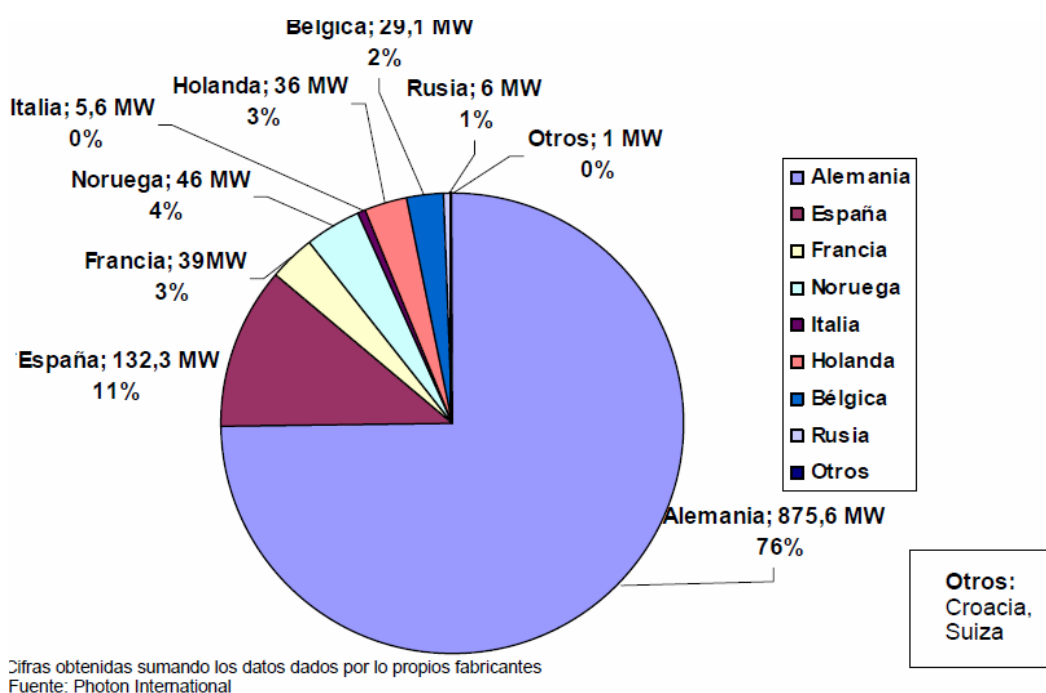
#### 2.3.4.1 L'energia solar fotovoltaica a Europa

L'objectiu general dels organismes encarregats de les energies renovables a la Unió Europea és aconseguir una aportació de les fonts d'energia renovables en un percentatge del 12% de l'energia primària demandada a la Unió Europea l'any 2010. L'objectiu per a l'energia solar fotovoltaica és el d'arribar a 3.000 MW l'any 2010. Aquest fet significa multiplicar per 100 la potència fotovoltaica instal·lada l'any 1995. A més a més com a actuació clau per poder arribar a aquestes pretensions es proposa que s'instal·lin aproximadament un milió de sistemes fotovoltaics a la Unió Europea.

La potència instal·lada a la Unió Europea es va multiplicar per 4,5 en el període entre 1993 – 2003, passant dels 127 MW<sub>p</sub> als 573 MW<sub>p</sub> l'any 2003; fet que va comportar un important augment de l'ús d'aquest tipus d'energia renovable. Aquest canvi de dimensió del mercat va tenir com a protagonista indiscutible a Alemanya, que tenia una potència instal·lada l'any 2003 de 410 MW<sub>p</sub>; el que suposava més del 70% del total de la potència instal·lada a la zona europea i que avui dia segueix tenint, sens cap dubte, el mercat més actiu. La mida del mercat alemany es va multiplicar per 10, passant dels 12 MW<sub>p</sub> anuals l'any 1999 als 130 MW<sub>p</sub> i 20.000 nous sistemes instal·lats l'any 2003. A més a més d'Alemanya, destaquen països com Espanya, França i Holanda, però això sí, amb potències molt inferiors a les d'Alemanya.

Pel que fa a la producció europea de cèl·lules fotovoltaïques l'any 2007, aquesta va ser d'una potència de 1.170,6 MW<sub>p</sub>, aquesta potència va augmentar considerablement respecte l'any anterior, quan es van fabricar uns 715,1 MW<sub>p</sub>.

En la següent figura 44 podem observar el gràfic de producció europea de cèl·lules fotovoltaïques per països.



**Figura 44:** Producció europea de cèl·lules fotovoltaïques

Tal com es pot observar en l'anterior gràfic sobre la producció europea de cèl·lules fotovoltaïques, Alemanya és la gran dominadora d'aquest sector, ja que la seva producció representa tres quartes parts del mercat Europeu. El principal seguidor d'Alemanya en aquest sector és Espanya amb un 11% de pes en aquest tipus de tecnologia. D'altres països productors, però amb molt poca quota de mercat són: Noruega, França i Holanda.

El mercat fotovoltaic espanyol en aquests moments és un dels mercats més interessants de la Unió Europea. Les principals barreres que limitaven el desenvolupament de les aplicacions fotovoltaïques connectades a la xarxa de distribució a Espanya estan sent eliminades pas a pas, fet que es tradueix amb un creixement

continuat d'aquest sector, que en aquests moments pot suposar un canvi d'escala en la dimensió del mercat.

Actualment es donen unes condicions favorables per tal de que es produeixi aquest fort creixement (un marc legislatiu adequat, tarifes de cobrament d'energia que fan atractiva la inversió, finançament fàcil dels projectes, ajudes a fons perdut i incentius fiscals) encara que es tindran d'anar adaptant segons l'evolució del mercat tant particular com global.

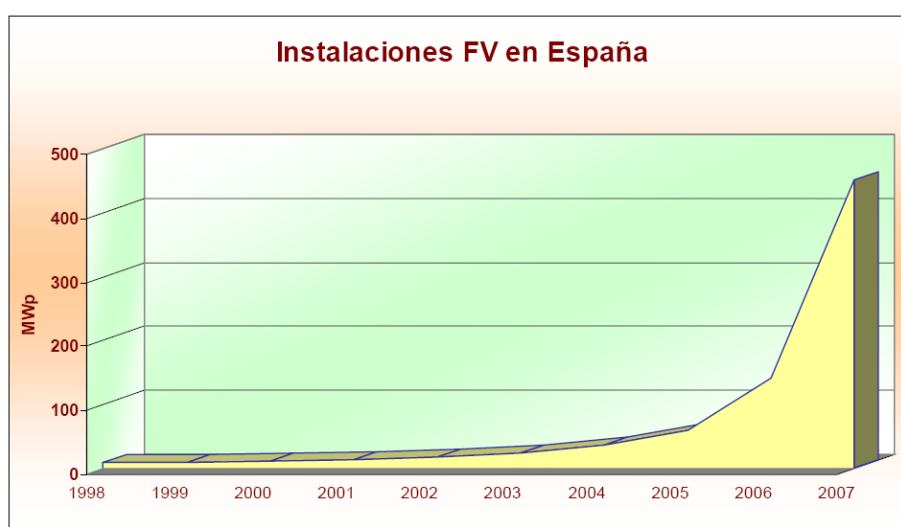
### 2.3.4.2 L'energia solar fotovoltaica a Espanya

Tal com s'ha esmentat anteriorment el mercat fotovoltaic espanyol en aquests moments és un dels mercats més interessants de la Unió Europea ja que actualment no es posen tantes limitacions en aquest aspecte com en els darrers anys i per tant és més senzilla l'aplicació d'aquest tipus d'energia renovable.

En els darrers anys les previsions que van realitzar en el pla de foment espanyol per a l'àrea solar fotovoltaica, a més a més del potencial disponible a Espanya, es va tenir en compte els antecedents tant tècnics com d'implicació de les diferents comunitats autònomes en la promoció d'aquesta àrea, així com les futures tendències en diverses aplicacions.

Partint d'aquests supòsits, es va estimar que l'increment de la potència a instal·lar fins l'any 2010 podria arribar a un total de 135 MW<sub>p</sub> entre instal·lacions aïllades (20 MW<sub>p</sub>) i instal·lacions connectades a la xarxa elèctrica (115 MW<sub>p</sub>). Però aquesta xifra ha estat superada amb escreix, ja que a finals de l'any 2007 la potència instal·lada en instal·lacions fotovoltaïques a Espanya era de més de 400 MW<sub>p</sub>. Aquest important augment, com ja he mencionat, va ser degut a la promoció i la major agilitat i facilitat en temes tècnics de les instal·lacions solar fotovoltaïques.

Tot seguit en la *figura 45* podem veure representat un gràfic que ens mostra l'evolució de la potència instal·lada en instal·lacions fotovoltaïques a Espanya durant els darrers anys.

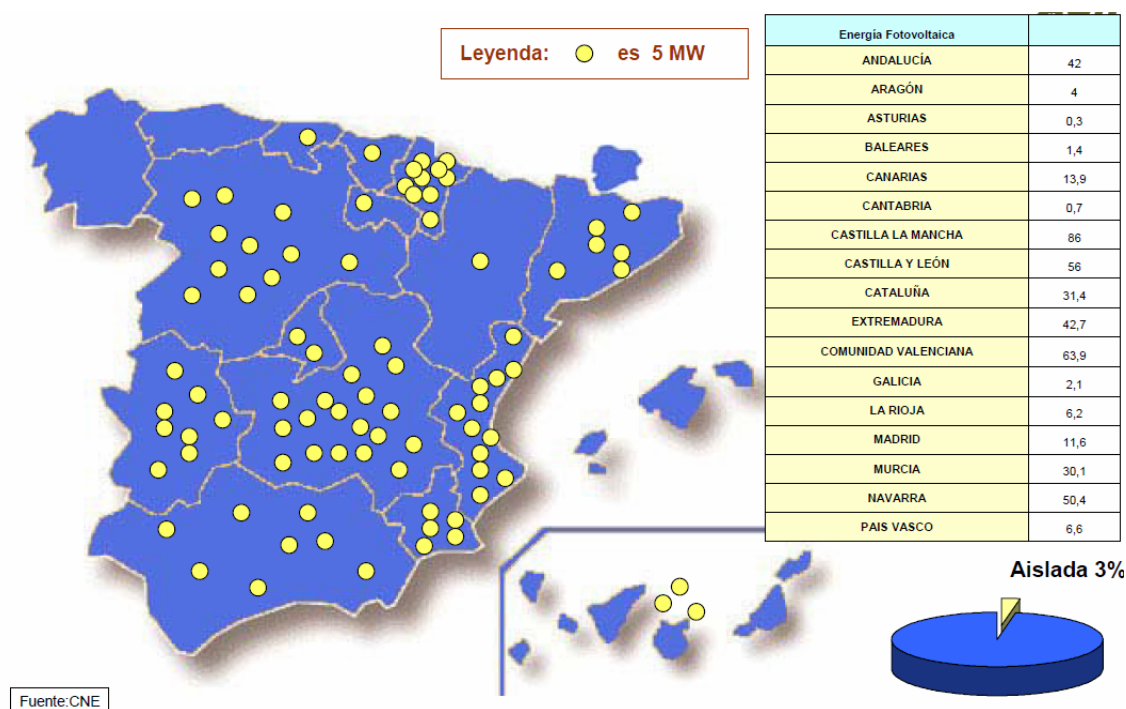


**Figura 45:** Evolució de la potència fotovoltaica instal·lada a Espanya

Tal com hem pogut observar en la darrera imatge, l'evolució de la potència instal·lada en energia fotovoltaica a Espanya va tenir un fort punt d'inflexió l'any 2007, fet que va provocar un gran augment d'aquest tipus d'energia amb aproximadament uns 400 MW<sub>p</sub> instal·lats en aquest any. Pel que fa als anys anteriors, l'increment de la potència instal·lada era bastant petit, fins que va arribar l'any 2005 on a partir d'aquest any va succeir un gran increment de l'energia fotovoltaica instal·lada que es va culminar amb vora els 450 MW<sub>p</sub> de potència instal·lada l'any 2007.

En quan a les diferents comunitats autònomes, a finals de l'any 2007, Castella i la Mancha era la comunitat autònoma espanyola que tenia més potència connectada a la xarxa elèctrica amb 86 MW<sub>p</sub>; seguint-la, es trobaven les comunitats de València (63,9 MW<sub>p</sub>), Castella i Lleó (56 MW<sub>p</sub>), Navarra (50,4 MW<sub>p</sub>), Extremadura (42,7 MW<sub>p</sub>), Andalusia (42 MW<sub>p</sub>) i Catalunya (31,4 MW<sub>p</sub>).

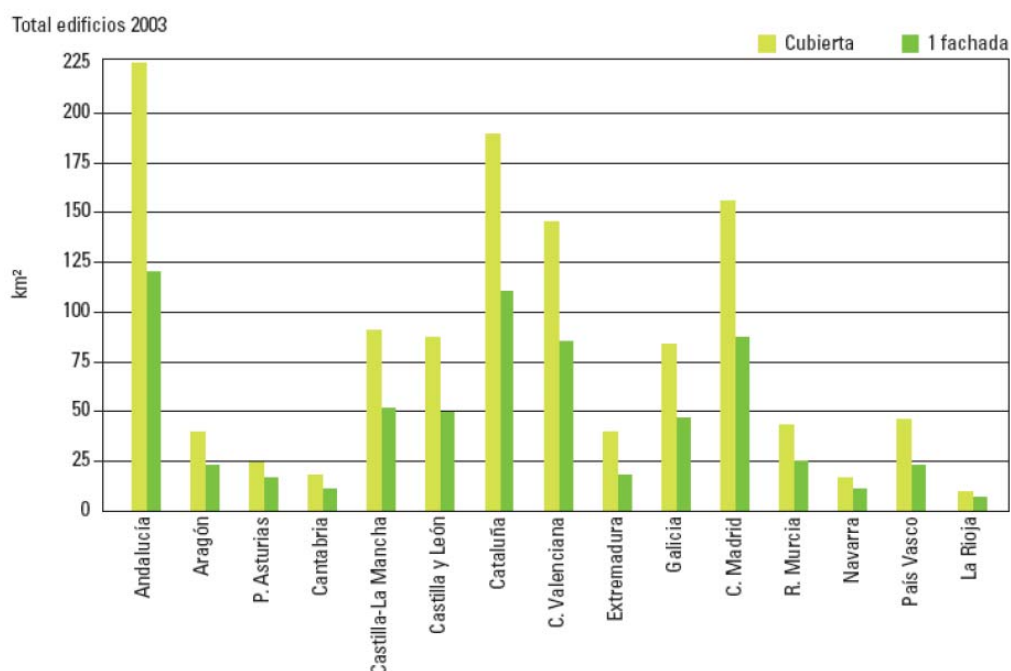
En la següent *figura 46* es mostra la distribució i les dades de la potència connectada a la xarxa elèctrica per comunitats autònòmiques a finals del 2007.



**Figura 46:** Distribució de la potència fotovoltaica per CC. AA.

En la darrera imatge, es pot observar que la gran majoria de la potència instal·lada a Espanya es troba a la zona centre – sud del país (zones on hi ha molta més radiació solar i més hores de sol a l'any), amb grans quantitats d'instal·lacions fotovoltaïques a les comunitats autònomes de Castella i la Mancha, València i Extremadura; a la zona nord però hi ha dues comunitats autònomes (Castella i Lleó i Navarra) que també tenen una gran quantitat de potència instal·lada en el seu territori, aquest fet pot ser degut a que les administracions d'aquestes comunitats donin moltes més facilitats a les empreses i particulars que vulguin instal·lar l'energia solar fotovoltaica en el seu territori. La gran majoria d'aquestes instal·lacions es tracten d'instal·lacions solars fotovoltaïques connectades a la xarxa de distribució elèctrica, ja que tan sols (es pot observar en la part inferior de la *figura 46*) el 3% de la potència instal·lada en instal·lacions solars fotovoltaïques en tot l'estat espanyol és en instal·lacions aïllades.

Pel que fa referència a les instal·lacions fotovoltaïques que es disposen sobre els edificis es pot observar en la *figura 47* un gràfic que ens mostra la superfície de captadors solars per comunitats autònomes que es col·loquen o bé a la coberta dels edificis o bé sobre la fatxada d'aquests.



**Figura 47:** Superfície de captació segons la seva disposició en els edificis

Tal com podem observar en la darrera imatge, la comunitat autònoma que disposa de més superfície en instal·lacions solars fotovoltaïques, bé a la coberta dels edificis o bé sobre la fatxada d'aquests és Andalusia (amb uns 225 km<sup>2</sup> de superfície solar sobre la coberta de l'edifici i uns 120 Km<sup>2</sup> sobre la fatxada d'aquest), la segueixen amb bastant menor superfície les comunitats autonòmiques de Catalunya (uns 185 Km<sup>2</sup> de superfície solar sobre la coberta de l'edifici i uns 110 Km<sup>2</sup> sobre la fatxada d'aquest) i la comunitat de Madrid (on tenen disposta una superfície solar sobre la coberta de l'edifici d'uns 155 Km<sup>2</sup> i uns 85 Km<sup>2</sup> sobre la fatxada d'aquest). Aquests valors poden estar influenciats per les normatives i decrets referents a les energies renovables i en concret a l'energia solar fotovoltaïca de cada comunitat autonòmica, ja que en aquest darrer gràfic referent a la superfície de captació que hi ha en els edificis d'aquestes comunitats hi apareixen comunitats autonòmiques (com Catalunya i Madrid) que no es troben entre les quatre o cinc comunitats que tenen més potència solar fotovoltaïca instal·lada de tot Espanya (veure *figura 46*).

En conclusió, Espanya és un dels mercats mundials més emergents i interessants de tota Europa en quan a l'energia solar fotovoltaïca; això sí, sempre per darrera de la potent Alemanya. Això és degut, en part, al gran recurs solar de que disposa el nostre país, que disposa de condicions molt adequades per aquest tipus d'energia (àrees d'alta irradiància). Tant la producció industrial com la investigació relacionada amb la generació elèctrica fotovoltaïca que es desenvolupa a Espanya ocupa un lloc destacat al panorama mundial, amb importants fabricants de cèl·lules fotovoltaïques com: ATERSA, BP SOLAR o ISOFOTÓN. Per tal d'aconseguir unes elevades prestacions en tot el sistema industrial fotovoltaïc és necessària una intensa i continuada activitat d'investigació i recerca, tant en les pròpies indústries com en els centres d'investigació.

### 2.3.4.3 La cèl·lula solar

La cèl·lula solar és un dispositiu semiconductor capaç de convertir els fotons procedents del Sol (radiació solar), en electricitat d'una forma directa i immediata. Aquesta conversió es coneix amb el nom d'efecte fotovoltaic. Una forma més general de cèl·lula solar, afectada tant pels fotons del Sol com per les altres fonts artificials, com una bombeta, es denomina cèl·lula fotovoltaica. La cèl·lula fotovoltaica està formada per un material semiconductor en el qual s'ha realitzat una unió p-n que dona lloc a un camp elèctric que possibilita aquest efecte fotovoltaic.

Les cèl·lules solars tenen moltes aplicacions. Són particularment interessants, i han estat utilitzats històricament, per produir electricitat en llocs on no arriba la xarxa de distribució elèctrica, tant en zones remotes del planeta com en satèl·lits de comunicació, radiotelèfons, o bombes de succió d'aigua. Ajuntades en panells o mòduls i dispostes, generalment, sobre els terrats i teulades de les cases, mitjançant un inversor (element encarregat de passar de CC a CA), poden injectar l'electricitat generada a la xarxa de distribució per al consum, afavorint la producció global d'energia primària d'un país, de manera neta i sostenible.

#### 2.3.4.3.1 L'efecte fotovoltaic

L'efecte fotovoltaic és la base del procés mitjançant el qual una cèl·lula fotovoltaica converteix la radiació solar en electricitat. La radiació solar, com ja s'ha explicat en anterioritat, està composta per fotons o partícules energètiques. Aquests fotons són de diferents energies, corresponents a les diferents longituds d'ona de l'espectre solar. Quan els fotons incideixen en sobre una cèl·lula fotovoltaica, poden ser reflectits o absorbits, o poden passar a través seu. Únicament els fotons absorbits generen electricitat. Quan un fotó és absorbit, l'energia d'aquest es transfereix a un electró d'un àtom de la cèl·lula. Amb aquesta nova energia, l'electró és capaç d'escapar de la seva posició normal associada amb un àtom per a formar part d'una corrent en un circuit elèctric.

Els materials usats per a les cèl·lules fotovoltaïques són els semiconductors, ja que l'energia que lliga als electrons de valència amb el seu nucli és similar a l'energia dels fotons que constitueixen la llum solar. Al incidir aquesta llum solar sobre el semiconductor (normalment silici), els seus fotons subministraran la quantitat d'energia necessària als electrons de valència per tal de que es trenquin els seus enllaços i es quedin lliures per tal de poder circular pel semiconductor.

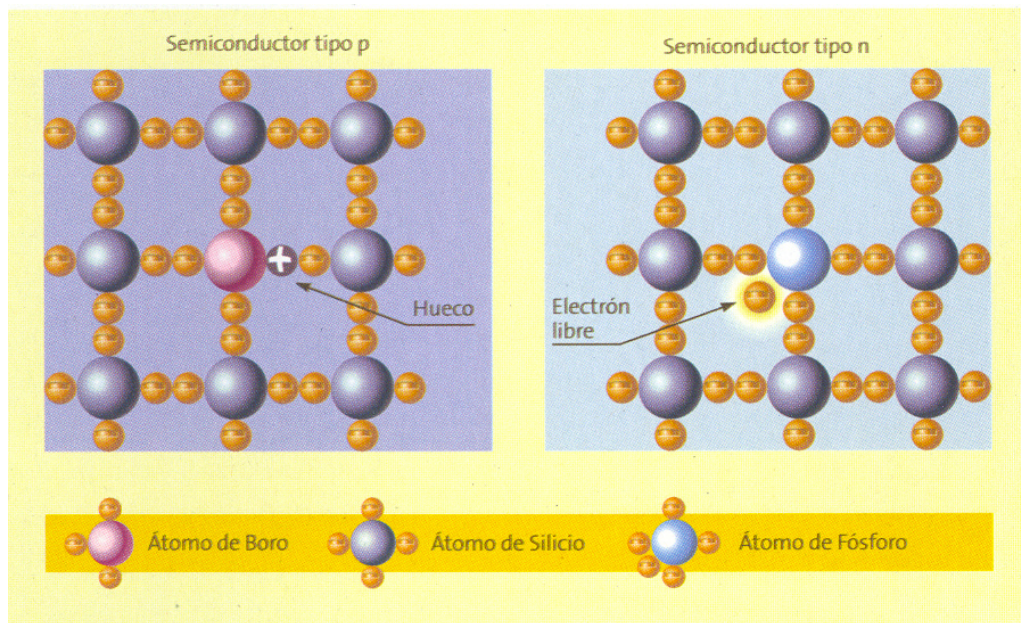
Al lloc deixat per l'absència de l'electró alliberat se li diu forat, i disposa d'una càrrega elèctrica positiva. Aquests forats també es desplacen, ja que l'electró alliberat es susceptible de caure en un forat pròxim, i per tant es produiria un moviment d'aquests forats. El fet de que els electrons ocupin els forats d'altres electrons es denomina recombinació.

Aquests electrons lliures i aquests forats creats en els punts on hi ha llum, tendeixen a difondre's fins les zones fosques, i per tant perden la seva activitat. Però, al moure's les partícules en el mateix sentit, no produeixen corrent elèctrica, i abans o després es recombinen restablint els enllaços trencats. No obstant, si en algun lloc pròxim a la regió on aquestes parelles d'electrons i forats han estat creats, es formarà un

camp elèctric a l'interior del semiconductor, aquest camp separaria els electrons dels forats, fent que cadascun circuli en direcció contrària i, per tant, es donaria lloc a una corrent elèctrica en el mateix sentit del camp elèctric.

Existeixen varies formes de crear un camp elèctric d'aquest tipus a l'interior d'un semiconductor, però totes aquestes estan basades en el concepte de potencial de contacte i l'afinitat que els diferents sòlids presenten pels electrons.

En la següent *figura 48* podem ve'n mostrada una imatge representativa del que es coneix com a efecte fotovoltaic, el principi fonamental en el qual es basen les cèl·lules fotovoltaïques.



**Figura 48:** Representació gràfica de l'efecte fotovoltaic

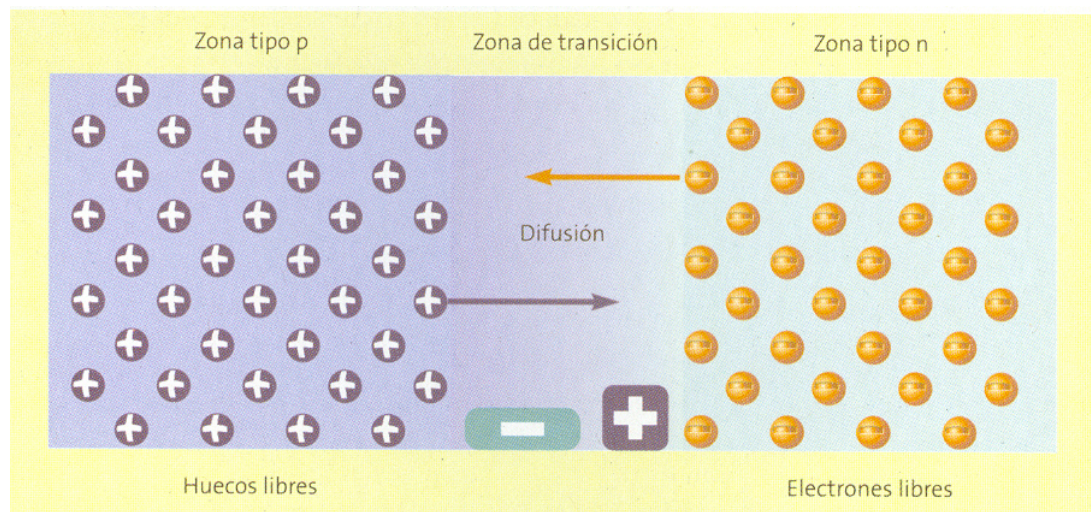
En les cèl·lules solars convencionals aquest camp elèctric s'aconsegueix mitjançant la unió de dos regions d'un cristall de silici que han estat tractades químicament amb mètodes diversos.

Una de les dos regions, la denominada *n*, ha estat dopada (impurificada) amb fòsfor. El fòsfor té cinc electrons de valència, un més que el silici, de manera que la regió dopada amb fòsfor mostra una afinitat menor pels electrons que el silici pur.

L'altra regió, denominada *p*, ha estat dopada amb bor. El bor tan sols té tres electrons de valència, un menys que el silici, i per tant el silici dopat amb bor té una afinitat pels electrons superior a la del silici pur. La unió *p-n* consisteix en la unió d'un semiconductor tipus *p* amb un altre de tipus *n*. Al posar en contacte aquests dos semiconductors s'origina un flux d'electrons des de el semiconductor *n* als forats del semiconductor *p*. Quan es produeix aquest fet, a la zona de transició es quedaran les càrregues fixes, electrons carregats positivament en la zona *n* i forats carregats negativament a la zona *p*, fet que originarà l'aparició d'un dipol elèctric que produeix un camp elèctric dirigit de la zona *n* a la zona *p* que, a la vegada, dona lloc a una diferència de potencial (barrera de potencial) a les dos bandes de la zona d'unió. D'aquesta manera, la unió *p-n* presenta una diferència de potencial  $V_e$  que fa que els electrons tinguin menys energia en la zona *n* que en la zona *p*. Conseqüentment, un

camp elèctric dirigit de la zona  $n$  fins la zona  $p$  té la tendència a enviar els electrons fins la zona  $n$  i els forats fins la zona  $p$ .

Tot seguit en la *figura 49* es pot observar gràficament la unió d'un semiconductor tipus  $p$  amb un semiconductor tipus  $n$ .



**Figura 49:** Unió dels semiconductors  $p - n$

Generalment la gran majoria de les cèl·lules fotovoltaïques que es treuen al mercat són de silici, el qual es dopa amb fòsfor i bor per tal d'aconseguir la unió  $p - n$ . La constitució d'una cèl·lula de silici convencional parteix d'una barra cristal·lina de silici dopat amb bor, que es talla amb discs d'una espessor de 0,3 mm. Una de les seves cares es dopa fortament amb fòsfor, mitjançant una difusió a alta temperatura en una atmosfera gasosa amb grans quantitats de fòsfor, de forma que aquest element penetri el silici més concentrat que el bor que aquest contenia, fins una profunditat aproximada d'unes 0,3 micres. Al damunt d'aquesta mateixa capa, es posa una reixa metàl·lica conductora, i en la part posterior una capa continua. Aquestes dos capes serveixen per facilitar els contactes elèctrics amb les dues regions. Quan incideixen els fotons sobre la capa superior de la cèl·lula fotovoltaïca, alguns enllaços es trenquen i llavors es generen els anomenats forats dels electrons.

Si aquesta generació es produeix a una distància de la unió menor que el que es denomina longitud de difusió, abans o després aquests portadors seran separats pel fort camp elèctric que existeix en la unió, movent-se l'electró fins la zona  $n$  i el forat fins la zona  $p$ , i per tant, es donarà lloc a una corrent des de la zona  $n$  a la zona  $p$ .

#### 2.3.4.3.2 Constitució i tipus de cèl·lules solars

Com ja s'ha comentat en anterioritat, una cèl·lula fotovoltaïca és una unitat formada per materials semiconductors capaços de produir, mitjançant una unió  $p - n$ , una barrera de potencial que fa possible que es produeixi l'efecte fotovoltaïc. La mida de cada cèl·lula, que depèn fonamentalment del procés de fabricació, varia normalment des de uns pocs centímetres quadrats fins un 100 cm<sup>2</sup>, o fins i tot més; generalment la seva forma és circular o quadrada, o molt apareguda a aquestes formes geomètriques. Una cèl·lula solar d'uns 100 cm<sup>2</sup>, suficientment il·luminada pot es capaç de produir una potència de 1,47 W<sub>p</sub> i una diferència de potencial de 0,5 V.

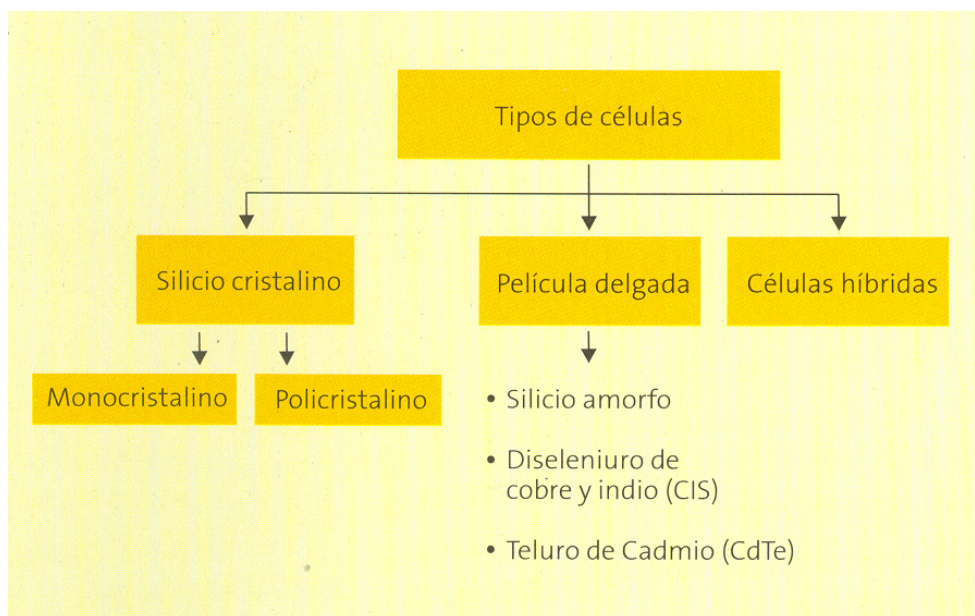
La matèria primera actual més utilitzada per a la fabricació de cèl·lules fotovoltaïques és el silici, element químic no metàl·lic que té el símbol **Si** i té un nombre atòmic de 14. El silici és el segon element més abundant de la escorça terrestre (suposa el 25.7% del seu pes) després de l'oxigen. Es presenta en dues formes, amorfa i cristal·lina; la primera és una pols terrosa, més activa que la variant cristal·lina, que es presenta en octàedres de color blau grisenc i brillantor metàl·lica. Apareix en l'argila, el feldspat, granit, quars i sorra, principalment en forma de biòxid de silici (també conegut com sílice) i silicats (components que contenen silici, oxigen i metalls). El silici és el component principal del vidre, ciment, ceràmica, la majoria de silicones (substància plàstica).

Per tal que una cèl·lula solar que estigui exposada al Sol produeixi energia elèctrica té de reunir les següents característiques fonamentals:

- Ser capaç d'absorbir una fracció important de la radiació solar per tal que la generació de parells d'electrons – forats sigui eficient.
- Tenir un camp elèctric intern que separi les dues càrregues impeding la seva posterior combinació.
- Les càrregues separades tenen de ser capaces de viatjar a través del material fins els elèctrodes superficials des d'on passen al circuit exterior.

Les cèl·lules solars s'interconnexionen en sèrie, per tal de que els electrons expulsats d'una cèl·lula siguin recollits per la següent, comunicant-les-hi energia addicional, amb la finalitat d'aconseguir una diferència de potencial per al circuit exterior que sigui adequada a efectes pràctics.

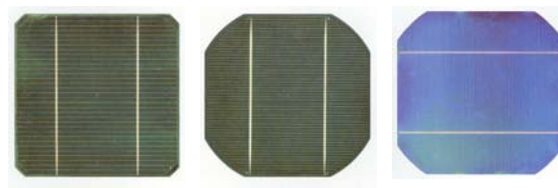
En la següent *figura 50* podem observar els diferents tipus de cèl·lules solars que generalment ens podem trobar avui dia en l'àmbit de l'energia solar fotovoltaica. Entre les que són més habituals, com podrem veure explicat a continuació, es troben les cèl·lules solars monocristal·lines, policristal·lines i de silici amorf.



**Figura 50:** Tipus de cèl·lules solars

Els principals tipus de silicis utilitzats en els processos de fabricació de les cèl·lules solars fotovoltaïques són els següents:

- **Silici monocristal·lí:** Pel que fa a les cèl·lules solars de silici monocristal·lí podem dir que són les cèl·lules solars més utilitzades, degut a la utilització de silici en els últims avanços tecnològics i a la gran abundància d'aquest material, encara que el silici segueix sent un material car quan s'utilitza en la producció de cèl·lules fotovoltaïques. La xarxa cristal·lina és la mateixa en tot el material i té molt poques imperfeccions. El procés de fabricació que segueix el silici monocristal·lí és el següent: per començar s'obtenen els lingots per un procés anomenat Czochralski, llavors es tallen les oblees de silici (0,3 mm aproximadament), a continuació es dopen aquestes oblees i es col·loquen els contactes metàl·lics, per acabar amb el procés de fabricació es fa un tractament antireflectant sobre la superfície. La forma que normalment presenten aquests tipus de cèl·lules solars són: quadrades, semiquadrades o circulars; i la mida d'aquestes sol ser d'uns: 10 x 10 o 12,5 x 12,5 cm. Els colors que normalment s'usen en la seva confecció són el blau o negre (amb antireflexant) o el gris (sense antireflexant). Finalment les cèl·lules solars de silici monocristal·lí tenen un rendiment d'un 15 – 18%. En la següent *figura 51* es pot veure una cèl·lula solar fotovoltaïca de silici monocristal·lí.



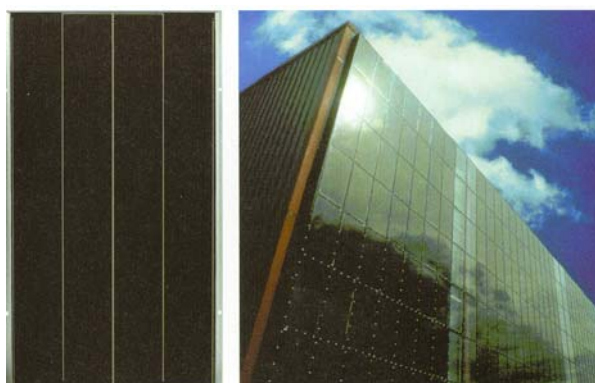
**Figura 51:** Cèl·lules de silici monocristal·lí

- **Silici policristal·lí:** En quan a les cèl·lules solars de silici policristal·lí, el seu procés de cristallització no es tant perfecte, com en el cas del silici monocristal·lí, i la xarxa cristal·lina no es la mateixa en tot el material. Aquest procés és més barat que l'anterior però s'obtenen rendiments inferiors que en el cas del silici monocristal·lí; aquests rendiments es troben entorn al 13 – 15%. El procés de fabricació que segueix el silici policristal·lí és el següent: primer de tot s'escalfa el silici a 1500°C; posteriorment es refreda a un crisol (recipient on es rep el silici fos) a 800 °C; llavors es procedeix al tall de les oblees de silici d'uns 0,3mm; a continuació es dopen les oblees i es col·loquen els contactes metàl·lics; per últim es realitza un tractament antirreflexant. La forma que presenten les cèl·lules de silici policristal·lí és quadrada (d'aquesta forma s'aprofita més la superfície d'absorció que si es tractés d'una superfície circular). Per últim la mida i gruix que presenten aquestes cèl·lules és generalment la mateixa que la dels silicis monocristal·lins i els colors poden ser blau (amb antireflexant) i gris platejat (sense antireflexant). En la següent *figura 52* es pot veure una cèl·lula solar fotovoltaïca de silici policristal·lí.



**Figura 52:** Cèl·lula de silici policristal·lí

- **Silici amorf:** Dintre del tipus de cèl·lules de pel·lícula fina es troba el silici amorf, que es tracta d'un tipus de silici que no té xarxa cristal·lina i s'obté un rendiment inferior al de les cèl·lules de composició cristal·lina (el rendiment d'aquest tipus de silici és d'un 5 – 8%). En canvi té l'avantatge, a més a més del seu baix cost, de que la seva superfície pot arribar a ser molt més fina que les cèl·lules de silici monocristal·lí. Algunes de les propietats que distingeixen al silici amorf del cristal·lí són: la seva elevada velocitat de recombinació produïda per les nombroses imperfeccions de la xarxa i el seu alt coeficient d'absorció que permet la utilització de poc material. El procés de fabricació que es segueix en les cèl·lules fetes de silici amorf és el següent: primer de tot es produeix una deposició química de  $\text{SiH}_4$  (hidrur de silici) a  $200 - 250^\circ\text{C}$ , llavors es dopa el material en estat gasós. En aquest procés de fabricació es pot produir un defecte que en el qual es produeix un envelliment de la cèl·lula durant els primers 6 – 12 mesos per efecte de la radiació solar. Un altre dels avantatges d'aquest tipus de cèl·lula fotovoltaica és el fet de que podem donar-li una forma lliure. Generalment la mida que presenten aquest tipus de materials és de  $0,77 \times 2,44$  m i el seu gruix és d'uns  $0,001$  mm de Silici i uns  $1 - 3$  mm de substrat. Per últim els colors en que normalment se'ns presenten les cèl·lules de silici amorf poden anar des del marró vermellós fins al negre. En la següent *figura 53* se'ns mostra una cèl·lula solar fotovoltaica de silici amorf i una de les seves utilitzacions (instal·lacions en les fatxades dels edificis).



**Figura 53:** Cèl·lula de silici amorf

#### 2.3.4.4 *El mòdul fotovoltaic*

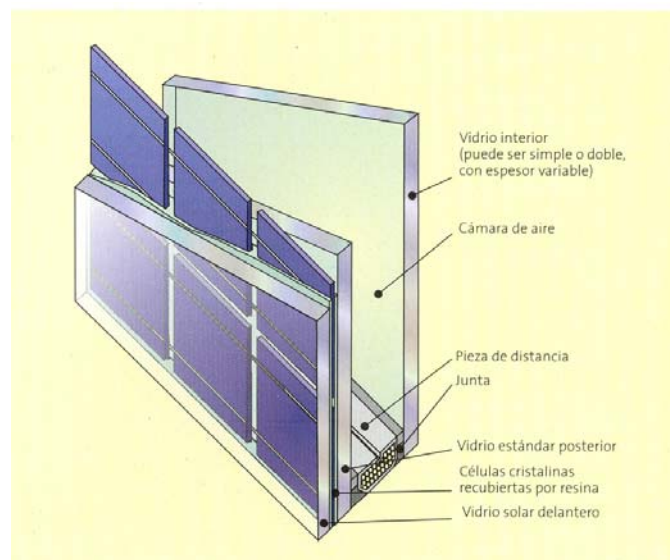
Les cèl·lules solars s'agrupen en el que denominen com a mòduls o panells fotovoltaics, que no és altra cosa que un conjunt de cèl·lules connectades convenientment, de forma que es reuneixin unes condicions òptimes per a la seva integració en sistemes de generació d'energia, essent compatibles (tant en tensió com en potència) amb les necessitats i els equips estàndards existents al mercat.

Comercialment, els mòduls fotovoltaics s'ofereixen, generalment, amb unitats de 12 o 24 V de tensió contínua i potències que oscil·len entre els 10 i els 320 W. Les cèl·lules que integren un pànel·l fotovoltaic tenen d'estar compreses en un rang molt estret en quant als paràmetres elèctrics per tal d'evitar les descompensacions que es produiran a l'interior del mòdul si unes cèl·lules generen més corrent que unes altres. Precisament per aquest motiu són molt importants les proves finals a que es sotmeten les cèl·lules dintre del seu procés de fabricació.

El mòdul fotovoltaic consta de diverses capes que recobreixen les cèl·lules per dalt i per baix, amb la finalitat de donar-los-hi una protecció mecànica, a la vegada que les protegeixen contra els agents atmosfèrics, especialment l'aigua, que pot arribar a ser la causant d'oxidacions en els contactes elèctrics, amb la qual cosa les cèl·lules quedarien inservibles per a la producció d'energia.

Els mòduls fotovoltaics tenen estructures i formes molt variades. Normalment, podríem dir que un mòdul fotovoltaic està compost per les següents parts: marc d'alumini i juntes (formen part de l'estructura mecànica i de suport), vidre solar davanter, cèl·lules cristal·lines recobertes per resina transparent, vidre estàndard posterior, peces de distància, camera d'aire i vidre interior (pot ser simple o doble i amb espessor variable).

En la següent *figura 54* podem visualitzar les diferents parts que conformen un pannel o mòdul fotovoltaic.



**Figura 54:** Composició d'un mòdul fotovoltaic

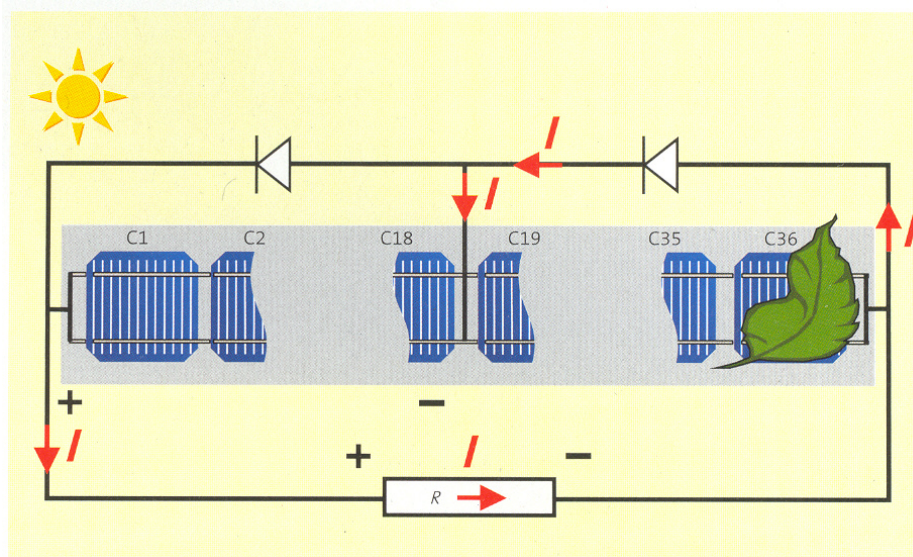
Un cop es col·loquen les cèl·lules solars degudament seleccionades i agrupades, s'interconnexionen en sèrie per tal d'aconseguir una tensió normalitzada, i per tant fàcil de treballar amb aquesta. Generalment es disposen un total de 30 a 36 cèl·lules solars en un pannel fotovoltaic, número que pot variar en funció del tipus i tensió de les cèl·lules.

Dispost el circuit elèctric es col·loquen, per una banda, el cristall i una capa encapsulant, i per l'altra banda, una altra capa encapsulant i la capa de vidre protector posterior. Aquest conjunt es introduït en un forn especial per a la seva laminació, on es realitzarà al buit per fer desaparèixer tota la bossa d'aire que pugui quedar a l'interior del mòdul. A continuació es va augmentant la temperatura, de tal forma que l'encapsulant es comenci a fondre (ja que el seu punt de fusió és més baix que el de la resta dels materials), rodejant totalment a les cèl·lules i els seus contactes, a la vegada que serveix d'adhesiu amb el cristall i la capa posterior de vidre, quedant el conjunt del mòdul totalment estancat. Un cop que totes aquestes capes han format un bloc compacte, s'aplica al marc una goma butílica o silicona, per tal de que no es produeixin problemes de dilatacions pels efectes de la calor en els conjunt dels mòduls solars fotovoltaics.

El següent procés consisteix en incorporar els borns de connexió i realitzar les proves finals del mòdul, que ens permetran classificar-los per potències, per tal que mitjançant un codi, pugin ser identificats a l'hora de la seva instal·lació, i igualment que en el cas de les cèl·lules, el conjunt dels mòduls fotovoltaics pugui presentar característiques comuns que no permetin descompensacions entre els grups de connexió sèrie - paral·lel.

Si la cèl·lula solar d'un mòdul fotovoltaic està afectada per ombres, no genera energia i pot oferir certa resistència elèctrica al pas de la corrent generada per les altres cel·les. Aquest fet comporta un escalfament d'aquesta cel·la i un posterior deteriorament. Per aquest mateix fet, quan ens trobem en un d'aquests casos és bo disposar d'un diode *by-pass* en el mòduls fotovoltaics. Els *diodes by-pass* protegeixen individualment a cada pannel de possibles danys ocasionats per ombres parcials. Aquests tenen de ser utilitzats en disposicions en els quals els mòduls estiguin connectats en sèrie. Generalment, no són necessaris en sistemes que funcionen a 24 V o menys.

En la següent *figura 55* es pot observar l'esquema d'un mòdul fotovoltaic amb un sistema de protecció amb diodes *by-pass*.



**Figura 55:** Sistema de protecció amb diodes *by-pass*

En conclusió, el mòdul fotovoltaic consisteix amb la interconnexió elèctrica d'un determinat nombre de cèl·lules solars fotovoltaïques de tal forma que la tensió i la corrent subministrada s'incrementi fins arribar als valors desitjats. La unió elèctrica que formaran els mòduls solars fotovoltaïcs pot ser en sèrie (es sumen les tensions unitàries mantenint-se fixa la intensitat) o en paral·lel (es manté fixa la tensió i es sumen les intensitats). Posteriorment, aquest conjunt és col·locat dintre d'un recinte de tal forma que estigui protegit contra els efectes produïts pels agents atmosfèrics que puguin afectar el mòdul quan estigui treballant a la intempèrie, proporcionant-li rigidesa mecànica i aïllament elèctric.

#### 2.3.4.4.1 Paràmetres característics dels mòduls fotovoltaics

Els mòduls fotovoltaics estan caracteritzats per una sèrie de paràmetres elèctrics referits a unes condicions climàtiques anomenades STC, que venen determinades per les següents característiques:

- **Radiació solar:** 1000 W/m<sup>2</sup>
- **Temperatura de la cel·la fotovoltaica:** 25°C
- **Massa d'aire:** 1,5 AM

El fet de referenciar els paràmetres elèctrics del mòdul a unes condicions determinades de mesura, té com a conseqüència principal que un mòdul d'una determinada potència pic, per exemple 200 W<sub>p</sub>, tan sols generarà aquesta potència en les condicions de referència anteriorment esmentades. Com que les condicions de temperatura i radiació són gairebé sempre diferents a les condicions STC, el mòdul fotovoltaic generarà en la gran majoria dels casos una potència inferior a la que ens mostren els catàlegs. Tan sols en dies amb una molt bona radiació solar i una temperatura ambient baixa, ens podrem aproximar a aquests valors de potència generada que ens proporciona el fabricant.

Per tenir una idea aproximada de les condicions reals d'operació d'un mòdul fotovoltaic, el nivell de radiació solar pot variar entre 400-800 W/m<sup>2</sup>, depenent del nivell de radiació de cada dia, mentre que la temperatura en que generalment es troben les cèl·lules solars fotovoltaïques, aquesta es troba entre uns 15 – 20°C per damunt de la temperatura en que ens trobem a l'ambient.

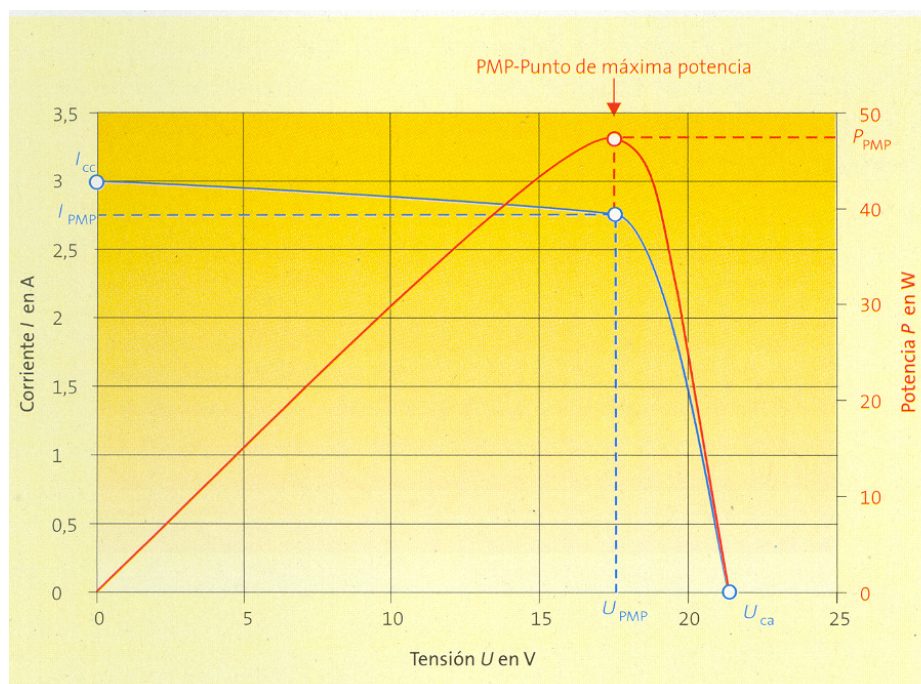
Els paràmetres elèctrics més característics que presenten els mòduls fotovoltaics són els següents:

- **Intensitat de curtcircuit (I<sub>cc</sub>):** És aquella que es produeix quan es curtcircuiten els terminals del mòdul fotovoltaic ( $V = 0$ ). El seu valor varia en funció de la superfície i de la radiació lluminosa a la que la cèl·lula estigui exposada.
- **Tensió de circuit obert (V<sub>oc</sub>):** És la màxima tensió que pot proporcionar el mòdul fotovoltaic si es deixen els seus terminals en circuit obert (el mòdul estaria generant sense estar connectat a cap tipus de càrrega).
- **Potència pic (W<sub>p</sub>):** És la potència elèctrica màxima que pot subministrar una cèl·lula solar i es defineix pel punt de la corba característica I-V on el producte de la intensitat produïda i la tensió és màxima. Els valors de la corrent i la tensió corresponents a aquest punt es coneixen respectivament com corrent i tensió en el punt de màxima potència I<sub>pmax</sub> i V<sub>pmax</sub>. Tots els altres punts de la corba generen valors inferiors que aquest producte.
- **Intensitat de màxima potència (I<sub>pmax</sub>):** És la corrent corresponent al punt de màxima potència de la corba característica del mòdul fotovoltaic. És la corrent de treball del mòdul i la que s'utilitza per dissenyar les instal·lacions fotovoltaïques.
- **Tensió de màxima potència (V<sub>pmax</sub>):** És la tensió corresponent al punt de màxima potència de la corba característica del mòdul fotovoltaic. És la tensió de treball del mòdul i la que s'utilitza per dissenyar les instal·lacions fotovoltaïques.

### 2.3.4.4.2 Corbes característiques dels mòduls fotovoltaics

El comportament i les característiques elèctriques del mòdul fotovoltaic venen determinades per la corba d'intensitat – tensió ( $I - V$ ) del pannel fotovoltaic. Tal com ja hem esmentat el mòdul fotovoltaic és un generador elèctric que actua com a font de corrent. Quan sobre el mòdul incideix la radiació solar, aquest fixa una tensió als voltants d'un valor determinat i va variant la intensitat en funció del nivell de la radiació incident. Aquest procés està influenciat per la temperatura de les cèl·lules solars que constitueixen el mòdul fotovoltaic. Per tant, la temperatura de les cèl·lules solars i la intensitat de radiació són els dos paràmetres que ens determinen les propietats elèctriques d'un mòdul fotovoltaic.

En la *figura 56* que es mostra a continuació es pot observar la corba característica ( $I - V$ ) i ( $P - V$ ) dels mòduls fotovoltaics.



**Figura 56:** Corba característica I-V / P-V d'un mòdul fotovoltaic

Les propietats elèctriques del pannel fotovoltaic queden definides per mitja de la corba característica I-V. En aquesta corba es representa el comportament elèctric del mòdul davant una irradiància i temperatura determinades. En l'anterior corba es poden observar els diferents valors significatius que tenen els mòduls fotovoltaics com són:  $I_{cc}$  (intensitat de curtcircuit),  $V_{oc}$  (tensió de circuit obert) i  $I_{pmax}$  i  $V_{pmax}$  (intensitat i tensió de màxima potència).

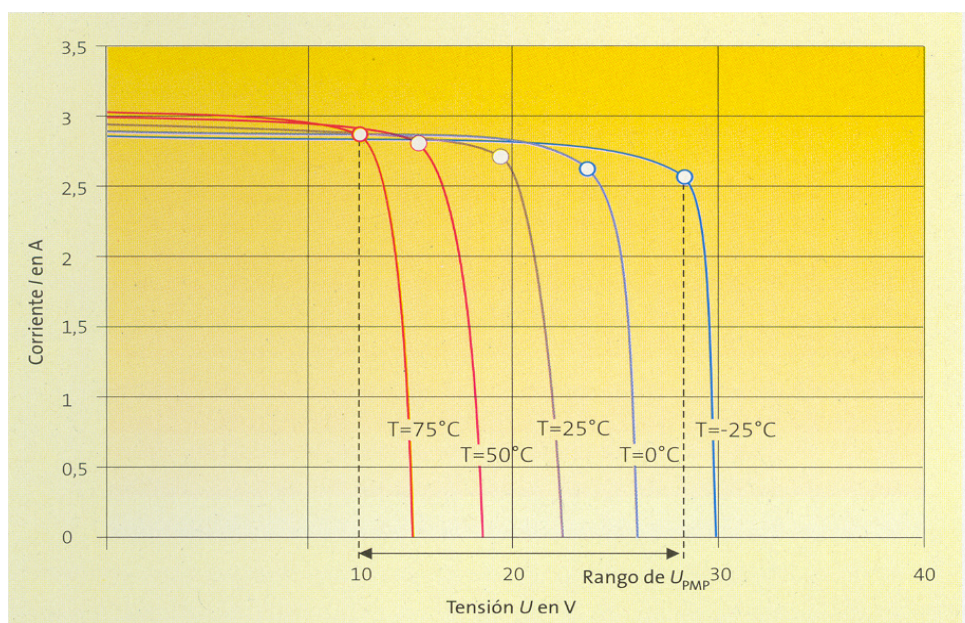
Tal com es pot observar en l'anterior figura quant més a prop treballi el mòdul de la tensió de màxima potència ( $V_{pmax}$ ), més potència obtindrem del pannel d'energia solar fotovoltaica.

El punt de la corba característica en el qual el producte  $I \cdot V$  és màxim es denomina punt de màxima potència del mòdul fotovoltaic.

### 2.3.4.4.3 Variacions de temperatura i irradiància en els mòduls fotovoltaics

L'exposició al sol de les cèl·lules solars provoca el seu escalfament, fet que provoca canvis en la producció de l'electricitat. Una radiació de  $1000 \text{ W/m}^2$  és capaç d'escalfar una cèl·lula fotovoltaica uns  $30^\circ\text{C}$  per damunt de la temperatura ambient. A mesura que augmenta la temperatura, la tensió generada és menor, per tant és recomanable muntar els panells solars de tal forma que estiguin ben airejats i refrigerats, i en el cas de que sigui usual arribar a temperatures elevades, es pot arribar a plantejar la instal·lació de mòduls amb major nombre de cèl·lules solars. Aquest factor condiciona molt els sistemes de concentració, ja que les temperatures que s'assoleixen són molt elevades, per tant les cèl·lules tenen d'estar ben dissenyades per treballar en aquest rang de temperatures o bé disposar de sistemes de dissipació de calor.

Tal com podem veure en la *figura 57* un increment en la temperatura de les cèl·lules solars es tradueix amb una disminució de la  $V_{oc}$  (tensió de circuit obert) i de la  $V_{pmax}$  (tensió de màxima potència), que es traduirà amb una pèrdua de la potència del mòdul fotovoltaic.

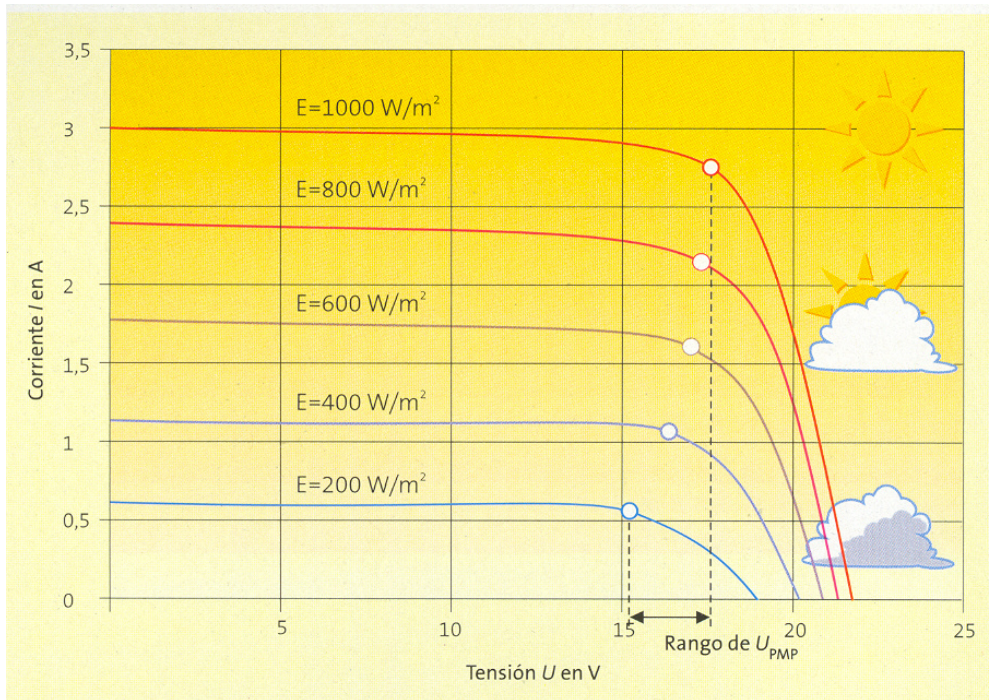


**Figura 57:** Variació de les característiques segons la temperatura

En quan als efectes que provoca la irradiància solar sobre els mòduls fotovoltaics, aquesta afecta principalment a la intensitat i ho fa d'una manera proporcional, quant més gran sigui la irradiància el mòdul fotovoltaic proporcionarà una intensitat més gran i viceversa. És important conèixer aquest efecte, ja que els valors de la radiació canvien al llarg de tot el dia, en funció de l'angle del Sol amb l'horitzó, per tant és important l'adequada col·locació dels panells fotovoltaics, fent possible la possibilitat de poder canviar la seva posició al llarg del temps (segons l'hora del dia i l'estació de l'any). Un migdia amb un cel radiant la radiació que ens pot arribar a la superfície terrestre és d'aproximadament uns  $1000 \text{ W/m}^2$ , en canvi quan el cel està ennuvolat aquesta radiació ben just arriba als  $200 \text{ W/m}^2$ .

En la següent *figura 58* podem observar com la  $V_{pmax}$  (tensió de màxima potència) no varia davant les variacions de la irradiància (tan sols en irradiàncies molt baixes

s'observa una disminució significativa) mentre que la  $I_{pmax}$  (intensitat de màxima potència) sofreix increments importants a mesura que augmenta el nivell d'irradiància.



**Figura 58:** Variació de les característiques segons la irradiància

#### 2.3.4.4.4 Separació entre files i integració dels mòduls

Les dimensions dels mòduls solars fotovoltaics són molt diverses, sent la mesura més habitual els 2 m<sup>2</sup> aproximadament.

En quan als aspectes ja constructius de la instal·lació dels panells solars fotovoltaics, podem dir que l'orientació òptima dels mòduls (a l'hemisferi nord) serà Sud, és a dir, que l'azimut de la instal·lació òptim sigui  $\gamma = 0^\circ$ , cal dir que les desviacions per azimut de  $\pm 45^\circ$  no afecten molt al rendiment global de la instal·lació.

Fent referència a la distància mínima entre files de captadors (sols s'utilitza quan pels motius que sigui hi ha diverses files de captadors en la superfície de la instal·lació) per que no es facin ombra entre ells, aquesta distància es calcula mitjançant la següent expressió matemàtica (8):

$$d = l \times \cos\beta + \frac{l \times \sin\beta}{\tan H} \tag{8}$$

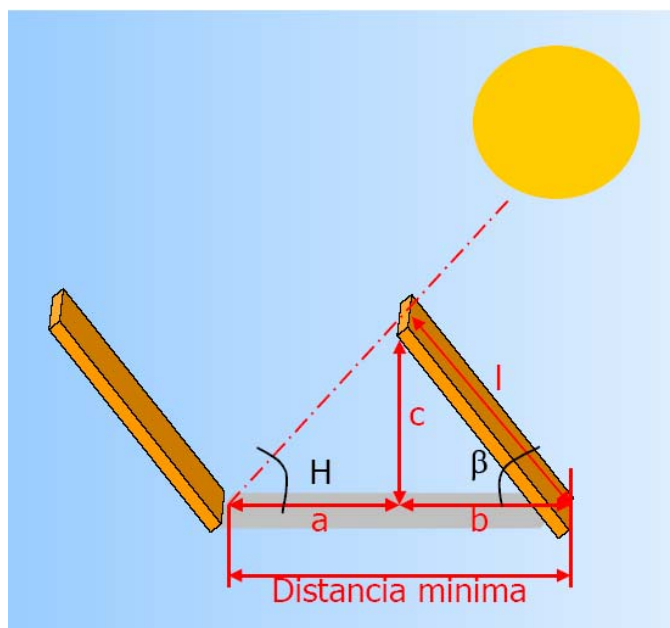
On,

H → Alçada solar

$\beta$  → Inclinació del captador

L → Longitud del captador

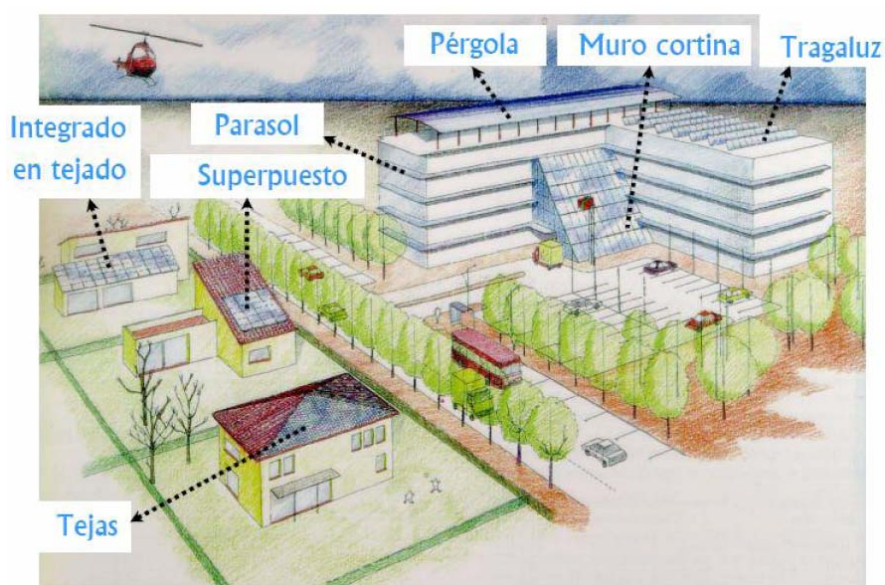
En la següent *figura 59* es pot visualitzar millor la distància mínima entre els mòduls fotovoltaics per tal de que no es produeixin pèrdues per ombres entre aquests.



**Figura 59:** Distància mínima entre mòduls fotovoltaics

Pel que fa a la integració dels mòduls fotovoltaics podem dir que aquests es poden disposar de varies formes diferents tant en edificis i habitatges com en d'altres indrets. Una de les disposicions més típiques que presenten els mòduls fotovoltaics en els edificis és el superposat en les teulades dels habitatges, un altre mètode d'integració molt utilitzat és l'anomenat "tragallum" que es tracta de la típica disposició en els terrats dels habitatges. D'altres tipus de disposicions dels panells no són tant visibles en les nostres zones, com poden ser els panells que fan de teulada, els parasols i la pèrgola.

En la *figura 60* podem observar els diferents tipus d'integració en edificis que poden presentar els mòduls fotovoltaics.



**Figura 60:** Integració dels mòduls fotovoltaics en edificis

#### 2.3.4.4.5 Estructures de suport i fixacions dels mòduls fotovoltaics

Pel que fa al mètode de suport i fixació que poden presentar els mòduls fotovoltaics podem dir que hi ha dos tipus d'estructures comuns: les estructures fixes i les estructures amb seguidor solar.

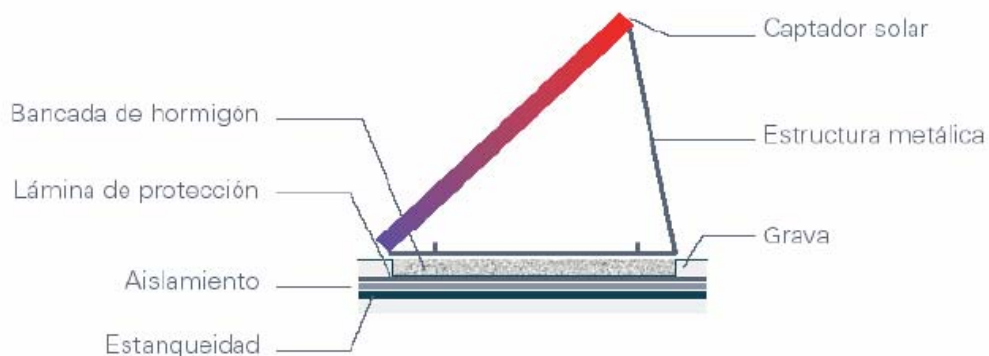
En quan a les estructures fixes, aquestes tenen la funció principal de proporcionar un suport i una fixació segura dels mòduls fotovoltaics. A més a més aquest tipus d'estructures fixes seran les encarregades de donar una orientació i inclinació adequades per tal de poder obtenir el màxim rendiment del sistema solar fotovoltaic, tot i que el rendiment de les estructures fixes és menor que la dels seguidors solars. Aquest tipus d'estructures tindrà de resistir a vents, com a mínim, de 150 km/h.

Fent referència al tipus de fixacions de les estructures fixes, en aquests casos s'utilitzen generalment blocs de formigó i rosques per tal de fixar els mòduls fotovoltaics. Tant l'estructura com els suports hauran de ser preferiblement d'alumini anoditzat de poc pes i gran resistència, acer inoxidable per a ambients molt corrosius, o bé ferro galvanitzat apropiat per a càrregues elevades; les rosques seran d'acer inoxidable. Les estructures de ferro galvanitzat ofereixen una bona protecció en front els agents corrosius externs, amb l'avantatge de que el zinc és compatible químicament amb els morters de ciment un cop aquests estan secs. Per tal d'evitar l'efecte de la corrosió galvànica, que sempre es produeix quan dos metalls diferents es posen en contacte, s'utilitzen una mena d'aïllants que eviten el contacte físic entre el marc del panell i l'estructura de suport.

En terrats o superfícies planes l'estructura tindrà de permetre una altura mínima de 30 cm, la qual en zones de muntanya o en zones on es produeixin grans precipitacions en forma de neu aquesta altura tindrà de ser superior a aquests 30 cm, per tal d'evitar que els mòduls fotovoltaics puguin quedar parcial o totalment coberts per les successives capes de neu que es poden acumular en els mesos on les temperatures meteorològiques són baixes.

Un altra de les característiques que tenen de presentar les estructures que subjecten els panells, és que aquestes tenen de disposar d'una connexió a terra per tal de que si hi hagués algun problema en les connexions aquest es podria derivar a terra.

En la següent *figura 61* se'ns mostra un exemple de les diverses parts de que té de disposar un sistema estructural de suport fix.



**Figura 61:** Exemple d'estructura de suport fixa

Els seguidors solars estan compostos d'unes estructures articulades, que són les encarregades de suportar els mòduls fotovoltaics i que poden orientar-se i seguir la trajectòria del sol gràcies a un sistema elèctric de seguiment i control.

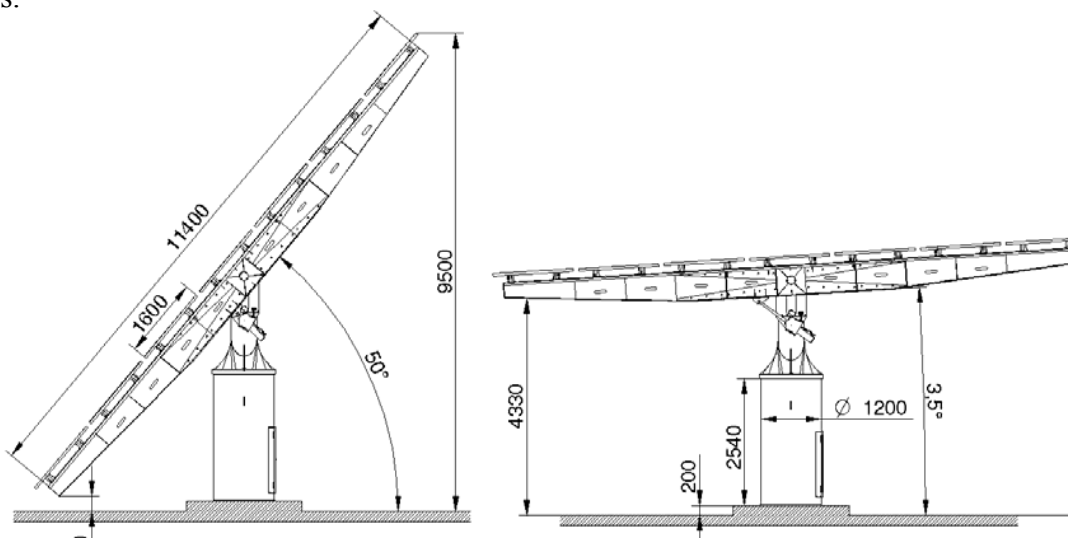
Aquest tipus d'estructura de suport amb seguidor solar disposa d'un gran avantatge en front dels sistemes estructurals fixos, aquest avantatge es tracta de que és pot augmentar gairebé un 20 o 25% el rendiment de la instal·lació fotovoltaica ja que es té la possibilitat de realitzar el seguiment de la trajectòria solar durant tot el dia solar. A més a més, aquest augment del rendiment també és degut, en part, a la disposició dels mòduls fotovoltaics a una major alçada, fet que ens comportarà tenir una major radiació solar i unes pèrdues menors en quan a l'escalfament del sistema.

Els sistemes de seguiment solar són més indicats d'instal·lar-se en zones on hi ha més hores de sol al llarg de l'any, i per tant, en indrets poc nuvolosos; ja que el que ens optimitza la instal·lació és la captació de radiació directa, mantenint la superfície dels mòduls el més perpendicular possible als raigs incident del Sol. En el cas de les estructures fixes, aquest angle d'incidència d'aproximadament  $90^\circ$  tan sols l'obtindrem en el migdia solar de determinades èpoques de l'any.

En relació amb el tipus de moviment de rotació que els sistemes de seguiment solar produeixen, es divideixen en sistemes d'un sol eix i sistemes de dos eixos. Pel que fa als sistemes d'un sol eix, que són els més senzills, tan sols permeten a l'estructura (els panells solars estan acoblats a ella) girar al llarg del dia i a mesura que el sol va des de l'est fins l'oest, sense que a la mateixa vegada el seguidor solar es pugui inclinar més o menys segons l'altura solar que presenta el Sol al llarg del dia i l'època de l'any.

En quant als sistemes de dos eixos, a més a més del moviment de gir entre l'est i l'oest, també és possible realitzar un moviment de gir nord – sud tot adequant i inclinant el sistema de captació segons l'altura solar que presenta el Sol al llarg de cada dia i de l'època de l'any en la qual ens trobem. Amb aquest sistema de dos eixos podem millorar més el rendiment de la instal·lació fotovoltaica que en els sistemes de moviment de gir d'un sol eix.

En la següent *figura 62* podem observar un sistema de seguiment solar de dos eixos.



**Figura 62:** Sistema de seguiment solar de dos eixos

#### 2.3.4.4.6 Manteniment dels mòduls fotovoltaics

El manteniment dels mòduls fotovoltaics es tracta d'un aspecte que es té de tenir en compte a l'hora de realitzar una instal·lació fotovoltaica. Tot seguit es detallen algunes operacions típiques que es duen a terme en el manteniment de panells fotovoltaics.

Un dels principals problemes en que ens podem trobar en el sistema de captació fotovoltaica és l'acumulació de la pols i la brutícia sobre els mòduls de captació, fet que ocasionarà que arribi menys radiació incident a la superfície absorbidora i per tant disminuirà el rendiment del sistema fotovoltaic. Aquestes pèrdues produïdes per la pols i la brutícia poden arribar a ser d'un 5% de l'energia generada; per tant és convenient netejar els mòduls fotovoltaics de tant en tant (cada tres o quatre mesos aproximadament). Pel que fa als sistemes de neteja, no és recomanable que aquests sistemes puguin danyar el vidre dels panells. Tan sols es té de netejar les cares del mòdul exposades al sol i la pols es té de treure amb draps secs. Aquesta operació de neteja és recomanable que es dugui a terme després d'un període llarg sense pluges (aquestes en part ajuden a eliminar aquesta pols i brutícia), és a dir a finals de l'estiu, o bé després de pluges amb fang; en aquest cas es netejarien els mòduls amb un detergent especial per vidres acompanyat d'un drap per netejar la superfície. El fet de que hi hagin xemeneies properes als mòduls fotovoltaics pot provocar que s'embrutin més, ja que els fums que sortiran d'aquesta porten diverses partícules sòlides.

Una altra operació de manteniment de mòduls fotovoltaics pot ser el fet de que després d'una nevada la neu acumulada sobre els panells es té de treure el més ràpidament possible per tal de que es desfaci el possible gel acumulat i pugui seguir la captació d'energia per part dels mòduls fotovoltaics. Aquest gel adherit no es té de treure rasant amb una ferramenta metàl·lica, ja que podria ratllar el vidre, sinó que es té de treure amb una fusta o bé amb aigua tèbia (no calenta, sinó es podria trencar el vidre protector del mòdul).

El manteniment preventiu de la instal·lació solar fotovoltaica inclourà almenys una visita cada trimestre, en la qual es realitzaran les següents activitats:

- Comprovació de les proteccions elèctriques.
- Comprovació de l'estat dels mòduls: comprovació de la situació dels mòduls respecte el projecte inicial i verificació de l'estat de les connexions.
- Comprovació de l'estat de l'inversor: funcionament, làmpades de senyalització, alarmes...
- Comprovació de l'estat mecànic de cables i terminals (incloent cables de presses de terra), transformadors, ventiladors/extractors, unions, recargolaments, neteja.
- Realització d'un informe tècnic de cada una de les visites en el qual es reflecteixi l'estat de les instal·lacions i les incidències esdevingudes.
- Registre de les operacions de manteniment realitzades en un llibre de manteniment, en el qual constarà la identificació del personal de manteniment (nom, titulació i autorització de l'empresa de manteniment).

Aquestes són les principals tasques que es tenen d'efectuar en quan al manteniment d'una instal·lació solar fotovoltaica per tal de que aquesta pugui oferir el màxim rendiment possible en quan a energia produïda.

### 2.3.4.5 Tipus de funcionament dels sistemes fotovoltaics

Pel que fa als tipus de funcionament dels sistemes fotovoltaics podem dir que hi ha dos tipus de mètodes de funcionament: les instal·lacions aïllades de la xarxa de distribució elèctrica i les instal·lacions connectades a la xarxa elèctrica.

En quant a les instal·lacions aïllades de la xarxa de distribució elèctrica, es pot dir que són sistemes en els quals l'energia generada dels mòduls fotovoltaics s'emmagatzema en un conjunt de bateries per tal d'utilitzar aquesta energia quan ens sigui necessària. Aquests tipus d'instal·lacions fotovoltaïques es construeixen en indrets on no és possible o pràcticament impossible (degut a les condicions orogràfiques, econòmiques...) el fet de tenir una distribució de l'energia elèctrica per una xarxa de distribució convencional.

Fent referència a les instal·lacions fotovoltaïques connectades a la xarxa elèctrica es pot afirmar que tota l'energia generada pels panells fotovoltaics s'injecta a la xarxa de distribució elèctrica convencional i aquesta s'utilitza en indrets on hi hagi una demanda d'aquesta energia. Aquests tipus d'instal·lacions disposen d'un comptador de sortida d'energia que és l'encarregat de saber quina quantitat d'energia s'ha injectat a la xarxa, per després la companyia elèctrica a la qual venem l'energia ens pugui abonar els diners referents a la nostra energia produïda en el sistema fotovoltaic.

Tot seguit i en el decurs d'aquest apartat del projecte s'explicaran amb més detall aquests tipus de funcionament dels sistemes fotovoltaics.

#### 2.3.4.5.1 Sistemes fotovoltaics aïllats de la xarxa de distribució

Tal com he dit anteriorment els mòduls fotovoltaics transformen la radiació solar en energia elèctrica i envien aquesta energia a un conjunt de bateries elèctriques especials. Entre aquestes bateries i els panells fotovoltaics s'intercala un sistema de regulació de càrrega que és l'encarregat de regular el flux d'electricitat des dels mòduls fins les bateries i protegeix a aquestes últimes. A banda d'aquests dos elements anteriorment esmentats ha d'existir en la instal·lació fotovoltaica un inversor, que és l'element encarregat de transformar la corrent continua (CC) subministrada pels panells fotovoltaics a corrent alterna (CA) que es tracta del tipus de corrent que s'utilitza en els aparells domèstics. Per últim, també té d'haver en la instal·lació un sistema de protecció encarregat de que qualsevol problema elèctric en la instal·lació no afecti al funcionament d'aquesta.

La missió principal de les **bateries** dintre d'un sistema solar fotovoltaic consisteix en subministrar l'energia elèctrica demandada per l'usuari, independentment de la producció elèctrica dels panells en aquell moment. També, compleix una missió de viabilitat del sistema, ja que també té la funció de poder alimentar la càrrega durant un cert temps, quan la producció dels mòduls fotovoltaics és baixa degut a les condicions meteorològiques adverses.

Les bateries són dispositius capaços de transformar una energia potencial química en energia elèctrica. Es componen essencialment de dos elèctrodes submergits en un electrolit on es produeixen les reaccions químiques en els processos de càrrega i

descàrrega. La capacitat d'una bateria o acumulador es mesura en amper – hora (A·h), per a un determinat temps de descàrrega, i es defineix com la quantitat d'electricitat que es pot obtenir durant una descàrrega completa de la bateria plenament carregada, sent el producte de la intensitat de descàrrega pel temps en que aquesta actua.

A les bateries que han de ser utilitzades en aplicacions solars se'ls i té d'exigir el compliment d'unes condicions bàsiques, que són les següents:

- Acceptar totes les corrents de càrrega que subministri el pannel solar.
- Tenir un manteniment nul o mínim.
- Ser fàcils de transportar i instal·lar.
- Tenir una auto – descàrrega baixa.
- Oferir un rendiment elevat.
- Tenir una vida útil llarga.

En el mercat de les bateries es poden trobar diferents tipus d'aquestes, però fonamentalment es poden fer dos grans grups: les de níquel – cadmi (Ni – Cd) i les de plom – àcid. Les primeres presenten unes qualitats excepcionals, però degut al seu elevat preu s'utilitzen en menor freqüència. En contra, les bateries de plom – àcid en les seves diverses versions són les més usades per a les aplicacions solars, ja que s'adapten a qualsevol corrent de càrrega i tenen un preu més raonable.

Ja que en la immensa majoria de les aplicacions fotovoltaïques aïllades de la xarxa de distribució es necessitaran les bateries, aquestes tindran de complir uns requisits bàsics que asseguraran el correcte funcionament del sistema. Tot seguit s'enumeren aquests requisits bàsics:

- Garantir el subministrament d'energia elèctrica en les hores en que no hi hagi radiació solar per produir energia.
- Assegurar la estabilitat de la tensió per tal d'oferir un bon funcionament dels equips que alimenta el grup solar.
- Proveir d'energia a la càrrega quan es presenten dies amb baix nivell de radiació.

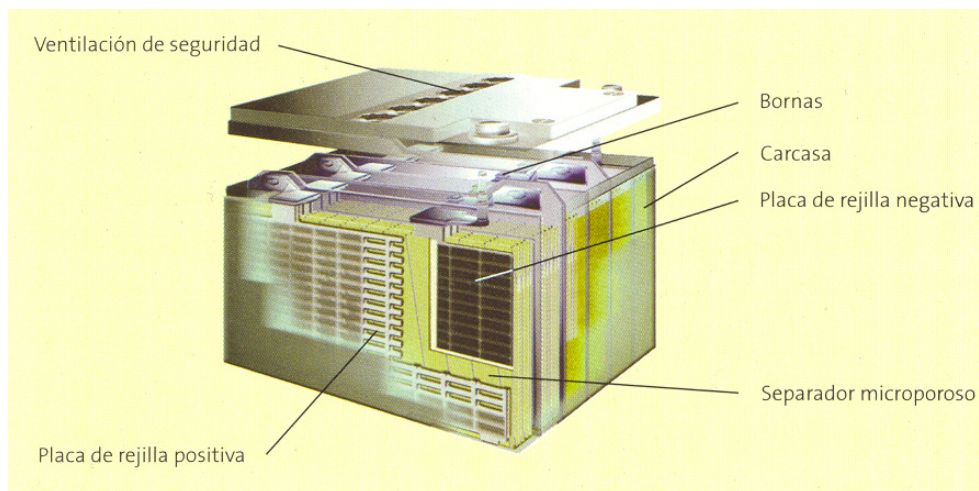
En conclusió, es pot dir que les bateries fotovoltaïques en que la seva aplicació es destini a càrregues profundes tenen de ser, del tipus estacionari, igual que en aquells altres casos on la capacitat sigui elevada, ja que si disposéssim d'una gran quantitat de petites bateries, disminuiríem excessivament la viabilitat del conjunt. Contràriament, si la instal·lació fotovoltaïca és de petites dimensions o bé el manteniment és molt difícil, no tan sols en el cost sinó en les facilitats d'accés, la decisió es decantaria per les bateries sense manteniment, tenint sempre en compte el fet de que les descàrregues no siguin excessivament profundes per tal d'evitar l'envelliment prematur de les bateries.

Les dades necessàries per tal de realitzar un disseny adequat de les bateries integrades en un sistema fotovoltaïc són les següents:

- Tensió de funcionament.
- Descàrrega màxima al final dels dies d'autonomia.
- Temperatura mitja de funcionament.

- Temperatura mínima del sistema.
- Dies consecutius en els quals es poden produir baixes temperatures.
- Tipus de regulador usat.
- Facilitat d'accés de muntatge i manteniment de les bateries en el lloc de la instal·lació.

En la següent *figura 63* podem visualitzar un tipus de bateria utilitzada en un sistema fotovoltaic aïllat de la xarxa de distribució elèctrica.



**Figura 63:** Tipus de bateria utilitzat en sistemes fotovoltaics aïllats

La missió del **regulador de càrrega** es centra en evitar que degut a una sobrecàrrega excessiva proporcionada pel mòdul fotovoltaic, aquest pugui en algun moment causar perjudicis a la bateria, i per tant disminuir la vida d'aquesta.

Els mòduls fotovoltaics tenen una tensió nominal superior a la tensió nominal de les bateries usades en les instal·lacions. Aquest fet és degut a dues causes:

- La tensió nominal del pannel fotovoltaic té de ser més elevada, per tal d'evitar la disminució que es pot produir degut a l'augment de temperatura.
- La tensió a circuit obert del mòdul fotovoltaic té de ser sempre més gran que la tensió màxima de la bateria, per tal de poder ser carregada adequadament. Per poder arribar a aconseguir un estat total de càrrega en una bateria de 12 V, necessitem una tensió mínima de 14 V.

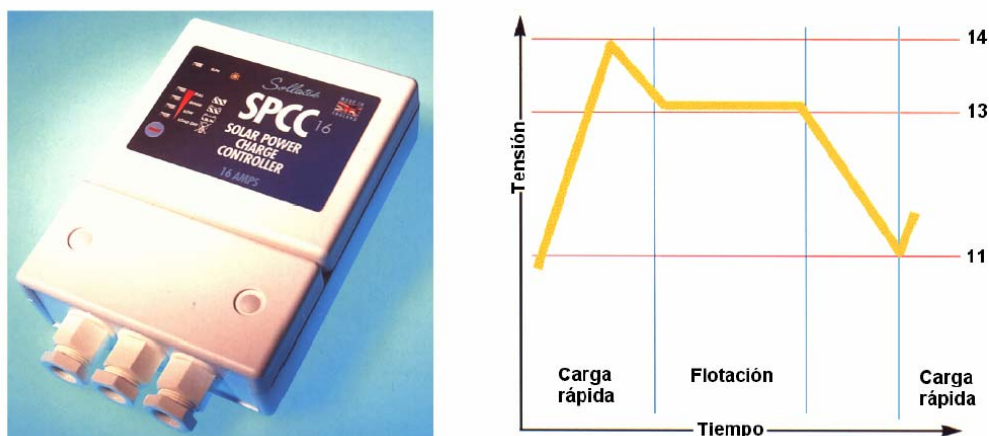
En definitiva, el regulador de càrrega és un equip capaç d'evitar la sobrecàrrega de l'acumulador, i que al mateix temps limita la tensió de la bateria a uns valors adequats per al seu manteniment, en estat de flotació, del grup de bateries.

Aquesta missió és summament important, ja que treballem amb una font d'energia variable i estacional. Suposem, per exemple, un consum fix durant tots els dies de l'any. Si calculem el nombre de mòduls fotovoltaics que necessitem, lògicament tindrem d'agafar com a base la radiació hivernal per tal d'assegurar el correcte funcionament de la instal·lació fotovoltaica en l'època de menys radiació. En canvi, aquest fet no ens té de fer pensar que, quan arribi l'estiu, el valor de la radiació pugui duplicar-se, i que la producció seria el doble a la calculada per a l'estació hivernal i, pel contrari, el consum seria el mateix. Per tant, si no existís un sistema regulador del sistema solar fotovoltaic

aïllat de la xarxa, es produiria un excés d'intensitat que seria capaç de fer escalfar massa l'electrolit, amb la conseqüent pèrdua d'aigua i el deteriorament del conjunt de les bateries, al no estar limitada la tensió.

Habitualment, el control d'estat de la càrrega de les bateries es realitza mitjançant la mesura de la tensió en borns, usant les dades principals pels diferents fabricants, ja que existeix una relació entre aquests dos paràmetres. Així, el circuit de control del regulador de càrrega sap quan aquest té de començar a limitar la corrent proporcionada pel sistema fotovoltaic.

En la *figura 64* s'observa un sistema de regulació de càrrega utilitzat en un sistema fotovoltaic aïllat de la xarxa de distribució.



**Figura 64:** Regulador de càrrega utilitzat en sistemes fotovoltaics aïllats

En el mercat de reguladors de càrrega hi ha diversos tipus d'aquests, com poden ser els reguladors shunt i el regulador sèrie.

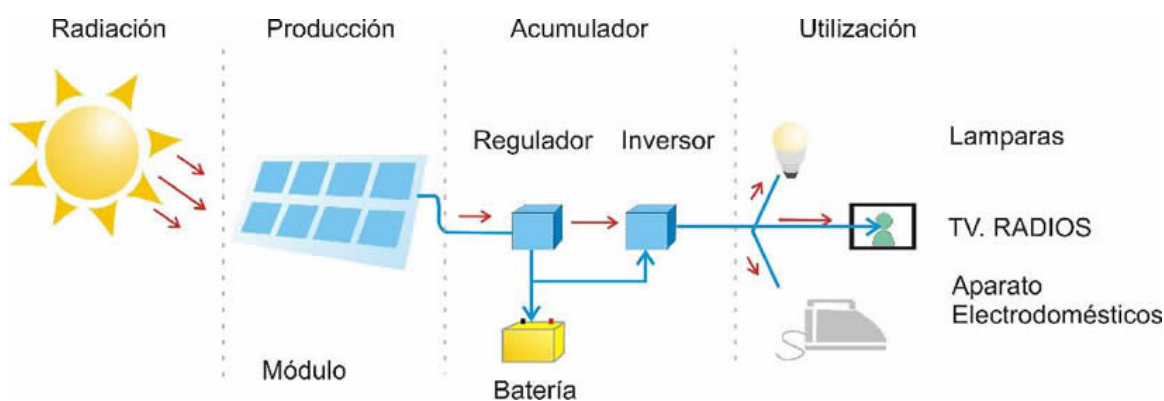
El **regulador shunt** es col·loca en paral·lel amb el sistema fotovoltaic i el conjunt de bateries, detecten la tensió dels borns de la bateria, i quan aquest potencial assoleix un valor establert en anterioritat, creen una via de baixa resistència a través del grup solar, derivant la corrent i apartant-la de les bateries. Un diode en sèrie, situat entre el regulador en derivació i la bateria, impedeix que la corrent de les bateries retorni a través del regulador o del grup solar. Com que el sistema al qual s'està donant energia agafa la corrent de la bateria, la seva tensió en els borns disminuirà fins que es desconnecti el regulador en derivació i es restableixi la càrrega. Els reguladors de tipus shunt han de dissipar tota la corrent de sortida del grup solar quan el sistema de bateries assoleix l'estat de plena càrrega. Aquest fet resulta un treball raonable quan els sistemes elèctrics solars són petits, però amb els gran sistemes es requereixen dissipadors tèrmics de grans dimensions o dissipadors de menors múltiples, fet que provoca problemes de viabilitat i d'un cost elevat. Aquest tipus de reguladors, estan en desús avui en dia, ja que els avenços en quan als microprocessadors i l'electrònica en general han facilitat el disseny d'equips més compactes i amb més prestacions dels que oferien aquests.

Pel que fa als **reguladors sèrie**, aquests es basen en el concepte de regulació en sèrie, en la que el grup solar es desconnecta del sistema de bateries quan aconseguix un estat de plena càrrega, per tant aquest sistema és equivalent a un interruptor connectat en sèrie que proporciona una via de baixa resistència des del grup solar fins al sistema

de bateries durant la càrrega, i u circuit obert entre el grup i la bateria quan aquesta es troba plenament carregada. En el regulador sèrie que utilitzi relé electromecànic no es dissipa res d'energia en cap dels estats, perquè quan està en la posició *tancat* no hi haurà caiguda de tensió a l'interruptor i quan es trobi en posició *obert* no hi haurà pas de corrent. La única potència consumida és la requerida per al propi funcionament dels circuits de control i, en el seu cas, la produïda per la caiguda de tensió del diode de bloqueig, si es dota d'aquest element el regulador. Avui dia, s'utilitzen relés d'estat sòlid, que eviten les considerables mides i consums de les bobines que necessitaven per al seu funcionament els relés tradicionals, així com la destrucció de prematura dels seus contactes, especialment en tensions de treball de més de 24 V, degut als arcs que és capaç de produir la corrent continua en aquest tipus de valors. En resum, els reguladors sèrie utilitzats avui en dia per al control de la càrrega de les bateries ens asseguren un eficaç treball i una major vida dels sistemes fotovoltaics. En la mesura que el sistema de regulació realitzi les fases de càrrega diferenciades, podrem assegurar un millor i major nivell de càrrega.

També existeixen en el mercat fotovoltaic panells solars que no necessiten usar un regulador de càrrega (**mòduls fotovoltaics autorregulats**). Aquest fet proporciona múltiples avantatges en quan a cost i viabilitat del sistema, ja que tan sols treballen els dos elements més robustos: el mòdul fotovoltaic i la bateria. La corba de càrrega d'un mòdul fotovoltaic autorregulat té que complir el requisit bàsic d'aconseguir un grau elevat de càrrega a la bateria, disminuint la corrent produïda fins un mínim de manteniment. D'aquesta forma, s'aconsegueix una càrrega adequada sense produir una evaporació de l'electrolit. Per tant és necessari que la relació voltatge – corrent sigui inversa, és a dir, que una demanda de tensió en la bateria que es produeixi entre el 90 i el 100% del seu estat de càrrega, faci traslladar el punt de treball del pannel solar fora del colze de la seva corba característica i, en conseqüència, es generi una corrent elèctrica cada cop menor que faci mantenir automàticament el nivell de càrrega idoni. Si en aquest moment connectéssim algun consum a la bateria, aquesta faria disminuir el seu voltatge, i per tant, el punt de treball tornaria a desplaçar-se al llarg de la corba fins donar la màxima intensitat possible en funció de la radiació solar en aquest moment i la tensió en la que es quedés la bateria.

En la següent *figura 65* se'ns mostren els diversos components i processos que es segueixen en una instal·lació fotovoltaica aïllada de la xarxa de distribució per tal de que es pugui fer un ús de l'energia captada pels mòduls fotovoltaics.



**Figura 65:** Exemple d'un sistema fotovoltaic aïllat de la xarxa de distribució

### 2.3.4.5.2 Sistemes fotovoltaics connectats a la xarxa de distribució

Les instal·lacions fotovoltaïques connectades a la xarxa de distribució elèctrica injecten l'energia generada pels panells fotovoltaics a la xarxa de distribució elèctrica convencional i aquesta s'utilitza en indrets on hi hagi una demanda d'aquesta energia. Aquests tipus d'instal·lacions disposen d'un comptador de sortida d'energia que és l'encarregat de saber quina quantitat d'energia s'ha injectat a la xarxa, per després la companyia elèctrica a la qual venem l'energia ens pugui abonar els diners referents a la nostra energia produïda en el sistema fotovoltaic. Aquests tipus de sistemes fotovoltaics realment es tracten de solucions alternatives per tal d'evitar l'actual dependència del mercat del petroli mundial (grans fluctuacions de mercat en petits terminis de temps) ja que utilitzen recursos locals energètics i contribueixen a reduir els efectes generats pels gasos nocius que es generen quan es produeix energia elèctrica per sistemes convencionals.

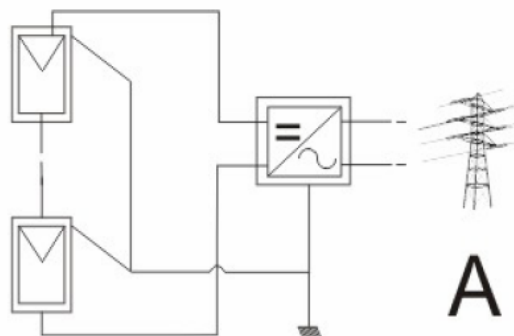
Un sistema fotovoltaic connectat a la xarxa de distribució consta dels següents elements: sistema de generació d'energia fotovoltaica, sistema d'acondicionament de potència, sistema de protecció i cablatge i evacuació de l'energia generada a la xarxa de distribució.

En quant al **sistema de generació d'energia fotovoltaica**, aquest és el conjunt de panells fotovoltaics interconnectats en sèrie (es sumem les tensions) o en paral·lel (es sumem les intensitats) d'un determinat nombre de mòduls fotovoltaics. Els mòduls fotovoltaics són els encarregats de transformar l'energia irradiada pel Sol en energia elèctrica, seguint tots els passos explicats anteriorment en aquest mateix punt sobre l'energia solar fotovoltaica. Una de les característiques principals d'un pannel fotovoltaic és la seva potència pic o potència nominal, que és la quantitat màxima de potència que podríem obtenir del pannel en condicions quasi perfectes de radiació i temperatura, que normalment no les tenim. Per aquest fet, es denomina "pic" ja que en la pràctica és un nivell màxim. La potència pic vindrà donada per l'eficiència de les cèl·lules i per la quantitat d'aquestes, és a dir per la mida del mòdul. Un paràmetre fonamental dels mòduls relacionat amb la potència és el marge de variació en la potència nominal, que sol ser un més menys ( $\pm$ ) que apareix després de la potència pic, i indica que la potència pic real del pannel, estarà als voltants d'aquests marges. És important que aquest paràmetre sigui molt baix ja que la dispersió en la potència nominal de varis mòduls produeix sensibles pèrdues de potència, que es denominen pèrdues "mismatch". Un altre dels paràmetres importants dels panells són els coeficients de pèrdues per temperatura, que indiquen el grau de pèrdua de rendiment del pannel segons es va escalfant. La calor és un dels principals enemics de la generació fotovoltaica.

Pel que fa al **sistema d'acondicionament de potència**, es pot dir que per tal d'injectar la corrent continua generada pels mòduls fotovoltaics a la xarxa de distribució elèctrica, és necessari el fet de transformar aquesta corrent continua en corrent alterna ja que la xarxa de distribució elèctrica funciona amb aquest últim tipus de corrent. Aquesta funció la realitza una sèrie d'equips anomenats inversors (s'explicarà amb més detall la seva constitució i funció en el següent punt), que són els elements encarregats de transformar la tensió continua procedent dels mòduls fotovoltaics en la tensió alterna en la qual treballa la xarxa de distribució, adoptant la mateixa freqüència, amplitud, forma d'ona i seqüència de fases que aquesta mateixa xarxa de distribució.

Fent referència al **sistema de protecció i cablatge** de les instal·lacions fotovoltaïques connectades a la xarxa de distribució elèctrica, aquests sistemes tenen la funció d'adequar la instal·lació amb totes les mesures de seguretat òptimes per tal de que tots els components, tant personal com tècnics, que puguin formar part de la instal·lació puguin disposar de la protecció necessària en cas de que es produís algun tipus d'error o de fuga en el sistema elèctric que transporta l'energia per tot el circuit. Dintre d'aquest bloc també podríem incloure-hi els aparells de mesura (comptadors elèctrics unidireccionals o bidireccionals) que són els encarregats de comptar l'energia generada que injecta el sistema fotovoltaic a la xarxa de distribució. En quan a les proteccions que s'utilitzen en aquest sistema trobem les següents: posta a terra, controlador permanent d'aïllament, fusibles, varistors i seccionadors específics.

La *posta a terra* consisteix en connectar totes les masses (marcs dels mòduls fotovoltaïcs, armaris de connexions...) a terra i els terminals positius i negatius els tindrem de deixar flotants. Es pot veure un exemple d'una posta a terra en la *figura 66*.



**Figura 66:** Posta a terra d'una instal·lació connectada a la xarxa

El *controlador permanent d'aïllament* és l'element que acompanya el sistema flotant. Aquest dispositiu és l'encarregat de mesurar l'aïllament entre les fases i la terra. En el cas de que l'aïllament baixi per sota d'un valor límit, el sistema curtcircuita les fases positiva i negativa i les posa a la terra. Molts inversors incorporen aquest tipus de dispositius.

La missió dels *fusibles* és protegir la instal·lació fotovoltaïca de possibles sobretensions. Aquestes sobretensions poden estar provocades per la derivació de corrent produïda per un ramal sobre un altre ramal de la instal·lació on es produeix un defecte elèctric.

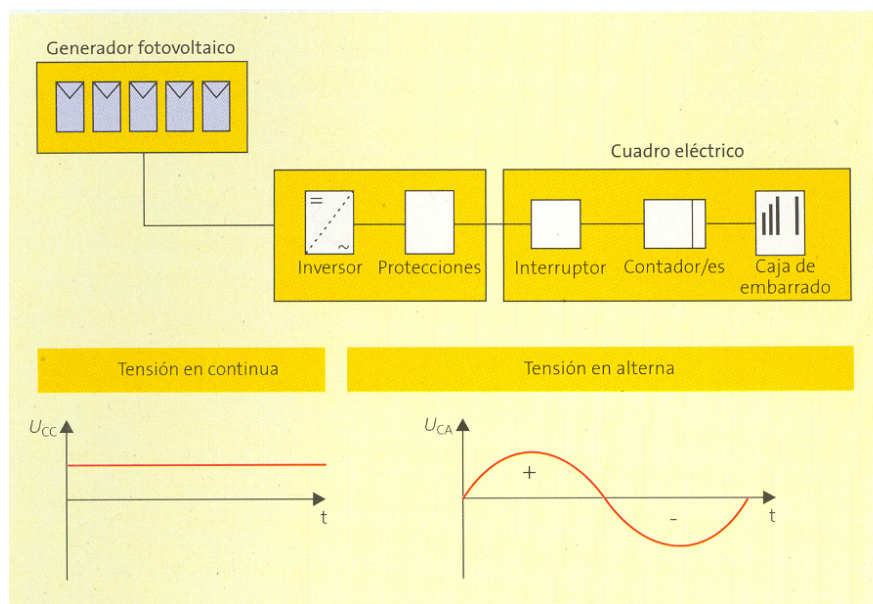
Els *varistors* són els encarregats de protegir el generador de sobreintensitats. En el cas de que un llampec no sigui correctament reconduït pel sistema de terra i passi a alguna de les fases, el varistor és l'encarregat de d'evitar que la sobretensió acabi passant per l'inversor.

Els *seccionadors* específics, són els magnetotèrmics utilitzats per interrompre el flux de corrent del generador i han de ser capaços d'extingir amb garanties l'arc elèctric que es pugui produir. Existeixen en el mercat diversos seccionadors específics per a corrent continua.

Per últim, el **sistema d'evacuació de l'energia** generada a la xarxa de distribució, és el tipus de sortida que tindrà l'energia que genera la nostra instal·lació. Aquesta evacuació de l'energia, amb paràmetres de baixa tensió (BT) de 400 V i freqüència 50 Hz a la xarxa elèctrica, es realitza a través d'infraestructures comuns d'interconnexió de la instal·lació solar amb el punt de connexió a la xarxa de distribució que ens proporcionarà la companyia distribuïdora de l'energia.

En conclusió, les instal·lacions solars fotovoltaïques connectades a la xarxa de distribució elèctrica, són aquelles que injecten l'energia generada pels mòduls fotovoltaïcs a la xarxa de distribució elèctrica convencional, tot passant per una sèrie de sistemes que permeten que el canvi de corrent continu a alterna sigui del tot correcte i que no hi hagi cap tipus de problema en quan als sistemes de protecció i evacuació de l'energia a la xarxa de distribució.

En la següent *figura 67* podem visualitzar més detalladament els diversos components que conformen un sistema fotovoltaic connectat a la xarxa de distribució elèctrica.



**Figura 67:** Esquema unifilar d'una instal·lació connectada a la xarxa

#### 2.3.4.6 L'inversor

L'inversor o convertidor continua – alterna, es tracta d'un dispositiu electrònic de potència que és l'encarregat de transformar el corrent continu generat pel sistema fotovoltaic a corrent altern, amb la tensió i freqüència apta per al consum i distribució d'aquesta energia.

Aquest sistema consta d'un circuit electrònic, realitzat amb transistors o tiristors, que trossegen la corrent continua, alterant-la i creant una ona de forma quadrada. Aquest tipus d'ona ja pot ser utilitzada després d'haver-la fet passar per un transformador que n'eleva la seva tensió, tot obtenint els denominats convertidors d'ona quadrada, o bé, si es filtra, obtindrem una ona sinusoidal igual a la de la xarxa elèctrica.

Per a moltes aplicacions en energia solar, és suficient utilitzar convertidors d'ona quadrada, ja que les càrregues no són especialment sofisticades (llums, petits motors...) i presenten habitualment un rendiment més elevat, ja que al no existir filtre, les pèrdues són més petites. Si utilitzem convertidors de CC / CA tenim de reflectir en els càlculs el rendiment d'aquest equip i a més a més tenir molt en compte que aquest rendiment pot disminuir a mesura que utilitzem menys potència de la nominal de l'equip inversor. El valor d'aquest rendiment es té de buscar en les dades proporcionades pel fabricant, ja que en algunes aplicacions el consum nominal de l'equip serà variable, i per tant tindrem de fer una mitjana aritmètica d'aquest valor aproximant-nos al rendiment mig de les diferents potències consumides.

Les principals funcions que té l'inversor en les instal·lacions fotovoltaïques són les següents:

- Transformació del corrent i tensió continua produïda pel generador fotovoltaïc a corrent i tensió alterna d'acord amb les condicions de la xarxa elèctrica.
- Ajustament del punt de treball de l'inversor al punt de màxima potència del generador fotovoltaïc.
- Recollida de dades i senyalització.
- Elements de seguretat a la part de continua i alterna (protecció contra polaritat inversa, protecció contra sobretensió, protecció contra sobrecàrrega, etc.)

El nombre de convertidors que hi ha en el mercat és amplia, tant d'ona quadrada com d'ona sinusoidal, i la decisió d'utilitzar un tipus o l'altre serà en funció del tipus de càrrega que se li connecti, encara que lògicament, el que sempre alimentarà correctament la càrrega serà el tipus d'ona sinusoidal que, en contrapartida, tindrà un cost més elevat.

També es poden distingir els inversors segons la utilització i funció que tenen aquestes, és a dir, existeixen dos principals tipus en aquest apartat, els inversors que s'utilitzen en els sistemes connectats a la xarxa elèctrica i els inversors que s'utilitzen en instal·lacions aïllades (en els dos casos ens és necessari la utilització d'un inversor per tal de poder transformar el corrent continu generat pel sistema fotovoltaïc en corrent altern). Dintre del primer tipus, hi ha dos subdivisions els inversors guiats per la xarxa elèctrica i els inversors autoguiats. Aquests últims poden ser amb transformador de baixa potència, amb transformador d'alta freqüència i sense transformador.

Una altra possibilitat d'elecció dels inversors és l'arrencada automàtica, que consisteix en un circuit addicional que al detectar la connexió d'una càrrega, automàticament dóna l'ordre a l'etapa de potència del convertidor per a la seva posada en marxa. Un cop la càrrega ha deixat de consumir, l'inversor s'atura i tan sols queda en funcionament l'equip detector, amb un baix consum. És molt interessant utilitzar aquests inversors quan els consumidors es connecten i desconnecten varies vegades al dia. Si, pel contrari, l'ús d'aquest fos esporàdic, llavors convindria utilitzar una encesa manual, que reduiria el cost. Es té de tenir en compte que els inversors d'arrencada automàtica habitualment necessiten una potència d'uns 20 W aproximadament per tal de detectar la seva connexió. Per sota d'aquesta potència l'inversor no arrenca.

Es poden trobar alguns models d'inversors susceptibles de connectar-se en paral·lel, el qual ens afegeix un avantatge addicional important a l'hora de realitzar

ampliacions en les instal·lacions que ja estaven realitzades, evitant prescindir de l'inversor que ja disposàvem, i simplement afegint-ne un altre més passem a tenir el doble de la potència instal·lada en un principi. I per una altra part, en el cas d'avaría d'un dels equips, sempre tindriem un inversor en servei que es faria càrrec de les càrregues essencials.

Una altra variant d'inversor és l'inversor carregador. Aquest es tracta d'un inversor reversible, és a dir, si la corrent circula d'esquerra a dreta (per exemple, de la bateria al punt de consum a través de l'inversor), ens converteix la corrent continua en alterna, com qualsevol inversor convencional, i si posem una font de corrent alterna (usualment un grup electrogen) en borns de sortida de l'inversor i la corrent va de dreta a esquerra, es comportarà com un rectificador, tot carregant la bateria. Aquest fet representa un cert avantatge en instal·lacions que disposen de grup electrogen, ja que en davant d'una emergència podem carregar la bateria usant un sol equip (l'inversor carregador), o bé, en utilitzacions d'aquest grup, aprofitar el que queda de l'energia per tal de col·locar-la a la bateria. L'únic condicionant és que tan sols pot fer una de les dues coses, o inverteix i passa la corrent de continua a alterna, o rectifica i passa d'alterna a continua, i per tant tindrem de cablejar la instal·lació de tal forma que poguéssim usar aquestes dos funcions sense produir avaries indesitjables.

L'inversor incorpora internament un vigilant d'aïllament de la part de corrent continu que actua en cas de detectar una derivació a terra. Aquesta situació es senyalitza a la part frontal de l'equip amb un LED vermell i provoca la desconexió de l'inversor. Si la situació es corregeix l'inversor es reposa automàticament.

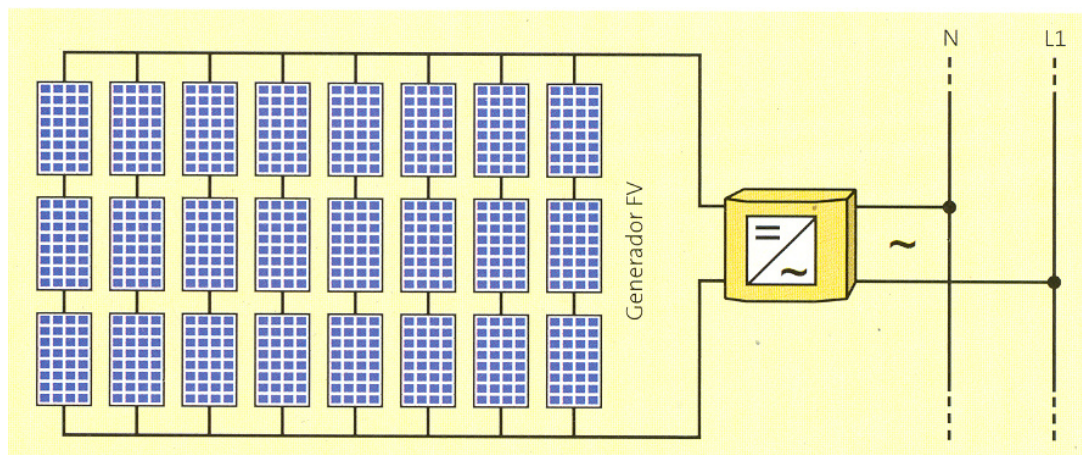
Pel que fa a la configuració de les instal·lacions els inversors es poden disposar de diversos formes: centralitzat, per ramal i en mòdul.

Els sistemes en inversor **centralitzat** es poden dividir en diferents tipus: inversor centralitzat amb molts mòduls per ramal, inversor centralitzat amb molts mòduls per ramal (mestre – esclau) i inversor centralitzat amb pocs mòduls per ramal. Tot seguit s'exposen les diferents característiques d'aquests tipus de sistemes:

- Inversor centralitzat amb molts mòduls per ramal:
  - El conjunt disposa d'una tensió elevada.
  - Hi ha un risc elèctric alt ( $V_{cc} > 120V$ )
  - Seccions dels cables petites i pèrdues per ombres elevades.
  - Mòduls amb baixes toleràncies de potència.
  - Insolació uniforme per cada ramal.
  - Vàlid per grans potències (MW).
- Inversor centralitzat amb molts mòduls per ramal (mestre – esclau):
  - En aquest sistema mestre – esclau es disposa de varis inversors, un és l'inversor principal (mestre) i uns altres inversors (esclaus) s'utilitzen en cas de que el principal no pugui desenvolupar la seva tasca, bé per una avaria interna o externa al sistema. També s'utilitzen per que d'aquesta forma es pot millorar el rendiment de l'inversor. Però l'ús d'aquest sistema és limitat degut al cost de tenir varis inversors.

- Inversor centralitzat amb pocs mòduls per ramal:
  - El conjunt disposa d'una tensió baixa.
  - Hi ha un risc elèctric baix ( $V_{cc} < 120V$ )
  - Seccions dels cables grans.
  - Pèrdues per ombres reduïdes (convenient en cas d'ombres parcials)
  - Permet l'ús de mòduls amb grans toleràncies de potències.
  - L'inversor tindrà una baixa potència d'entrada.

En la següent *figura 68* podem observar l'esquema d'un sistema fotovoltaic amb inversor centralitzat amb pocs mòduls per ramal.

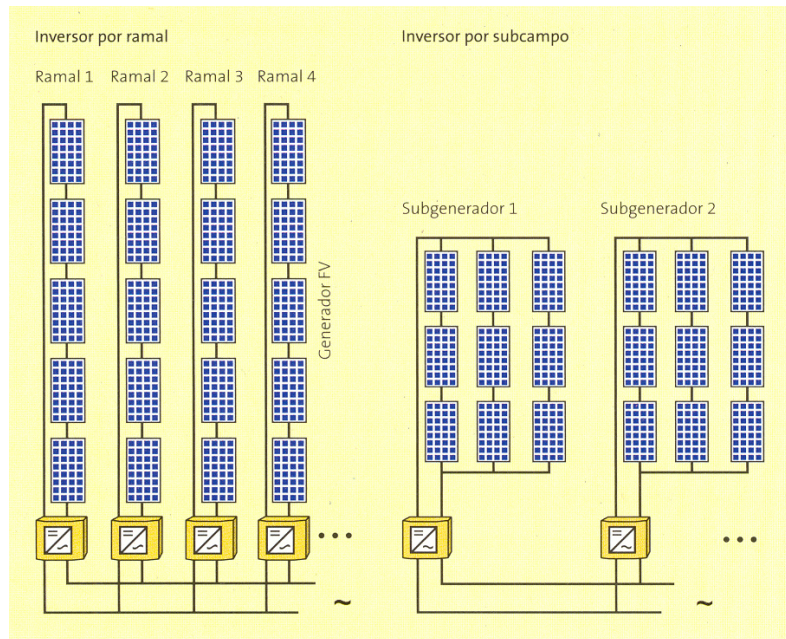


**Figura 68:** Esquema d'un inversor centralitzat amb pocs mòduls per ramal

Pel que fa als sistemes en inversor per **ramal** aquests es poden dividir en dos tipus, els ja anomenats inversors per ramal i una variant d'aquest tipus, que es tracta de la connexió en paral·lel.

- Inversor per ramal:
  - Suposa una reducció dels costos de muntatge.
  - Té un rendiment més elevat que el sistema centralitzat.
  - Podem col·locar ramals amb diferents: inclinacions i orientacions per poder evitar i jugar amb la possible presència d'ombres.
- Connexió en paral·lel dels inversors:
  - El conjunt de la instal·lació tindrà una tensió baixa.
  - Té un risc elèctric baix ( $V_{cc} < 120V$ ).
  - Pèrdues per ombres reduïdes (es tracta d'un sistema convenient en casos on tinguéssim ombres parcials).
  - Secció de cable relativament elevada.
  - Permet l'ús de mòduls amb grans toleràncies de potències.
  - Inversors amb baixa tensió d'entrada.

En la *figura 69* es pot visualitzar l'esquema d'un sistema fotovoltaic amb inversor per ramal.

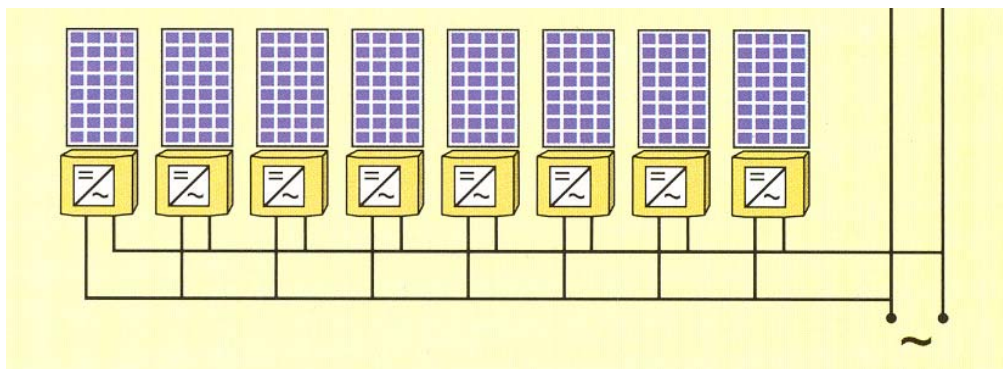


**Figura 69:** Esquema d'un inversor per ramal

Per últim, els inversors per **mòdul** presenten les següents característiques principals:

- Inversor per mòdul:
  - Representa un cost elevat per la instal·lació.
  - S'obtenen rendiments inferiors als altres tipus de connexió.
  - S'adopta un millor ajustament del punt de potència.
  - Cost elevat de manteniment.
  - Adequat per façanes.
  - No es produeixen pèrdues per ombres.
  - Rang de tensions < 120 V.
  - En cas d'una possible avaria d'un mòdul, no afecta a la resta.

En la següent *figura 70* se'ns mostra un sistema d'inversors per mòduls en una instal·lació fotovoltaica.



**Figura 70:** Esquema d'un inversor per mòdul

## 2.4 Normes i referències

### 2.4.1 Disposicions legals i normes aplicades

Les disposicions legals, normatives, lleis i reglaments que s'han seguit per redactar aquest projecte són les següents:

- **Real Decret 842/2002**, de 2 d'Agost, pel qual s'aprova el Reglament Electrotècnic per a Baixa Tensió.
- **Real Decret 2617/1966**, de 20 d'Octubre, (B.O.E. 24-10-66), sobre l'autorització de instal·lacions elèctriques.
- **Llei 54/1997**, de 27 de Novembre, (B.O.E. 30-12-97), sobre el sector elèctric.
- **Real Decret 1663/2000**, de 29 de Setembre, sobre la connexió de instal·lacions fotovoltaïques a la xarxa de baixa tensió.
- **Real Decret 463/2004**, de 12 de Març que estableix la normativa bàsica que es té d'aplicar a l'energia elèctrica i injectada a la xarxa mitjançant panells solars fotovoltaïcs.
- **Real Decret 1433/2002**, de 27 de Desembre, pel qual s'estableixen els requisits de mesura en baixa tensió de consumidors i centrals de producció en Règim Especial.
- **Real Decret 1578/2008**, de 26 de Setembre, sobre la retribució de l'activitat de producció d'energia elèctrica mitjançant tecnologia solar fotovoltaïca.
- **Real Decret 2818/1998**, de 23 de Desembre, (B.O.E. 30-12-98), sobre la producció d'energia elèctrica per instal·lacions proveïdes per recursos o fonts d'energia renovables, residus i cogeneració.
- **Normes UNE** relacionades amb l'actual Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió.
- **Decret 352/2001**, de 18 de Desembre, sobre el procediment administratiu aplicable a les instal·lacions d'energia solar fotovoltaïca connectades a la xarxa elèctrica.
- **Llei 7/1994**, de 18 de Maig, sobre la protecció ambiental de l'entorn.
- **Real Decret 1955/2000** d'1 de Desembre, pel qual es regulen les activitats de transport, distribució, comercialització, subministrament i procediments d'autorització sobre les instal·lacions d'energia elèctrica.
- Codi Tècnic de l'Edificació (CTE), **RD 314/2006** de 17 de Març. Secció HE4 sobre energia solar tèrmica.
- Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques en Edificis (RITE). **Real Decret 1027/2007**.
- **Norma UNE 94002**, sobre instal·lacions solars tèrmiques per producció d'aigua calent sanitària.
- **Real Decret 865/2003**, de 4 de Juliol, en el qual s'estableixen els criteris higièncics i sanitaris per a la prevenció i control de la legionel·losis.
- **Decret d'Ecoeficiència** de la Generalitat de Catalunya. Decret 21-2006.
- **Real Decret 1302/1986** de 28 de Juny, d'avaluació d'impacte mediambiental.
- **Real Decret 2177/1996** sobre la protecció d'incendis en els edificis.
- Llei número 88/67 de 8 de Novembre sobre el sistema internacional de mesures (SI).
- **Llei 31/1995**, de 8 de Novembre, sobre prevenció de riscos laborals.
- **Real Decret 1627/1997**, de 24 d'Octubre, sobre les disposicions mínimes de seguretat i salut en les obres.

## 2.4.2 Bibliografia

Les diferents fonts bibliogràfiques que s'han utilitzat en la confecció d'aquest projecte final de carrera, són les següents:

- López Villada, Jesús; Apunts del curs de postgrau "Especialista Universitari en Energies Renovables" (EUER); Fundació URV; Tarragona 2009.
- Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió (Real Decret 842/2002).
- Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques en Edificis (RITE). Real Decret 1027/2007.
- Plec de condicions tècniques d'instal·lacions de baixa temperatura. Departament d'energia solar, IDAE 2002.
- Plec de condicions tècniques d'instal·lacions connectades a la xarxa. Departament d'energia solar, IDAE 2002.
- Mitjà i Sarvisé, Albert; Atlas de radiació solar a Catalunya; Institut Català de l'energia (ICAEN); Setembre de 2001.
- Disseny d'instal·lacions solars tèrmiques; Wagner & Co. Tecnologia solar; Abril de 2006.
- La guia ASIT de la energia solar tèrmica; AICIA – ASIT; Setembre de 2006.
- Guia pràctica de l'energia: consum eficient i responsable; Institut per a la Diversificació i l'Estalvi de l'Energia (IDAE); Madrid 2007.

Les diferents pàgines web que s'han utilitzat en la confecció del projecte final de carrera, són les següents:

- Servei Meteorològic de Catalunya: <http://www.meteocat.com>
- Institut Nacional de Meteorologia: <http://www.inm.com>
- Institut per al desenvolupament i l'estalvi d'energia: <http://www.idae.es>
- Institut català de l'energia: <http://www.icaen.net>
- Xarxa Elèctrica Espanyola: <http://www.ree.es>
- Comissió nacional de l'energia: <http://www.cne.es>
- Pàgina web de greenpeace: <http://www.greenpeace.es>
- Centre d'estudis de l'energia solar: <http://www.censolar.es>
- Pàgina web de solarpedia: <http://www.solarpedia.es>
- Pàgina web de tecnico-central: <http://www.tecnicoentral.com>
- Pàgina web de portal-solar: <http://www.portalsolar.com>
- Associació Espanyola de Normalització: <http://www.aenor.es>
- Pàgina web "solarenergy": <http://www.solarenergy.ch>
- Pàgina web d'ajudes energètiques: <http://www.ayudasenergia.com>

### 2.4.3 Programes de càlcul

Els programes informàtics que s'han utilitzat en la realització d'aquest projecte són els següents:

- **TRANSOL:** Programa informàtic dedicat a la simulació i càlcul de sistemes solars tèrmics.
- **ACSOL:** Programa informàtic dedicat a la simulació i càlcul de sistemes solars tèrmics.
- **F-Chart:** Full de càlcul Excel utilitzat per al dimensionament d'instal·lacions d'energia solar tèrmica.
- **PVSYST:** Programa informàtic dedicat a la simulació i càlcul d'instal·lacions i sistemes fotovoltaics.
- **SolarPathfinder:** Programa informàtic que s'utilitza per a la comprovació de les pèrdues produïdes pels obstacles propers a la instal·lació solar. Per poder fer l'estudi d'ombres a l'ordinador, anteriorment és té de fer una fotografia a un aparell encarregat de projectar les ombres, properes a l'edifici, en el seu interior.
- **CIEBT:** Software de l'empresa dmElect encarregat per realitzar càlculs d'instal·lacions de baixa tensió en edificis singulars, locals comercials i indústries.
- **Fronius Solar Configurator:** Software de l'empresa Fronius que s'ha utilitzat per trobar l'inversor més adequat a la potència fotovoltaica instal·lada.

### 2.4.4 Pla de gestió de la qualitat aplicat durant la redacció del projecte

El present projecte final de carrera ha estat redactat segons la Norma UNE 157001 que fa referència als criteris generals per a l'elaboració de projectes.

El procés específic utilitzat per tal de poder assegurar la qualitat durant la realització del projecte és el següent: s'ha procedit a realitzar una comprovació de la concordança, amb les disposicions legals i normes aplicades al projecte, de tots aquells elements importants que d'alguna forma o altra puguin portar a dificultats a l'hora de comprendre el projecte. Aquest procés conté els següents apartats:

- Comprovar que tots els elements que estiguin dissenyats i inclosos en aquest mateix projecte segueixin les normatives actuals específiques referents a aquests i estiguin homologats i certificats per tal de realitzar la seva funció.
- Constatar que els valors i elements obtinguts, en quan al dimensionament d'aquests sigui del tot correcte, per tal de que aquests prestin un correcte funcionament.
- Verificar que els elements especificats en l'estat de medicions siguin de les mateixes característiques que els especificats i calculats en els annexos.
- Assegurar-se de que l'apartat del pressupost del projecte final de carrera s'ajusti al preu que tenen els diferents tipus d'elements calculats en l'apartat d'annexos, ubicats en els plànols i explicats en la memòria, tot revisant i informant-se en diversos fonts d'informació sobre aquests elements.

## 2.5 Definicions i abreviatures

Les abreviatures que s'han utilitzat en la redacció d'aquest projecte final de carrera són les següents:

Abreviatura	Definició
CTE	Codi Tècnic de l'Edificació
ACS	Aigua Calent Sanitària
RITE	Reglament Instal·lacions Tèrmiques en Edificis
RD	Real Decret
BOE	Butlletí Oficial de l'Estat
REBT	Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió
OSHT	Ordenança de Seguretat i Higiene en el Treball
UNE	Una Norma Espanyola
METEOCAT	Servei Meteorològic de Catalunya
EMA	Estació Meteorològica Automàtica
m	Metres
mca	Mil·límetres de columna d'aigua

## 2.6 Requisits de disseny

Tal com ja he mencionat en el decurs d'aquesta memòria la instal·lació elèctrica, tèrmica i fotovoltaica es realitzarà en un alberg ja existent situat a la partida del Mascà, que es troba dintre del parc natural dels Ports de Tortosa – Beseit.

Pel que fa a les dimensions de alberg rural, aquest es tracta d'un rectangle perfecte de 21,4 m x 8,65 m, el qual suposa una superfície construïda per planta de 185,11 m<sup>2</sup>, i com que hi ha dos plantes, per tant la superfície total construïda és de 370,22 m<sup>2</sup>; en l'apartat de plànols es podran observar amb més detall les característiques constructives d'aquest espai. L'alberg disposa d'un sistema d'aprofitament d'aigües pluvials mitjançant un aljub, on va a parar, mitjançant canalitzacions, l'aigua caiguda de la teulada els dies de pluja. A més, es disposa d'un dipòsit de control exterior a l'alberg, on es mesura i es dosifica el clor que hi ha l'aigua; i d'un grup de pressió, on des d'aquest dispositiu es realitza la sortida a la xarxa de distribució de fontaneria que alimenta l'alberg.

En quan a l'orientació que presenta l'alberg, aquesta es va mesurar “*in situ*” amb una brúixola i la seva orientació era sud – est, amb un azimuth de – 60° (recordar que els graus d'azimut que hi ha de l'est respecte el sud són negatius). Aquest fet pot provocar algunes pèrdues energètiques per orientació, però val a dir que en la latitud on es realitza la instal·lació i amb l'adequada inclinació dels captadors i mòduls utilitzats, aquestes pèrdues no tenen perquè ser superiors a un 5 o 10%. L'orientació òptima que tenen de tenir les instal·lacions solars en el nostre hemisferi és Sud (quan la posició que

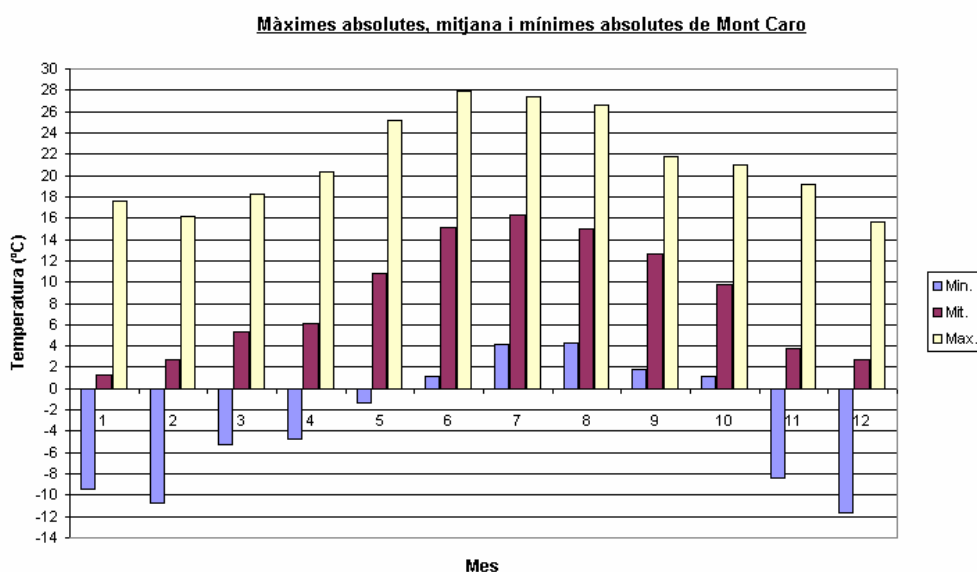
presenta el Sol és la més perpendicular possible als captadors), però en aquest present cas per qüestions constructives no ens serà possible tenir el millor azimuth possible. Cal dir que la instal·lació solar, òbviament, tan sols es realitzarà sobre la cara de la teulada (inclinada i de planxes metàl·liques) que estigui orientada al sud.

Fent referència a les ombres produïdes pels objectes propers a la instal·lació, es va realitzar un estudi amb l'aparell per mesurar ombres *SolarPathfinder*, i en el qual es va comprovar que a la superfície rectangular (cara de la teulada inclinada al sud) on es realitzarà la instal·lació no li afecten les ombres dels arbres circumdants a l'alberg, ja que aquests tenen una alçada i es troben a una distància de l'alberg major de la que, en qualsevol cas els arbres poguessin afectar per ombres la part de la teulada on es realitza la instal·lació solar.

Com que l'alberg ja està construït i, per tant, compta amb totes les instal·lacions d'un lloc de concurrència (aigua potable, electricitat, calefacció...), el que es realitza en aquest projecte en quan al tema elèctric és ampliar varies parts de l'alberg: la cuina (planta baixa) i la sala d'activitats (primera planta). Per tant es realitzarà una previsió de la nova potència a contractar i tot el que això suposarà en quan als elements de la instal·lació elèctrica (proteccions, seccions dels conductors...).

Pel que fa a les condicions climatològiques de l'alberg, que es troba a uns 1.050 m d'altura sobre el nivell del mar, aquestes es corresponen al clima típic mediterrani de la zona, que es caracteritza per hiverns humits i estius secs i calorosos. Però cal dir que el fet de que l'alberg es trobi a tanta altura sobre el nivell del mar i estigui dintre d'un Parc Natural i amb pics propers com el Mont Caro (1.447 m), fan que els hiverns de la zona siguin bastants freds, fins i tot al llarg de la història s'han arribat als  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  al cim del Mont Caro, per tant aquest fet ens condicionarà la nostra instal·lació, sobretot la instal·lació tèrmica d'ACS ja que tindrem de tenir molt en compte aquest factor a l'hora de dimensionar el sistema.

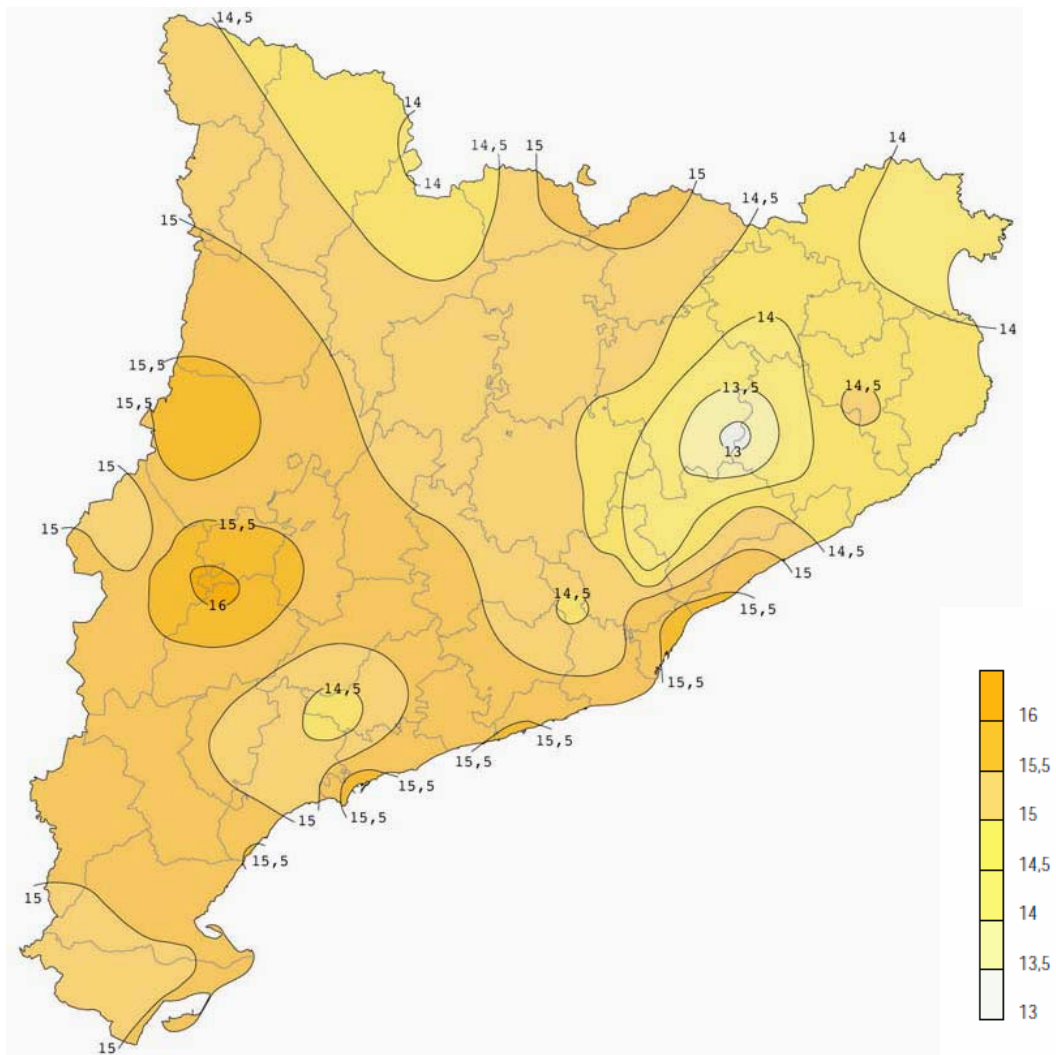
En la següent *figura 71* podem observar les temperatures màximes absolutes, mitjana i mínimes absolutes del pic del Mont Caro per mesos en els darrers 10 anys.



**Figura 71:** Temperatures del pic Mont Caro

En quan a la radiació de l'indret, un altre dels trets característics que tenim de valorar a l'hora de realitzar la nostra instal·lació solar, les referències més pròximes que s'han trobat de radiació global en superfícies inclinades a l'alberg són les de l'observatori de L'Ebre, que est troba ubicat a Roquetes a aproximadament uns 20 km de l'alberg.

Tot seguit en la *figura 72* s'aprecia el mapa d'irradiació global diària, mitjana anual ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ) de Catalunya.



**Figura 72:** Mapa d'irradiació global diària a Catalunya ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ )

Tal com es pot observar en l'anterior figura la zona (Baix Ebre) on s'ubicaran les instal·lacions solar tèrmica i fotovoltaica es troba dividida per una corba d'irradiació de  $15 \text{ MJ}/\text{m}^2$ , l'alberg es troba justament al terme municipal de Roquetes (veure ubicació en l'apartat de plànols) i està per sota d'aquest valor, per tant la irradiació global diària de la zona on es troba l'alberg es troba entre els  $14,5$  i els  $15 \text{ MJ}/\text{m}^2$ .

Tot seguit es mostren les taules de radiació global diària en superfícies inclinades ( $\text{MJ}/\text{m}^2 / \text{dia}$ ) referents a l'estació meteorològica de l'observatori de l'Ebre, situada a Roquetes. Aquestes són les dades s'han utilitzat en el disseny de les instal·lacions, ja que els mòduls i captadors utilitzats estan inclinats, i les dades que es presenten a continuació es tracten de radiacions sobre superfícies inclinades.

➤ **Nivell de radiació segons la inclinació i amb orientació 0° (Sud)**

Orientació: 0°													
Inclinació	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des	Anual
0°	7,29	9,97	13,96	18,35	21,84	23,52	22,90	20,12	16,00	11,62	8,16	6,57	15,05
5°	8,26	10,90	14,79	18,94	22,15	23,68	23,13	20,60	16,78	12,55	9,14	7,56	15,73
10°	9,18	11,76	15,53	19,44	22,33	23,70	23,23	20,97	17,45	13,40	10,08	8,50	16,32
15°	10,05	12,56	16,18	19,82	22,38	23,57	23,18	21,23	18,02	14,17	10,95	9,40	16,81
20°	10,86	13,28	16,73	20,08	22,29	23,30	22,98	21,38	18,48	14,85	11,76	10,24	17,21
25°	11,60	13,92	17,18	20,22	22,13	22,91	22,70	21,41	18,83	15,45	12,49	11,01	17,50
30°	12,27	14,47	17,53	20,24	21,84	22,46	22,32	21,30	19,06	15,94	13,14	11,71	17,70
35°	12,86	14,92	17,76	20,13	21,41	21,86	21,80	21,06	19,17	16,34	13,71	12,33	17,7
40°	13,36	15,29	17,89	19,90	20,86	21,14	21,15	20,70	19,17	16,63	14,19	12,88	17,77
45°	13,78	15,56	17,91	19,55	20,19	20,29	20,37	20,21	19,05	16,82	14,58	13,34	17,65
50°	14,11	15,72	17,81	19,09	19,39	19,32	19,47	19,60	18,81	16,90	14,88	13,71	17,41
55°	14,34	15,79	17,61	18,51	18,48	18,25	18,46	18,87	18,45	16,88	15,07	13,99	17,0
60°	14,48	15,76	17,29	17,82	17,47	17,11	17,36	18,02	17,98	16,75	15,17	14,17	16,62
65°	14,52	15,63	16,87	17,03	16,41	15,95	16,25	17,08	17,41	16,51	15,16	14,27	16,09
70°	14,47	15,39	16,35	16,13	15,29	14,70	15,05	16,04	16,72	16,16	15,06	14,26	15,47
75°	14,32	15,06	15,73	15,15	14,09	13,37	13,77	14,97	15,94	15,72	14,86	14,16	14,76
80°	14,08	14,63	15,01	14,10	12,82	11,98	12,42	13,82	15,07	15,18	14,56	13,97	13,96
85°	13,74	14,11	14,21	13,00	11,48	10,60	11,01	12,59	14,10	14,54	14,17	13,68	13,10
90°	13,32	13,51	13,32	11,83	10,12	9,27	9,69	11,30	13,06	13,82	13,68	13,30	12,18

Taula 1: Radiació amb orientació 0°

➤ **Nivell de radiació segons la inclinació i amb orientació 30° (Sud - Est / Oest)**

Orientació: 30°													
Inclinació	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des	Anual
0°	7,29	9,97	13,96	18,35	21,84	23,52	22,90	20,12	16,00	11,62	8,16	6,57	15,05
5°	8,13	10,77	14,68	18,88	22,11	23,66	23,10	20,54	16,67	12,42	9,01	7,43	15,64
10°	8,92	11,52	15,31	19,32	22,27	23,65	23,16	20,90	17,24	13,15	9,81	8,24	16,15
15°	9,67	12,19	15,87	19,64	22,34	23,56	23,16	21,14	17,71	13,80	10,56	9,01	16,58
20°	10,35	12,79	16,35	19,84	22,29	23,36	23,02	21,24	18,11	14,37	11,24	9,72	16,91
25°	10,97	13,31	16,73	19,97	22,10	23,01	22,74	21,23	18,40	14,84	11,85	10,37	17,15
30°	11,52	13,75	17,01	19,99	21,83	22,56	22,38	21,15	18,59	15,23	12,39	10,95	17,30
35°	12,00	14,11	17,18	19,89	21,46	22,04	21,92	20,94	18,66	15,52	12,84	11,46	17,35
40°	12,40	14,37	17,25	19,66	20,96	21,39	21,33	20,61	18,61	15,72	13,22	11,90	17,30
45°	12,72	14,55	17,21	19,33	20,33	20,61	20,62	20,14	18,45	15,82	13,51	12,26	17,14
50°	12,96	14,63	17,07	18,89	19,63	19,77	19,83	19,59	18,19	15,81	13,71	12,54	16,90
55°	13,11	14,62	16,86	18,40	18,87	18,87	18,99	18,98	17,86	15,72	13,83	12,74	16,58
60°	13,18	14,54	16,54	17,79	17,99	17,85	18,03	18,25	17,42	15,55	13,85	12,86	16,16
65°	13,17	14,36	16,13	17,08	17,01	16,74	16,97	17,41	16,88	15,28	13,79	12,89	15,65
70°	13,06	14,10	15,62	16,27	15,99	15,65	15,90	16,47	16,23	14,91	13,64	12,83	15,06
75°	12,88	13,74	15,02	15,38	14,95	14,49	14,79	15,52	15,49	14,45	13,40	12,69	14,40
80°	12,61	13,30	14,32	14,49	13,83	13,26	13,60	14,51	14,66	13,91	13,08	12,47	13,67
85°	12,25	12,78	13,55	13,51	12,65	12,08	12,41	13,42	13,82	13,27	12,68	12,16	12,88
90°	11,82	12,18	12,74	12,46	11,54	10,89	11,25	12,29	12,90	12,56	12,19	11,78	12,05

Taula 2: Radiació amb orientació 30°

➤ **Nivell de radiació segons la inclinació i amb orientació 60° (Sud - Est / Oest)**

Orientació: 60°													
Inclinació	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des	Anual
0°	7,29	9,97	13,96	18,35	21,84	23,52	22,90	20,12	16,00	11,62	8,16	6,57	15,05
5°	7,77	10,44	14,37	18,69	21,99	23,60	23,01	20,38	16,39	12,08	8,65	7,08	15,40
10°	8,25	10,84	14,76	18,93	22,08	23,54	23,02	20,59	16,69	12,48	9,12	7,57	15,68
15°	8,68	11,20	15,07	19,09	22,07	23,44	22,96	20,67	16,96	12,79	9,55	8,01	15,90
20°	9,06	11,53	15,29	19,19	21,95	23,20	22,77	20,71	17,13	13,08	9,93	8,40	16,04
25°	9,38	11,79	15,46	19,19	21,79	22,92	22,55	20,65	17,20	13,31	10,25	8,74	16,12
30°	9,65	11,98	15,58	19,10	21,50	22,53	22,21	20,46	17,26	13,46	10,50	9,04	16,12
35°	9,88	12,10	15,60	18,97	21,14	22,03	21,77	20,26	17,21	13,53	10,70	9,31	16,06
40°	10,07	12,17	15,53	18,73	20,73	21,51	21,30	19,95	17,06	13,51	10,88	9,52	15,93
45°	10,20	12,20	15,40	18,38	20,19	20,87	20,70	19,52	16,82	13,49	10,99	9,67	15,72
50°	10,27	12,16	15,23	18,01	19,59	20,15	20,04	19,06	16,58	13,39	11,03	9,76	15,45
55°	10,27	12,05	14,97	17,57	18,97	19,43	19,36	18,53	16,23	13,21	11,00	9,79	15,13
60°	10,20	11,86	14,63	17,02	18,23	18,60	18,56	17,90	15,79	12,95	10,90	9,76	14,71
65°	10,07	11,60	14,19	16,37	17,42	17,69	17,69	17,17	15,25	12,61	10,74	9,67	14,22
70°	9,89	11,30	13,75	15,77	16,64	16,83	16,86	16,49	14,73	12,24	10,51	9,52	13,72
75°	9,68	10,98	13,26	15,08	15,77	15,87	15,94	15,71	14,14	11,84	10,27	9,34	13,17
80°	9,42	10,59	12,69	14,30	14,82	14,87	14,95	14,84	13,48	11,37	9,97	9,11	12,54
85°	9,10	10,14	12,05	13,49	13,95	13,95	14,05	13,99	12,73	10,84	9,61	8,83	11,90
90°	8,73	9,63	11,38	12,72	13,03	12,95	13,08	13,14	12,02	10,24	9,19	8,49	11,22

Taula 3: Radiació amb orientació 60°

➤ **Nivell de radiació segons la inclinació i amb orientació 90° (Est - Oest)**

Orientació: 90°													
Inclinació	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des	Anual
0°	7,29	9,97	13,96	18,35	21,84	23,52	22,90	20,12	16,00	11,62	8,16	6,57	15,05
5°	7,31	9,97	13,97	18,40	21,84	23,51	22,89	20,14	16,00	11,62	8,16	6,61	15,06
10°	7,33	9,94	13,96	18,35	21,76	23,36	22,77	20,09	15,95	11,55	8,19	6,63	15,02
15°	7,31	9,91	13,88	18,25	21,58	23,17	22,59	19,94	15,85	11,49	8,17	6,64	14,92
20°	7,33	9,83	13,80	18,09	21,33	22,84	22,28	19,78	15,68	11,38	8,16	6,66	14,79
25°	7,32	9,76	13,66	17,87	21,03	22,48	21,96	19,50	15,52	11,23	8,14	6,65	14,62
30°	7,26	9,66	13,47	17,63	20,62	22,01	21,51	19,22	15,27	11,11	8,07	6,64	14,40
35°	7,25	9,51	13,31	17,28	20,22	21,51	21,06	18,84	15,02	10,93	8,02	6,63	14,16
40°	7,20	9,39	13,06	16,96	19,69	20,94	20,51	18,43	14,74	10,70	7,96	6,60	13,87
45°	7,11	9,24	12,78	16,57	19,19	20,31	19,94	18,00	14,36	10,51	7,86	6,52	13,55
50°	6,98	9,04	12,52	16,10	18,61	19,67	19,32	17,46	14,03	10,27	7,71	6,44	13,20
55°	6,90	8,79	12,20	15,68	17,97	18,91	18,61	16,96	13,65	9,98	7,58	6,38	12,82
60°	6,78	8,60	11,80	15,17	17,35	18,23	17,96	16,40	13,19	9,69	7,44	6,28	12,43
65°	6,63	8,37	11,47	14,59	16,64	17,45	17,21	15,75	12,74	9,40	7,27	6,14	11,99
70°	6,43	8,09	11,08	14,08	15,93	16,64	16,44	15,16	12,29	9,07	7,05	5,97	11,54
75°	6,21	7,77	10,64	13,50	15,23	15,88	15,70	14,52	11,78	8,69	6,79	5,77	11,06
80°	6,02	7,45	10,14	12,85	14,45	15,03	14,88	13,81	11,20	8,30	6,57	5,62	10,54
85°	5,81	7,15	9,73	12,26	13,70	14,20	14,08	13,14	10,70	7,95	6,33	5,43	10,05
90°	5,57	6,82	9,26	11,65	12,97	13,42	13,32	12,47	10,17	7,56	6,06	5,21	9,55

Taula 4: Radiació amb orientació 90°

## 2.7 Anàlisi de solucions

### 2.7.1 Anàlisi de solucions de la instal·lació solar tèrmica

En aquest apartat s'indiquen les diverses alternatives estudiades en el cas de la instal·lació solar tèrmica, quins són els seus avantatges i inconvenients, i quina és, finalment, la solució adoptada i la seva justificació.

#### 2.7.1.1 *Emplaçament dels captadors solars tèrmics*

Pel que fa a l'emplaçament dels captadors solars tèrmics, l'única alternativa d'emplaçament és la d'ubicar-los a la teulada de l'alberg, ja que qualsevol altra ubicació del sistema de captació es veuria afectada per les ombres produïdes pels arbres circumdants. L'alberg té una forma rectangular perfecta de 21,4 m x 8,65 m, i el costats més llargs de l'alberg estan orientats al Sud – Est (-60° respecte el Sud). Coneguts aquests paràmetres, el valor més adequat per a l'emplaçament i orientació dels captadors solars es tracta de la part de la teulada que es troba orientada en direcció Sud – Est. Aquesta és, doncs, la solució més correcta ja que al no tractar-se d'un edifici de nova construcció, ens tenim d'adequar a les característiques constructives. Aquesta orientació no ens suposarà grans quantitats de pèrdues per variacions de l'azimut respecte el Sud.

#### 2.7.1.2 *Integració dels captadors solars tèrmics*

En quan a la integració dels mòduls solars tèrmics, hi havia dues possibles alternatives, la primera era la de col·locar els captadors amb un sistema d'ancoratge en la mateixa pendent de la teulada de l'alberg, aquesta té un angle d'inclinació del 25 %. L'altra alternativa, era la de disposar els captadors solars tèrmics sobre la teulada de l'alberg, però amb unes estructures de suport que augmentarien la inclinació dels mòduls. Al final s'ha adoptat la primera alternativa per varies raons que tot seguit s'expliquen: la primera perquè en l'azimut que presenta l'alberg (-60°) la inclinació perfecta dels captadors no és d'uns 40-50°, sinó que és més baixa 20-30°, ja que la teulada no es troba orientada al sud; l'altra raó ha estat l'econòmica ja que en un sistema d'ancoratge en la mateixa inclinació de la teulada, és més factible econòmicament que no pas un sistema d'estructures metàl·liques per augmentar la inclinació dels captadors.

#### 2.7.1.3 *Sistema de producció d'ACS*

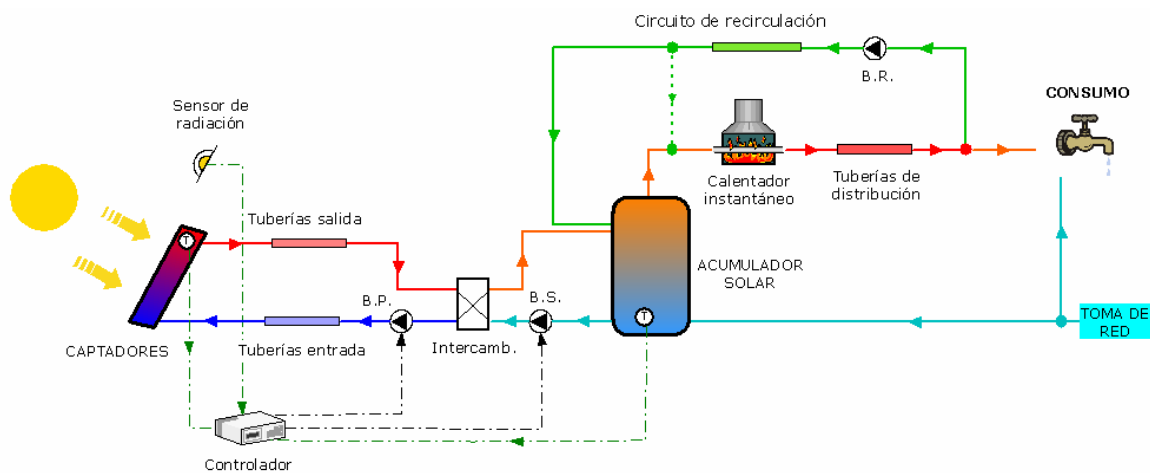
El sistema de producció d'ACS escollit per la instal·lació solar tèrmica de l'alberg, es tracta d'un sistema centralitzat. Els sistemes de distribució d'ACS centralitzats, normalment s'usen en instal·lacions on els usuaris tan sols són receptors del servei conjunt de l'ACS i per tant, tan sols existeix una sola factura d'aigua, s'utilitza per exemple en: albergs, càmpings, hotels, hospitals, vestuaris de piscines...

Amb aquest sistema, es pot garantir un elevat nivell de confort mitjançant un correcte dimensionament i un adequat sistema de regulació, gràcies a la disposició de mecanismes de control i automatització que aconsegueixen una bona regulació de temperatura, programació horària, homogeneïtzació del confort i minimització i control del consum.

Els principals avantatges de que disposen els sistemes centralitzats d'ACS, són els següents:

- La potència instal·lada es troba ajustada a la demanda global que tingui l'edifici (l'alberg), i d'aquesta forma es pot contemplar la possible simultaneïtat del servei d'ACS.
- Una instal·lació centralitzada requereix menor potència global instal·lada que la que es correspondria a la suma de les potències individuals (cas d'un habitatge).
- Els sistemes centralitzats són susceptibles d'automatització, i conseqüentment, d'optimització de funcionament, el qual fa que sigui possible obtenir un estalvi energètic i de manteniment.

En la següent *figura 73* es pot observar, un esquema d'un tipus de sistema de producció i distribució centralitzat d'ACS.



**Figura 73:** Esquema d'un sistema centralitzat

L'esquema que s'utilitza en la instal·lació de l'alberg és molt paregut a aquesta darrera figura, tot i que hi haurà dos intercanviadors de calor; un es trobarà dintre del dipòsit d'acumulació, és a dir, es tracta d'un sistema amb intercanviador de serpenti, on el fluid termòfor transmetrà el calor generat al sistema de captació dintre del dipòsit d'acumulació d'ACS; i l'altre intercanviador (extern a l'acumulador) serà l'encarregat de poder transmetre el calor generat als captadors per tal d'alimentar el sistema de calefacció en els mesos d'hivern, que és quan l'ocupació de l'alberg és menor, i d'aquesta forma no es produiran sobrescalfaments al sistema de captació i podrem ambientar la casa d'una forma gratuïta (ja que en els mesos d'hivern, la zona on es troba l'alberg les temperatures són bastant baixes). Per últim, el circuit de recirculació que es troba dalt de tot de la figura tampoc existirà, ja que no ens és necessari en la nostra instal·lació.

#### 2.7.1.4 Règim de funcionament

Els sistemes solars tèrmics disposen de dos tipus de règim de funcionament, aquests són: els sistemes “*high – flow*” i “*low – flow*”.

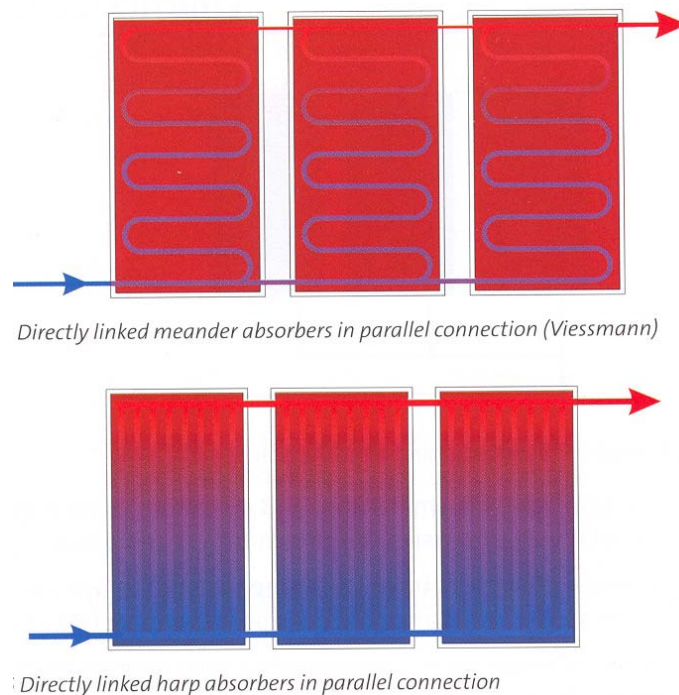
Els sistemes “*high – flow*” s'utilitzen generalment en instal·lacions petites (< 15 m<sup>2</sup>) i es connecten tots els captadors en paral·lel. En canvi el sistema “*low – flow*” es

recomanable que s'utilitzi en instal·lacions solar tèrmiques grans ( $> 30 \text{ m}^2$ ) i instal·lacions amb suport per a calefacció, en aquest sistema els captadors es connecten en sèrie - paral·lel.

En el cas de la nostra instal·lació s'ha optat per utilitzar un sistema “*high – flow*”, ja que al tenir poca superfície captadora, el més adequat es disposar d'aquest tipus de sistema, encara que no sigui el més adequat pel que fa al sistema de calefacció per radiadors. Les característiques principals de que disposa aquest sistema són les següents:

- Els captadors solars tèrmics es connecten en paral·lel.
- És el sistema més utilitzat en instal·lacions petites ( $< 15 \text{ m}^2$ ).
- Per a grans sistemes la connexió hidràulica és complexa.
- El cabal del sistema és d'uns  $40 - 60 \text{ L / h} \cdot \text{m}^2$ .
- El salt tèrmic del captador és d'uns  $10 - 15 \text{ K}$ .
- Les canonades del sistema tenen un diàmetre més gran que el sistema “*low – flow*”.
- Es produeix un consum energètic de la bomba més gran que en els sistemes “*low – flow*”.
- Pèrdues tèrmiques reduïdes.

En la següent *figura 74* es mostra un exemple de configuració d'un camp de captadors solar tèrmics amb un sistema de connexió en paral·lel (*high – flow*).



**Figura 74:** Connexió de captadors en paral·lel (*high – flow*)

Com s'observa, en l'anterior figura es pot observar clarament la connexió en paral·lel dels diversos captadors, tot entrant el fluid termòfor a temperatura més baixa per la part inferior dels captadors, i sortint per la part superior dels captadors, ja amb el fluid termòfor escalfat per la radiació solar.

### ***2.7.1.5 Ubicació dels components de la instal·lació***

Un cop ja sabem com estan ubicats els captadors solars, els altres components de la instal·lació (sistema d'acumulació o emmagatzematge, intercanviador extern, regulació i control...) es trobaran situats a una petita sala que es troba a la primera planta de l'edifici, tot just entrant a la sala d'activitats a mà esquerra. Aquests sistemes s'han ubicat en aquest lloc per que s'ha considerat que es tractava de la millor opció possible tant tècnica com econòmicament.

### ***2.7.1.6 Sistema auxiliar***

En referència a l'anàlisi de solucions del sistema auxiliar utilitzat en la instal·lació solar tèrmica, cal dir que hi havia dues alternatives possibles. La primera alternativa era la d'utilitzar una caldera de gas-oil existent (alimenta el sistema de calefacció de l'alberg) per tal d'escalfar l'ACS, aquesta alternativa però s'ha descartat ja que en els mesos d'hivern, el sistema solar tèrmic ja serà capaç de cobrir la demanda d'ACS necessària degut a la baixa ocupació en aquests mesos, i en els mesos d'estiu no ens seria del tot rentable econòmicament i eficientment tenir aquesta caldera engegada bastant de temps per tal d'escalfar l'ACS. La segona alternativa, i la que s'ha escollit, és la possibilitat de que el sistema auxiliar sigui el termos elèctric ja existent de que disposa l'alberg (efecte Joule), que serà l'encarregat de suplir l'aportació energètica que per condicions atmosfèriques no ho pugui realitzar el sistema solar tèrmic.

## **2.7.2 Anàlisi de solucions de la instal·lació solar fotovoltaica**

En aquest apartat s'indiquen les diverses alternatives estudiades en el cas de la instal·lació solar fotovoltaica, quins són els seus avantatges i inconvenients, i quina és, finalment, la solució adoptada i la seva justificació.

### ***2.7.2.1 Emplaçament dels mòduls solars fotovoltaics***

Com en el cas de la instal·lació solar tèrmica, l'única alternativa d'emplaçament dels mòduls solars fotovoltaics és la d'ubicar-los a la teulada de l'alberg, ja que si no ho realitzem d'aquesta forma la instal·lació es veuria afectada per les ombres dels arbres. La instal·lació solar fotovoltaica, ha estat dimensionada després de la instal·lació tèrmica per tal de que aquesta última, pogués disposar de l'espai i ubicació necessària per tal d'obtenir la fracció solar necessària que ens marqui la normativa que tindrem de seguir en la instal·lació tèrmica de l'alberg. Un cop la instal·lació solar tèrmica estava realitzada, ja es sabia quina era la superfície, de la banda de la teulada orientada al Sud – Est (-60° respecte el sud), disponible per tal d'ubicar els mòduls solars fotovoltaics.

### ***2.7.2.2 Integració dels mòduls solars fotovoltaics***

En quan a la integració dels panells solars fotovoltaics, també hi havia dos tipus d'alternatives: col·locar els captadors en la mateixa pendent de la teulada de l'alberg o bé disposar d'estructures per tal d'augmentar un poc la inclinació dels mòduls. Finalment, s'ha optat per la primera alternativa ja que amb una inclinació de la teulada d'un 25%, els panells fotovoltaics ja tindrien una inclinació idònia, ja que el que es

buscar en els sistemes fotovoltaics connectats a la xarxa elèctrica es obtenir la màxima potència possible del sistema, per tal d'obtenir un major benefici econòmic a l'hora de vendre aquesta potència a la companyia elèctrica. Segons els estudis, en les zones que tenen la nostra latitud, la inclinació idònia d'un sistema solar fotovoltaic és de 30° (la major producció del sistema es realitzarà en els mesos d'estiu i en el migdia solar, que és quan el Sol es troba amb una altura més gran al llarg de l'any, hi ha més hores de Sol i, per tant, més radiació solar per produir energia), i aquesta diferència que hi ha entre aquests 30° i els 25° de que disposem en la teulada de l'alberg no és tant significativa per tal de disposar d'un sistema estructural, que augmentés tan sols 5° la inclinació dels panells per obtenir la inclinació idònia, i que ens suposaria una important despesa econòmica. Un cop ja es sabia la superfície disponible per tal d'ubicar el sistema solar fotovoltaic (15 m x 4,77 m), s'ha decidit col·locar un sistema de 32 mòduls fotovoltaics, tot formant 4 cadenes de 8 captadors cadascuna. Per tant, el sistema fotovoltaic disposarà d'una potència pic de 5.280 W<sub>p</sub>, ja que el captador que utilitzem és tracta del **SW 165 mono**, del fabricant **SolarWorld AG** i d'una potència pic de 165 W<sub>p</sub>.

### *2.7.2.3 Tipus de mòduls solars fotovoltaics*

Pel que fa a l'elecció de mòduls fotovoltaics, la solució que s'ha adoptat és la de realitzar la instal·lació amb mòduls monocristal·lins en detriment dels policristal·lins. Ja que les cèl·lules solars de silici monocristal·lí tenen rendiments superiors als altres tipus de cèl·lules. Aquest fet de tenir un rendiment superior és degut a que la cèl·lula monocristal·lina està formada per tan sols un cristall de silici.

### *2.7.2.4 Ubicació i característiques de l'inversor*

Fent referència a la ubicació de l'inversor, aquest es col·locarà a l'interior de l'alberg, i més concretament a la mateixa sala on s'ubiquen la majoria dels components de la instal·lació solar tèrmica (acumulador, regulador, bombes,...).

En quan a les característiques de l'inversor, aquest ve determinat per la potència fotovoltaica que té instal·lada el nostre sistema solar fotovoltaic. Tal com he mencionat anteriorment la potència aproximada del sistema és de 5.280 W<sub>p</sub>, i mitjançant el software de l'empresa Fronius Solar, aquest ens certifica que l'inversor més adequat per al nostre sistema (32 mòduls, disposats en 4 cadenes de 8 mòduls) és l'inversor Fronius IG 40.

Un cop ja sabem l'inversor més adequat pel nostre sistema fotovoltaic, convé conèixer amb precisió les seves característiques tècniques per tal de que aquest ofereixi el millor rendiment possible al sistema. El rang de potències en que pot treballar l'inversor Fronius IG 40 és de 3.500 – 5.500 W<sub>p</sub>, el nostre sistema (5.280 W<sub>p</sub>) es troba dintre d'aquests barems i per tant no hi tindria d'haver cap problema en aquest sentit. La potència nominal de l'inversor serà de 4.436 W<sub>p</sub>, aquesta potència l'he trobada dividint la potència de la instal·lació, entre el moment de màxima eficiència de l'inversor (119%).

## 2.8 Resultats finals

En aquest apartat de la memòria es descriurà la instal·lació i els elements que la configuren, segons la solució escollida, tot indicant quines són les característiques definitòries i fent referència a d'altres parts del projecte.

### 2.8.1 Característiques geogràfiques de l'alberg

Les característiques geogràfiques de l'alberg on es realitzen les instal·lacions projectades són:

- **Ubicació:** Partida del Mascà, P. N. dels Ports (Roquetes).
- **Latitud:** 40° 79' N
- **Longitud:** 0° 31' E
- **Azimut:** - 60° (Sud = 0°)
- **Altura sobre el nivell del mar:** 1050 m.
- **Temperatura mitja anual:** 10,60 °C
- **Temperatura mitja (mesos abril – setembre):** 15,20 °C
- **Temperatura mitja (mesos octubre – març):** 6 °C
- **Radiació solar mitja:** 15,05 MJ/m<sup>2</sup> i dia = 4,18 kWh/m<sup>2</sup> i dia (sobre superfície horitzontal i azimut 0°)

### 2.8.2 Instal·lació solar tèrmica

En aquest subapartat dels resultats finals de la memòria del projecte, es descriuran els elements constituents del sistema solar tèrmic de l'alberg segons la solució escollida.

#### 2.8.2.1 Introducció

Tota instal·lació solar tèrmica de producció d'ACS i/o calefacció, es basa amb el fet de disposar de diversos sistemes (captació, acumulació...) que ens permetin aprofitar l'energia que rebem del Sol per tal de fer-la servir en d'altres aplicacions.

La instal·lació solar tèrmica realitzada a l'alberg disposarà d'una doble funcionalitat, la primera serà la d'aportar la fracció solar necessària, marcada pel CTE, per tal d'aconseguir escalfar l'ACS de l'alberg. La segona funció, serà la d'escalfar part de l'alberg, mitjançant el sistema de radiadors de que disposa l'alberg.

Aquesta última funció, a més a més, ens servirà per tal d'evitar sobrecalfaments a la instal·lació solar tèrmica en els mesos d'hivern; ja que en aquest període de temps l'ocupació de l'alberg és generalment reduïda i per tant, s'aprofitarà l'energia que aniria dirigida al sistema d'escalfament d'ACS per tal de distribuir el fluid pel sistema de

radiadors de l'alberg. D'aquesta forma s'aconsegueix escalfar part de l'edifici gratuïtament, però caldrà disposar d'un intercanviador de calor extern per tal de que es pugui aprofitar aquesta energia calorífica que s'ha aconseguit al sistema de captació per després distribuir-la per diversos radiadors de l'edifici.

El sistema de producció que s'ha utilitzat, tal com ja s'ha mencionat anteriorment, es tracta del sistema centralitzat. Aquest tipus de sistema generalment s'utilitza en instal·lacions on els usuaris tan sols són receptors del servei conjunt de l'ACS (albergs, hotels, càmpings...). Amb aquest sistema, es pot garantir un elevat nivell de confort mitjançant un correcte dimensionament i un adequat sistema de regulació, gràcies a la disposició de mecanismes de control i automatització que aconsegueixen una bona regulació de temperatura, programació horària, homogeneïtzació del confort i minimització i control del consum.

Els principals avantatges de que disposen els sistemes centralitzats d'ACS, són els següents:

- La potència instal·lada es troba ajustada a la demanda global que tingui l'edifici (l'alberg), i d'aquesta forma es pot contemplar la possible simultaneïtat del servei d'ACS.
- Una instal·lació centralitzada requereix menor potència global instal·lada que la que es correspondria a la suma de les potències individuals (cas d'un habitatge).
- Els sistemes centralitzats són susceptibles d'automatització, i conseqüentment, d'optimització de funcionament, el qual fa que sigui possible obtenir un estalvi energètic i de manteniment.

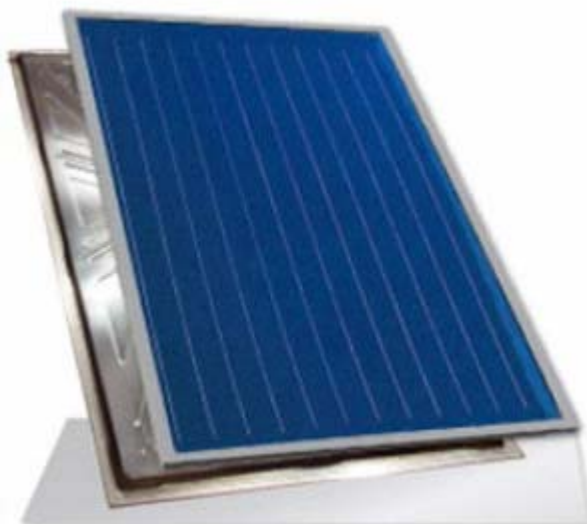
Pel que fa a la ubicació del sistema solar tèrmic, aquest es troba ubicat a la part de la teulada que està orientada al Sud, aquesta part de la coberta es troba lliure d'ombres i presenta una inclinació de 25° respecte l'horitzontal.

### 2.8.2.2 Sistema de captació

El sistema de captació utilitzat en el present projecte, es tracta d'un conjunt de 5 captadors solars tèrmics del fabricant **Sonnenkraft**. Aquests es tracten del model **Sk500<sub>N</sub>**, que seran els encarregats de fer passar el fluid termòfor pel seu interior i d'aquesta manera escalfar-lo per tal d'arribar a la fracció solar necessària que el CTE ens diu que es té de complir per normativa. La superfície total d'absorció del sistema de captació serà de 10,9 m<sup>2</sup>.

El règim de funcionament que seguirà el sistema solar tèrmic és el “*high – flow*”. Els sistemes “*high – flow* ” s'utilitzen generalment en instal·lacions petites (< 15 m<sup>2</sup>) i es connecten tots els captadors en paral·lel. S'ha optat per utilitzar un sistema “*high – flow*”, ja que al tenir poca superfície captadora, el més adequat es disposar d'aquest tipus de sistema, encara que no sigui el més adequat pel que fa al sistema de calefacció per radiadors. Les característiques principals de que disposa aquest sistema són les següents: captadors solars tèrmics connectats en paral·lel, cabal del sistema de 40 a 60 L / h·m<sup>2</sup>, consum energètic de la bomba reduït i pèrdues tèrmiques reduïdes.

En la següent *figura 75* es pot observar el captador solar tèrmic utilitzat en el sistema de captació energètica.



**Figura 75:** Captador solar tèrmic SK500<sub>N</sub> de Sonnenkraft

Per tal de visualitzar quines són les característiques tècniques d'aquest col·lector tèrmic, aquestes es poden veure en l'apartat 3.4.1.1 sobre documentació tècnica que hi ha als annexes del present projecte.

### **2.8.2.3 Sistema d'acumulació**

El sistema d'acumulació d'ACS que s'utilitzarà en la realització del present projecte, es tracta de l'acumulador solar **ELBR 750** del fabricant **Sonnenkraft** que disposa d'un volum de 750 litres.

Tal com es podrà observar en l'apartat d'annexes del projecte, el volum d'ACS que té de tenir l'acumulador del nostre sistema solar tèrmic, serà en funció del consum diari d'ACS que es tingui en l'alberg. Aquest acumulador d'ACS disposa d'un bescanviador de calor intern, de tipus serpenti, que és l'encarregat de transmetre el calor que porta el fluid termòfor del circuit tancat a l'ACS que hi ha dintre de l'acumulador solar.

Els acumuladors d'ACS ELBR de Sonnenkraft són la solució ideal per a qualsevol sistema d'ACS. Es tracta d'un acumulador d'alta qualitat i que està protegit contra la corrosió mitjançant un esmaltat i ànodes de protecció. Disposa d'un aïllament tèrmic òptim i d'alta qualitat, i un dels seus grans avantatges és que es pot desmuntar per tal de facilitar el seu transport.

Tot seguit es detallen els principals avantatges de l'acumulador ELBR 750 de Sonnenkraft.

- Acumulador ideal per a l'aprofitament de l'energia solar i escalfament de l'ACS.
- Alta transmissió de calor mitjançant un serpenti de tub llis.
- Llarga vida útil gràcies a la òptima protecció contra la corrosió.
- Entrada d'aigua freda amb dispositiu d'antiturbulències.

- Esmaltat d'alta qualitat.
- Revestiment resistent amb un aspecte adequat.
- Aïllament d'alta qualitat, acoblat, òptim i desmuntable per poder tenir un transport i muntatge més còmode.

En la següent *figura 76* es visualitza l'acumulador d'ACS utilitzat en el sistema d'acumulació.



**Figura 76:** Acumulador solar d'ACS ELBR 750

Per tal de veure quines són les característiques tècniques d'aquest acumulador solar d'ACS, aquestes es poden veure en l'apartat 3.4.1.2 sobre documentació tècnica que hi ha als annexes del present projecte.

#### **2.8.2.4 Sistema hidràulic**

Pel que fa al sistema hidràulic de la instal·lació solar tèrmica de l'alberg, els elements més importants d'aquesta secció són les bombes circulatòries de fluid, és a dir els elements encarregats de moure el fluid per un circuit tancat. En el cas del nostre sistema solar tèrmic, aquest disposarà de dues bombes de circulació, una en el circuit primari d'ACS, i l'altra en el circuit de distribució de calefacció per radiadors.

La bomba del circuit primari d'ACS, serà l'encarregada de moure i fer circular el fluid termòfor que es troba dintre d'aquest circuit i que és l'encarregat de transmetre el calor a l'ACS que es troba dintre de l'acumulador solar. La bomba utilitzada per tal de realitzar aquest treball, es tracta del model **UP 20-30 N 150** del fabricant de bombes **Grundfos**, en l'apartat dels annexes 3.1.12, es pot verificar el fet del perquè s'utilitza aquest tipus de bomba.

La bomba de distribució del circuit de calefacció, serà l'encarregada de fer moure el fluid pel sistema de radiadors de part de l'edifici, aquesta bomba es situarà després del bescanviador de calor extern, que serà l'encarregat de transmetre el calor necessari

per tal de poder escalfar mitjançant els radiadors ja existents la superfície de l'alberg que es vulgui. La bomba utilitzada en aquesta secció de la instal·lació, també serà el model **UP 20-30 N 150** de **Grundfos**, en l'apartat dels annexes 3.1.13, es pot verificar el fet del perquè s'utilitza aquest tipus de bomba.

En la següent *figura 77* es pot veure la bomba UP 20-30 N 150 de Grundfos, model utilitzat en la instal·lació solar tèrmica de l'alberg.



**Figura 77:** Bomba circulatoria de fluid

La bomba utilitzada (UP 20-30 N) és del tipus de ròtor encapsulat, és a dir la bomba i el motor formen una unitat íntegra sense tancament i amb solament dos juntes per al tancament. Els coixinets estan lubricats pel líquid bombejat. La bomba també disposa d'un selector de velocitat amb tres tipus de velocitats (velocitat 1 = 35 W, velocitat 2 = 60 W, velocitat 3 = 90 W). La bomba es caracteritza per disposar de:

- Coixinets radials de ceràmica.
- Coixinet axial de carboni.
- Cos de la bomba de bronze.
- Impulsor resistent a la corrosió en.
- Camisa del ròtor, placa de suport i revestiment del ròtor en acer inoxidable.

#### **2.8.2.5 Sistema de regulació i control**

El sistema de regulació i control es tracta del sistema que ens assegurarà el correcte funcionament del conjunt de la instal·lació solar tèrmica de l'alberg, tot procurant obtenir un bon aprofitament de l'energia solar captada i assegurant un ús adequat de l'energia auxiliar. El sistema de regulació i control, tindrà el control del funcionament dels circuits i els sistemes de protecció i seguretat contra sobrecalfaments, gelades...

En la nostra instal·lació solar tèrmica, al tenir una circulació forçada, el control de funcionament normal de les bombes del circuit dels captadors, tindrà de ser sempre del tipus diferencial, i com que en la nostra instal·lació hi ha un dipòsit d'acumulació solar, aquest sistema de regulació i control, tindrà d'actuar en funció de la diferència de temperatura del fluid termòfor a la sortida de la bateria de captadors i a la sortida del dipòsit d'acumulació. El sistema de control actuarà i estarà ajustat de manera que les bombes no estiguin en funcionament quan la diferència de temperatures sigui menor de

2 °C, i no estiguin aturades quan la diferència sigui major de 7 °C. La diferència de temperatures entre els punts d'engegada i parada del termòstat diferencial no serà menor que 2 °C.

El sistema de regulació i control que utilitzarem en la instal·lació solar tèrmica, es tracta de la centralita solar **SKSC3** del fabricant Sonnenkraft. Aquesta centralita de control disposa de: control de 3 circuits, 3 sortides amb regulació de rev. I una sortida lliure de potència, 8 entrades de sensors i 13 conceptes seleccionables de la instal·lació (volum de subministrament: 6 sondes).

Les diverses opcions que pot consultar aquesta centralita solar, són les següents: funció de temperatura excessiva i de temperatura mínima, sol·licitud d'actuar del sistema auxiliar, desconnexió d'emergència del captador, funció contra la legionel·la, opcionalment calorímetre i mesura de la radiació global, anàlisi automàtic d'errades del sistema, funció de recirculació integrada i compatible amb connexió bus.

En la següent *figura 78* s'observa una imatge de la centralita solar SKSC3 de Sonnenkraft.



**Figura 78:** Centralita solar SKSC3

#### **2.8.2.6 Sistema auxiliar**

Pel que fa al sistema energètic auxiliar que s'ha utilitzat en el present projecte, aquest es tracta d'un termos elèctric ja existent a l'alberg, i que fins ara és l'encarregat d'escalfar l'aigua per tal de que els usuaris de l'alberg puguin satisfer les seves possibles necessitats amb aigua calenta. Aquest termos elèctric té una capacitat de 100 litres i una potència de 3000 W. Més concretament el termos elèctric que s'utilitzarà com a sistema energètic auxiliar és el model NILO del grup Fleck.

El termos elèctric NILO, està recobert amb un sistema SPS i l'efecte Joule es produeix amb una resistència envainada. Aquest termos ha estat reconegut com el millor escalfador del mercat. El "nilo" disposa d'una protecció rilsanitzada, la única capaç d'assegurar un màxim nivell d'estabilitat i higiene. Als beneficis del "rilsan", el "nilo" aporta una resistència ceràmica envainada, la qual redueix la adhesió de calç i pot ser fàcilment controlada sense la necessitat de buidar el producte. Per tal d'aconseguir la màxima flexibilitat de treball, el "nilo", també es presenta en multiposició per tal d'adaptar-se bé amb posició vertical o bé amb posició horitzontal. Aquest termos elèctric es troba situat sobre un altell en la primera planta de l'alberg, tot just sobre les escales que pugen fins aquesta planta de l'alberg (es pot veure representat en el plànol 9). En la següent *figura 79* es mostra el termos elèctric NILO.



**Figura 79:** Termos elèctric NILO

### 2.8.2.7 Sistema de fixació

El sistema de fixació utilitzat en la subjecció dels captadors solars tèrmics es tracta del recomanat per la mateixa marca dels captadors Sonnenkraft. En l'apartat 3.4.1.3 dels annexes del present projecte es mostren els passos del muntatge del sistema de fixació mitjançant estreps de teulada paral·lela. Tot seguit es descriuen diverses instruccions de muntatge del sistema de fixació que s'utilitzarà.

- **Indicacions per al muntatge i el transport:** El sistema de fixació amb estreps és apte per diversos tipus de teulades, incloent-hi el tipus de coberta de l'alberg. El muntatge d'aquest sistema de fixació tan sols pot ser realitzat per persones especialitzades. Per al muntatge, s'ha d'utilitzar sempre el material subministrat. Aquesta subestructura, així com les seves connexions a l'obra constructiva, les ha de dimensionar un especialista en càlculs estàtics en funció de les circumstàncies locals. S'aconsella usar una cinta portadora quan es transporta el col·lector. El col·lector no haurà de ser alçat per les connexions ni per les rosques. Es tenen d'evitar cops o un altre tipus d'esforços mecànics sobre el col·lector, sobretot sobre el vidre solar. La pel·lícula protectora del marc d'alumini (SK500) serà protegida de la radiació solar i només ser retirada directament abans del muntatge.
- **Estàtica:** El muntatge s'ha de realitzar només sobre superfícies de teulada o subestructures amb suficient capacitat de càrrega. L'especialista local en càlculs estàtics ha de comprovar la capacitat de càrrega de la teulada o de la subestructura abans de muntar els col·lectors. En fer-ho, s'ha de prestar especial atenció a la qualitat de la fusta de la subestructura pel que fa a la durabilitat de les unions cargolades per a la fixació de dispositius de muntatge dels col·lectors. La comprovació de l'estructura total dels col·lectors conforme a DIN 1055 parts 4 i 5 per part de l'especialista local en càlculs estàtics és especialment necessari a les zones amb molta neu i amb altes velocitats del

vent. S'han de tenir en compte també les característiques específiques del lloc de instal·lació (raigs d'aire, formació de remolins, etc.) que poden donar lloc a una càrrega major.

- **Connexions:** Els col·lectors s'han d'unir entre ells amb una rosca exterior Withworth i femella de racor, o bé s'han d'unir a la canonada de connexió mitjançant juntes planes. En el cas que no s'hagin previst mànegues flexibles com a elements d'unió, en connectar les canonades s'han de prendre mesures per compensar la dilatació per calor causada per les fluctuacions de temperatura (arcs de dilatació, canonades flexibles). En aquests casos, es poden muntar un màxim de 6 col·lectors en sèrie. Als grans plafons de col·lectors es necessita una connexió intermèdia d'arcs de dilatació o connexions flexibles. S'ha de prestar especial atenció que les juntes planes estiguin correctament col·locades. A l'hora d'estrènyer els entroncaments s'ha de subjectar l'altre costat amb unes tenalles o altres claus per a cargols per no danyar l'absorbidor.
- **Inclinació del col·lector / Generalitats:** El col·lector és adequat per a una inclinació mínima de 15° fins una màxima de 75° (ens trobem dintre d'aquest barem, 25°). Els orificis de ventilació o de purga d'aire dels col·lectors no s'han de tancar durant el muntatge de la instal·lació. Totes les connexions dels col·lectors, així com els seus orificis de ventilació i de purga d'aire, s'han de protegir contra la brutícia, per exemple, de l'entrada de pols.
- **Neteja i omplerta:** Per mesures de seguretat, l'omplerta només es pot realitzar única i exclusivament durant el temps en el qual no hi hagi radiació solar o bé estiguin els captadors tapats.
- **Muntatge del sensor:** El sensor de temperatura té de ser muntat al maneguí més pròxim al tub de tramesa del captador. Amb la finalitat de garantir un contacte òptim, la ranura entre el maneguí del sensor i l'element sensor s'ha d'omplir amb una pasta termoconductora adequada. Per al muntatge del sensor només s'ha d'utilitzar materials amb una adequada resistència a les temperatures corresponent (fins a 250 ° C) (element sensor, pasta de contacte, cable, materials obturadors, aïllament).
- **Purga d'aire:** Es té de realitzar una purga d'aire: durant la posada en servei (després de l'omplerta de fluid), 4 setmanes després de la posada en servei, en cas necessari (avaries...).
- **Manteniment del col·lector:** Un cop a l'any serà comprovat a simple vista si el col·lector o el camp de col·lectors ha sofert danys, ha perdut la impermeabilitat o està brut. Es realitzarà el manteniment adequat als danys i circumstàncies.

### 2.8.3 Instal·lació solar fotovoltaica

En aquest subapartat dels resultats finals de la memòria del projecte, es descriuran els elements constituents del sistema solar fotovoltaic de l'alberg segons la solució escollida.

#### 2.8.3.1 Introducció

Tota instal·lació solar fotovoltaica ve determinada per diverses condicions que l'afecten, alguns aspectes poden ser els següents: la superfície de captació disponible, orientació, inclinació, ombres, radiació solar disponible, capital i exigències estètiques del client.

En quan a la superfície de captació disponible que es disposa per instal·lar el sistema de captació fotovoltaic, aquesta ve determinada per la superfície de captació que hem necessitat per tal d'arribar a la fracció solar necessària que ens marca el CTE (10,9 m<sup>2</sup>) referent a les instal·lacions solar tèrmiques, per tant aquesta superfície ha estat condicionada pel sistema solar tèrmic de captació. La superfície total de captació fotovoltaica és de 41,73 m<sup>2</sup>.

L'orientació, la inclinació i les ombres que es tenen també ens afecten en la seva mesura a la instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa. Com ja s'ha comentat en el decurs de la memòria d'aquest projecte, els valors més adequats per una instal·lació solar fotovoltaica són azimut 0 (Sud), inclinació 25 – 30° i que no hi hagin ombres. Aquests valors són els més adients, ja que en els mesos d'estiu que és quan realment generarem i vendrem més energia, aquests valors són els òptims. En el cas de la nostra instal·lació, ens hem tingut d'adaptar a les característiques arquitectòniques de l'alberg, i per tant l'orientació del camp fotovoltaic serà Sud – Est (-60°) i la seva inclinació serà de 25°; les ombres no ens afectaran, ja que els arbres circumdants a l'alberg no arriben a produir ombres en la coberta de l'edifici.

Fent referència a la radiació solar disponible, que hi ha a l'entorn de l'alberg, les dades amb les quals s'ha realitzat l'estudi de generació fotovoltaic es tracten de dades extretes de l'Atlas de Radiació Solar a Catalunya de l'any 2000 de la localitat de Roquetes, a uns 20 km de l'alberg; per tant podem dir que aquestes dades de radiació solar són bastant fiables.

Pel que fa les exigències estètiques del client i el seu capital, el responsable de l'alberg ens ha comentat que li interessaria poder generar i vendre el màxim d'energia possible tot adaptant-se a les circumstàncies tècniques, per tant vol realitzar una inversió considerable però que després li sigui rentable. Les exigències estètiques seran mínimes ja que l'alberg es troba situat en una zona muntanyosa i aquestes en aquest sentit són molt poques.

#### 2.8.3.2 Generador fotovoltaic

El generador fotovoltaic està format per la interconnexió en sèrie i en paral·lel d'un determinat nombre de panells fotovoltaics. Aquests panells fotovoltaics, són els encarregats de transformar l'energia que rebem del Sol en energia elèctrica, tot generant una corrent continua proporcional a la irradiància solar rebuda.

El mòdul fotovoltaic utilitzat en el present projecte es tracta del model **SW 165 mono** (monocristal·lí) de la marca **SolarWorld** ( $165 W_p$ ), i presenta unes dimensions de **1.610 x 810 mm**, és a dir té una superfície de **1,3041 m<sup>2</sup>**. S'ha adoptat per un conjunt de **32 mòduls fotovoltaics** (4 cadenes en paral·lel de 8 mòduls en sèrie per cadena, veure plànol 8) ja que d'aquesta forma i tal com es demostrarà més endavant, amb aquesta superfície de captació i les característiques tècniques d'aquests captadors, aquesta es tracta de la solució més idònia en quan a superfície i característiques de l'inversor a seleccionar. Per tant la superfície total de captació de la instal·lació solar fotovoltaica de l'alberg serà de **41,73 m<sup>2</sup>** i la potència pic del sistema de **5.280 W<sub>p</sub>**.

Tot seguit en la *figura 80* es mostra el pannel solar fotovoltaic utilitzat en la instal·lació fotovoltaica de l'alberg (SW 165 mono de SolarWorld).



**Figura 80:** Mòdul fotovoltaic SW 165 de SolarWorld

Aquest mòdul fotovoltaic de 165 W de potència pic, és recomanable per a instal·lacions connectades a la xarxa de distribució (cas de la nostra instal·lació). El pannel fotovoltaic està fabricat amb cèl·lules de silici monocristal·lí, i disposa d'un bon rendiment. Les característiques tècniques d'aquest mòdul es poden observar en l'apartat 3.4.2.1 que es troba dintre l'apartat de documentació tècnica en els annexes del projecte.

La connexió dels 8 mòduls de cadascuna de les 4 cadenes, es realitzarà amb una connexió sèrie entre ells (vuit mòduls de cada cadena); i la connexió de les 4 cadenes es realitzarà amb paral·lel (les quatre cadenes en paral·lel), aquesta última connexió es realitzarà en la caixa de connexió de corrent continua que es col·locarà per tal de realitzar aquesta connexió; a partir d'aquesta caixa de connexions sortiran els conductors que aniran directament a l'inversor.

Aquestes caixes de connexió en corrent continua disposaran d'una sèrie de fusibles en el conductor positiu de cada cadena de 8 mòduls abans d'arribar a l'entrada de la caixa de connexió. Aquests fusibles actuaran com a elements de protecció per al camp fotovoltaic, i aïllaran cadascuna de les quatre cadenes de les altres que conformen el sistema fotovoltaic en cas d'algun incident en alguna d'aquestes.

### 2.8.3.3 Inversor

L'inversor es tracta de l'element encarregat de realitzar la conversió de la corrent continua (C.C.) generada pels mòduls fotovoltaics a la corrent alterna (C.A.) amb les mateixes característiques tècniques (freqüència i tensió) que la xarxa de distribució a la qual s'injectarà l'energia generada pel generador fotovoltaic.

L'inversor utilitzat en el present projecte és el model **IG 40** del fabricant d'inversors **Fronius**, i com és degut es connectarà a terra juntament amb les estructures dels panells fotovoltaics (veure plànol 12). En la *figura 81* s'observa una imatge de l'inversor IG 40 de Fronius.



**Figura 81:** Inversor IG 40 de Fronius

Tot i la seva senzillesa aparent, durant el desenvolupament dels inversors fotovoltaics, l'empresa Fronius ha buscat diverses solucions innovadores i exclusives. El producte final es tracta d'un inversor fotovoltaic altament funcional i que s'adapta perfectament a tots els mòduls solars. La seva utilització és fàcil i intuïtiva, i l'anàlisi dels valors de les instal·lacions és precís a qualsevol situació. Els objectius que s'han aconseguit amb l'estudi dels nous models d'inversors són:

- Augmentar la producció d'energia.
- Reduir, considerablement el pes i el volum de l'inversor.
- Implantar una pantalla informativa per tal de vigilar totes les funcions del sistema.
- Instal·lació fàcil i ràpida.
- Màxima viabilitat en el mode de treball.

Amb aquest tipus d'inversors es pot treballar de forma segura i eficient en qualsevol xarxa elèctrica del món, i a més a més podem obtenir un nivell òptim d'energia dels raigs del Sol.

Les característiques tècniques més importants de l'inversor IG 40 de Fronius són les següents (també es poden observar en l'apartat 3.4.2.2 sobre documentació tècnica dels annexes del present projecte):

El rang de tensió d'entrada en corrent continua d'aquest inversor per tal de poder obtenir el punt de màxima potència ( $M_{pp}$ ) és de 150V – 400 V. La tensió màxima d'entrada (a 1.000 W/m<sup>2</sup>; -10°C) és de 500 V. La corrent màxima d'entrada és de 29,4 A.

Un altre dels aspectes que es té de considerar en el moment d'escollir l'inversor de la instal·lació és el rang de potències en el qual pot estar treballant tenint cura de la instal·lació fotovoltaica, en el nostre cas (inversor IG 40 de Fronius) aquest rang de potències és de 3.500 - 5.500 W<sub>p</sub>, la qual cosa ens indica que amb la potència fotovoltaica pic de la nostra instal·lació (5.280 W<sub>p</sub>), ens trobem dintre d'aquests barems de potència que té l'inversor seleccionat. Cal dir que la potència màxima de sortida de l'inversor és de 4.100 W i que el seu rendiment màxim és del 94,3 %, treballant a una tensió de xarxa de 230 V i a una freqüència de 50 Hz. Per últim cal dir que les dimensions que presenta l'inversor IG 40 són de 610 x 344 x 220 mm.

La normativa aplicable que segueix l'inversor utilitzat en la instal·lació fotovoltaica de l'alberg és la següent:

- Real Decret 1663/2000 sobre la connexió d'instal·lacions fotovoltaïques a la xarxa de baixa tensió.
- Plec de condicions tècniques d'instal·lacions fotovoltaïques connectades a la xarxa de distribució.
- Directiva 73/23 EEC sobre aparells elèctrics de baixa tensió.
- Directiva 89/336/ EEC de compatibilitat electromagnètica.

L'inversor es caracteritza per complir amb els requeriments tècnics i de seguretat necessaris per a la seva interconnexió a la xarxa de baixa tensió, així com en les diverses directives sobre seguretat elèctrica i compatibilitat electromagnètica.

Les característiques elèctriques més importants a tenir en compte en els inversors es presenten a continuació.

- L'inversor seguirà injectant potència a la xarxa de distribució de forma continuada en condicions d'irradiància solar un 10 % superiors a les mitjanes d'irradiància de l'indret. A més a més suportarà pics de magnitud un 30 % superiors als valors d'irradiància mitjana durant períodes de fins 10 segons.
- Els valors d'eficiència al 25 % i 100 % de la potència de sortida nominal tindran de ser superiors al 85 % i 88 % respectivament (valors mesurats incloent el transformador de sortida, si n'hi hagués) per a inversors de potència inferior a 5 kW (cas del nostre inversor), i del 90 % al 92 % per a inversors més grans de 5 kW.
- L'autoconsum de l'inversor en mode nocturn ha de ser inferior al 0,5 % de la seva potència nominal.
- El factor de potència generada tindrà de ser superior a 0,95, entre el 25 % i el 100 % de la potència nominal.
- A partir de potències més grans del 10 % de la seva potència nominal, l'inversor tindrà d'injectar energia a la xarxa de distribució.

Els inversors tindran un grau de protecció mínima IP 20 per a inversors que s'allotgin a l'interior d'edificis i llocs inaccessibles, IP 30 per a inversors que es trobin

dintre d'edificis i en llocs accessibles (cas del nostre inversor), i de IP 65 per a inversors instal·lats a la intempèrie. En qualsevol cas, es complirà la legislació vigent. A més a més els inversors estaran garantits per a la seva operació en les següents condicions ambientals: entre 0 °C i 40 °C de temperatura i entre 0 % i 85 % d'humitat relativa.

L'inversor seleccionat incorpora totes les proteccions exigides pel Real Decret 1663/2000, sobre la connexió de instal·lacions fotovoltaïques a la xarxa de baixa tensió, a més a més de les que disposa aquest element. Les proteccions que serviran tant per protegir les persones com el propi equip, presenta els següents components:

- Contactor per connexió i desconexió a la xarxa de distribució governat per l'inversor amb un rearmament automàtic, un cop transcorreguts tres minuts després de recuperar les condicions de la xarxa, i amb possibilitat de ser activat manualment.
- Protecció de màxima i mínima freqüència (51 i 49 Hz respectivament) i de màxima i mínima tensió (1,1 i 0,85 Vm).
- Protecció contra funcionament en illa: l'inversor es desconnecta quan detecta que està funcionant en mode illa (sense suport de la xarxa de baixa tensió) per a evitar danys sobre les persones que puguin estar treballant en aquesta xarxa.
- Proteccions contra sobretensions en C.C.
- Proteccions contra sobretensions en C.A.
- Transformador d'aïllament galvànic.
- Protecció contra sobrecalfaments: l'inversor disposa d'uns ventiladors que regulen la seva velocitat segons la temperatura interna del mateix per tal d'evitar sobrecalfaments que puguin danyar o destruir l'equip. En l'hipotètic cas de que els ventiladors no aconseguixin reduir la temperatura a valors raonables, el mateix inversor pot reduir l'energia injectada a la xarxa per tal de protegir-se.
- Parada de seguretat per fusió dels fusibles.
- Software de control de proteccions no manipulable per l'usuari.
- Proteccions de l'inversor contra fallades d'aïllament: l'inversor monitoritza la connexió a terra de la part fotovoltaïca i mostra un missatge d'error si hi ha qualsevol errada en l'aïllament.
- Protecció contra inversió de polaritat en la part de corrent continua, l'inversor està protegit contra inversions de polaritat des dels mòduls fotovoltaïcs.
- Protecció contra sobrecàrrega dels mòduls fotovoltaïcs: si s'han instal·lat massa panells per a un sol inversor, aquest es protegirà produint menys energia a la seva sortida.

Es té de recordar que l'inversor que utilitzem en el present projecte, IG 40 de Fronius, estarà ubicat a la mateixa sala on estan ubicats el sistema d'acumulació i control de la instal·lació solar tèrmica; aquesta ubicació es pot observar amb més detall en el plànol número 11.

Dintre de l'inversor, l'element encarregat de realitzar la conversió de corrent continua a corrent alterna (amb una tensió de 230 V i una freqüència de 50 Hz), es tracta d'un element semiconductor anomenat MOSFET. Els MOSFET realitzen una funció de com si es tractessin d'interruptors sòlids, i aquests trossegen la senyal continua per tal de fer-la alterna. Aquests dispositius, però, no estan exempts de l'escalfament que es produeix quan la corrent circula a través d'ells, aquest fet pot produir pèrdues en el

rendiment de l'inversor, per això és convenient que l'inversor tingui una bona ventilació i sistema de refrigeració. El rendiment dels inversors també es pot veure disminuït si la potència d'entrada és molt més petita que la potència nominal d'aquest.

També es té de parar atenció en el fet de vigilar el funcionament de l'inversor amb el mode illa (sense suport de la xarxa de baixa tensió) ja que els inversors de connexió a la xarxa poden suposar un perill per als operaris que estiguin treballant en tasques de manteniment de la xarxa de distribució elèctrica. Si hi ha algun inversor generant electricitat en algun indret de la xarxa de distribució elèctrica i part d'aquesta última es desconnecta per realitzar tasques de manteniment, pot ser que els inversors continuen produint energia i per tant posin en perill el personal que està treballant en les tasques de manteniment de la línia elèctrica. Aquest, però, només existeix en l'hipotètic cas de que el sistema després de la seva desconnexió entrés en ressonància (la producció dels inversors connectats a la xarxa elèctrica sigui igual als consums). Per tal d'evitar aquest fet, els inversors disposen d'un sistema de motorització de la freqüència i la tensió de xarxa; solament si estiguessin connectats els sistemes solars d'aquesta part de la xarxa no es podrien mantenir els valors de freqüència i tensió, i per tant la protecció contra el funcionament en mode illa es dispararia tot apagant l'inversor.

#### **2.8.3.4 Condicions tècniques de connexió a la xarxa**

Les condicions tècniques de les instal·lacions fotovoltaïques connectades a la xarxa de distribució de baixa tensió són les següents:

- El funcionament de les instal·lacions fotovoltaïques no tindrà de provocar a la xarxa avaries, disminucions de les condicions de seguretat ni alteracions superiors a les admeses per la normativa vigent que, d'acord amb la disposició addicional sigui aplicable. Així mateix, el funcionament d'aquestes instal·lacions no podrà donar origen a condicions perilloses de treball per al personal de manteniment i explotació de la xarxa de distribució.
- En el cas de que la línia de distribució es quedi desconnectada de la xarxa, bé sigui per treballs de manteniment requerits per l'empresa distribuïdora o bé per haver actuat alguna protecció de la línia, les instal·lacions fotovoltaïques no tindran de mantenir la tensió en la línia de distribució.
- Les condicions de connexió de la xarxa de distribució es fixaran en funció de la potència de la instal·lació fotovoltaïca, amb l'objectiu d'evitar efectes perjudicials als usuaris amb càrregues sensibles.
- Per tal d'establir el punt de connexió a la xarxa de distribució es tindrà en compte la capacitat de transport de la línia, la potència instal·lada en els centres de transformació i les distribucions en diferents fases de generadors en règim especial proveïts d'inversors monofàsics.
- En el circuit de generació fins l'equip de mesura no es podrà intercalar cap element de generació diferent al fotovoltaïc, ni d'acumulació ni de consum.
- En el cas de que una instal·lació fotovoltaïca es vegi afectada per perturbacions de la xarxa de distribució, s'aplicarà la normativa vigent sobre qualitat del servei.

### 2.8.3.5 Proteccions

En el moment de dissenyar correctament una instal·lació fotovoltaica connectada a la xarxa de distribució es té de garantir tant la seguretat de les persones com la dels operaris que estiguin treballant a la xarxa i a més es té d'aconseguir que el funcionament del sistema fotovoltaic no afecti a l'operació ni la integritat d'altres equips i sistemes connectats a aquesta xarxa de distribució.

Tot seguit s'exposen les mesures de seguretat i protecció en funció dels riscos associats, tenint en compte les característiques específiques de la nostra instal·lació solar fotovoltaica.

- Interruptor general manual, que serà un interruptor magnetotèrmic amb una intensitat de curtcircuit superior a la indicada per la empresa distribuïdora en el punt de connexió. Aquest interruptor serà accessible a l'empresa distribuïdora en tot moment, amb l'objectiu de poder realitzar la desconexió manual.
- Interruptor automàtic diferencial, amb la finalitat de protegir les persones en el cas de derivació d'algun element de la part continua de la instal·lació.
- Interruptor automàtic de la interconnexió, per a la desconexió – connexió automàtica de la instal·lació fotovoltaica en cas de pèrdua de tensió o freqüència de la xarxa.
- Protecció per a la interconnexió de màxima i mínima freqüència (51 Hz i 49 Hz, respectivament) i de màxima i mínima tensió (1,1 i 0.85  $V_m$ , respectivament).
- Aquestes proteccions podran ser precintades per l'empresa distribuïdora, després d'unes pertinents verificacions tècniques.
- El rearmament del sistema de commutació i, per tant, de la connexió amb la xarxa de baixa tensió de la instal·lació fotovoltaica serà automàtic, un cop restablerta la tensió de xarxa per l'empresa distribuïdora.
- Es podran integrar a l'equip inversor les funcions de protecció de màxima i mínima tensió i de màxima i mínima freqüència, i en alguns casos les maniobres automàtiques de desconexió – connexió seran realitzades per aquest equip inversor.

Un altre dels dispositius protectors de la instal·lació serà la posta a terra del sistema, aquesta posta a terra es realitzarà sempre de forma que no s'alterin les condicions de posta a terra de l'empresa distribuïdora, assegurant que no es produeixin transferències de defectes a la xarxa de distribució.

La instal·lació tindrà de disposar d'una separació galvànica entre la xarxa de distribució de baixa tensió i les instal·lacions fotovoltaïques, be sigui per mitjà d'un transformador d'aïllament o qualsevol altre mitjà que compleixi les mateixes funcions, en base al desenvolupament tecnològic. Les masses de la instal·lació fotovoltaica estaran connectades a una terra independentment de la del neutre de l'empresa distribuïdora d'acord amb el REBT, així com de les masses de la resta del subministre.

En l'apartat 3.2.8 i 3.2.9 dels annexes del present projecte es poden observar amb més detall les proteccions del sistema i la posta a terra del sistema fotovoltaic que s'utilitzen en la instal·lació fotovoltaica de l'alberg. Estan exposades tant les proteccions de la part de corrent continua com les de la part del circuit que hi circula corrent alterna., així com els càlculs per determinar els valors de les proteccions i càlculs de la terra.

#### **2.8.3.6 Sistema de fixació**

El sistema de fixació utilitzat en la subjecció dels mòduls solars fotovoltaics es tracta del recomanat per la mateixa marca dels panells (SolarWorld) i es tracta del sistema **Sunfix**. En l'apartat 3.4.2.3 dels annexes del present projecte es mostren els components del sistema de muntatge, la vista general i els fonaments tècnics del muntatge d'aquestes estructures de fixació. Tot seguit es descriuen algunes característiques dels sistemes de fixació Sunfix.

Tots els sistemes de muntatge Sunfix poden ser adaptats a qualsevol coberta inclinada, per tant es garanteix una utilització òptima de la superfície de muntatge. L'elecció i la utilització de components de la màxima qualitat garanteixen un funcionament de l'estructura sense que hi pugui haver inconvenients a la instal·lació fotovoltaica.

Es té de recordar que aquestes estructures estaran superposades a la teulada de l'alberg, la qual té una inclinació de 25° i es deixarà una distància entre la teulada i el pànel·l fotovoltaic d'uns 15 cm per tal de que el mòdul es refrigeri el màxim possible gràcies al vent o a la mateixa temperatura ambient que i pugui haver als voltants de l'alberg.

Per tant s'ha escollit un conjunt de 32 sistemes estructurals amb tots els seus elements per tal de que l'estructura de suport dels mòduls fotovoltaics no produeixi cap tipus de problema a la producció d'energia de la instal·lació.

Les indicacions per a la planificació de la instal·lació de les estructures que subjectaran els panells fotovoltaics són les següents:

Verificar que la subestructura compleixi amb els requeriments relatius a:

- Capacitat de càrrega (dimensionament, estat de conservació).
- Requeriments deguts a la construcció (toleràncies dimensionals, seccions transversals de fixació, nombre suficient de punts de fixació).

Es té de tenir en compte els aspectes físics de la construcció (per exemple la filtració de d'aigua de condensació per les capes aïllants). En cobertes amb inclinacions fins els 35°, és recomanable mantenir una separació de 0,5 metres amb les vores de la coberta i en particular amb les cantonades, degut a les acceleracions del vent que es puguin produir en l'indret de la instal·lació. Si per qüestions tècniques i constructives no hi ha més remei que col·locar panells fotovoltaics a la vora de les cobertes, es tindrà d'augmentar considerablement el nombre de punts de fixació dels mòduls (fixació del nivell de perfil de muntatge a la subestructura i dels mòduls en el nivell de perfil de muntatge).

## 2.8.4 Instal·lació elèctrica de Baixa Tensió

En aquest subapartat dels resultats finals de la memòria del projecte, es descriuran els elements constituents de l'ampliació de la instal·lació elèctrica de baixa tensió de l'alberg segons la solució escollida.

### 2.8.4.1 Demanda i previsió de potència

Per tal d'establir la nova demanda i previsió de potència de que disposarà l'alberg realitzarem els següent procediment.

Abans de començar a estimar les demandes de potència que tindrà la nova instal·lació elèctrica de l'alberg, es té de recordar que la potència actual contractada per l'alberg és de 5.750 W.

Un cop disposem d'aquesta dada és el moment de determinar quina serà la estimació de la nova potència de l'alberg; abans de començar amb això, tenim de saber quines seran les noves línies que pretenem introduir en el sistema elèctric de l'alberg, aquestes són: una línia per a la rentadora (presa de corrent), una altra per la assecadora (presa de corrent), la tercera per l'enllumenat de la sala d'activitats i la última per a la dels endolls d'aquesta mateixa sala.

En la previsió de potència s'han adoptat els següents valors, tot seguint les instruccions de la taula 1 sobre característiques elèctriques dels circuits de la ITC-BT-25 sobre instal·lacions interiors en habitatges:

- Preses de corrent d'ús general = 3.450 W (sala activitats)
- Enllumenat sala activitats = 6 fluorescents de 58 W de potència = 348 W (es té d'aplicar un coeficient de majoració de 1,8; veure apartat 3.3.2)
- Presa de corrent circuit rentadora = 3.450 W
- Presa de corrent circuit assecadora = 3.450 W

Per tal d'establir el coeficient de simultaneïtat de cada circuit que electrificarem, ens hem basat en el REBT, i més concretament en la ITC-BT-25 sobre instal·lacions interiors en habitatges. Dintre d'aquest apartat del reglament es troba la taula 1, on se'ns mostren els diversos valors comuns segons el circuit d'utilització elèctric. Els factors de simultaneïtat que ens incumbeixen són els següents:

- Circuit d'enllumenat: 0,75
- Circuit de presa de corrent d'ús general: 0,2
- Circuit rentadora: 0,66
- Circuit assecadora: 1

Tot seguit en la *figura 82* es mostra la taula de potències del quadre general de comandament i protecció.

Punts de consum	P <sub>calculada</sub> (W)	K <sub>s</sub>	P <sub>final</sub> (W)
Presa de corrent sala activitats	3.450	0,2	690
Enllumenat sala activitats	626,4	0,75	469,8
Presa de corrent rentadora	3.450	0,66	2.277
Presa de corrent assecadora	3.450	1	3.450
<b>Total</b>	<b>10.976,4</b>		<b>6.886,8</b>

**Figura 82:** Previsió de la potència final

Com ja tenim el valor de la potència final havent-hi aplicat els pertinents coeficients de simultaneïtat, és el moment de sumar aquesta potència a la de la ja existent a l'alberg (5.750 W) per tal de poder determinar quina serà la nova potència a contractar de l'alberg. Si realitzem aquesta operació obtenim un valor de potència de 12.636,8 W. Finalment s'ha decidit contractar una potència de 14.490 W monofàsics per si algun dia es volgués realitzar alguna futura ampliació.

En quan a les característiques de la línia exterior que alimenta l'alberg, aquesta ve des d'un centre de transformació de 160 kVA propietat de la companyia FECSA – ENDESA i que es troba situat a uns 2 km de l'alberg.

#### 2.8.4.2 *Escomesa de la instal·lació*

L'escomesa de la instal·lació elèctrica és part de la instal·lació de la xarxa de distribució, que alimenta la caixa general de protecció o unitat funcional equivalent (CGP). Els conductors seran de coure o alumini. Aquesta línia està regulada per la ITC-BT-11.

Atenent al seu traçat, al sistema d'instal·lació i a les característiques de la xarxa, la connexió podrà ser:

- **Aèria, posada sobre fatxada:** Els cables seran aïllats, de tensió assignada 0,6/1 kV, i la seva instal·lació es farà preferentment sota conductes tancats o canals protectores. Per als encreuaments de vies públiques i espais sense edificar, els cables podran instal·lar-se amarrats directament en ambdós extrems. L'altura mínima sobre carrers i carreteres en cap cas serà inferior a 6 m.
- **Aèria, tensada sobre pals:** Els cables seran aïllats, de tensió assignada 0,6/1 kV, i podran instal·lar-se suspesos d'un cable fiador o per mitjà de la utilització d'un conductor neutre fiador. Quan els cables creuen sobre vies públiques o zones de possible circulació rodada, l'altura mínima sobre carrers i carreteres no serà en cap cas inferior a 6 m. Cas particular de l'alberg.
- **Subterrània:** Els cables seran aïllats, de tensió assignada 0,6/1 kV, i podran instal·lar-se directament soterrats, soterrats baix tub o en galeries, revestiments o canals que es puguin revisar.

- **Aereo – subterrània:** Complirà les condicions indicades en els apartats anteriors. En el pas de connexió subterrània a aèria o viceversa, el cable anirà protegit des de la profunditat establida fins una altura mínima de 2,5 m per damunt del nivell del sòl, per mitjà de conducte rígid de les següents característiques:

- Resistència a l'impacte: Fort (6 juliols).
- Temperatura mínima d'instal·lació i servei: - 5 °C.
- Temperatura màxima d'instal·lació i servei: + 60 °C.
- Propietats elèctriques: Continuïtat elèctrica/aïllant.
- Resistència a la penetració d'objectes sòlids:  $D > 1$  mm.
- Resistència a la corrosió (conductes metàl·lics): Protecció interior mitjana, exterior alta.
- Resistència a la propagació de la flama: No propagador.

Finalment, cal assenyalar que la connexió serà part de la instal·lació constituïda per l'Empresa Subministradora (en el nostre cas FECSA – ENDESA), per tant el seu disseny ha de basar-se en les normes particulars d'aquesta empresa.

#### **2.8.4.3 Instal·lacions d'enllaç**

En aquest apartat de la memòria del projecte es comentaran els diversos dispositius que conformen les instal·lacions d'enllaç; aquests són: la caixa de protecció i mesura, la derivació individual i els dispositius generals i individuals de comandament i protecció.

##### ➤ **Caixa de protecció i mesura**

Per al cas de subministraments a un únic usuari, al no existir línia general d'alimentació, es col·locarà en un únic element la caixa general de protecció i l'equip de mesura; aquest element es denominarà caixa de protecció i mesura. En conseqüència, el fusible de seguretat ubicat abans del comptador coincideix amb el fusible que inclou la caixa general de protecció.

S'instal·laran preferentment sobre les fatxades exteriors dels edificis, en llocs de lliure i permanent accés. La seva situació es fixarà de comú acord entre la propietat i l'empresa subministradora.

S'instal·larà sempre en un nínxol en paret, que es tancarà amb una porta preferentment metàl·lica, amb grau de protecció IK 10 segons UNIX-EN 50.102, revestida exteriorment d'acord amb les característiques de l'entorn i estarà protegida contra la corrosió, disposant d'un pany o cademat normalitzat per l'empresa subministradora. Els dispositius de lectura dels equips de mesura hauran d'estar situats a una altura compresa entre 0,70 i 1,80 m.

En el nínxol es deixaran previstos els orificis necessaris per allotjar els conductes d'entrada de la escomesa. Quan la fatxada no limiti amb la via pública, la caixa general se situarà en el límit entre les propietats públiques i privades.

Les caixes de protecció i mesura a utilitzar correspondran a un dels tipus recollits en les especificacions tècniques de l'empresa subministradora que hagin sigut aprovades per l'Administració Pública competent, en funció del número i naturalesa del subministrament. Dins de les mateixes s'instal·laran tallacircuits fusibles en tots els conductors de fase o polars, de poder de tall almenys igual al corrent de curtcircuit prevista en el punt de la seva instal·lació.

Les caixes de protecció i mesura compliran tot el que sobre el particular s'indica en la Norma UNIX-EN 60.439 -1, tindran grau d'inflamabilitat segons s'indica en la norma UNIX-EN 60.439 -3, una vegada instal·lades tindran un grau de protecció IP43 segons UNIX 20.324 i IK 09 segons UNIX-EN 50.102 i seran precintables.

L'envoltant haurà de disposar de la ventilació interna necessària que garanteixi la no formació de condensacions. El material transparent per a la lectura serà resistent a l'acció dels raigs ultraviolats. Les disposicions generals d'aquest tipus de caixa queden recollides en la ITC-BT-13.

### ➤ **Derivació individual**

La derivació individual és la part de la instal·lació que, partint de la caixa de protecció i mesura, subministra energia elèctrica a una instal·lació d'usuari. Comprèn els fusibles de seguretat, el conjunt de mesura i els dispositius generals de comandament i protecció. Està regulada per la ITC-BT-15.

Les derivacions individuals estaran constituïdes per:

- Conductors aïllats en l'interior de tubs encastats.
- Conductors aïllats en l'interior de tubs soterrats.
- Conductors aïllats en l'interior de tubs en muntatge superficial.
- Conductors aïllats en l'interior de canals protectores la tapa del qual només es pugui obrir amb l'ajuda d'un útil.
- Canalitzacions elèctriques prefabricades que hauran de complir la norma UNIX-EN 60.439-2.
- Conductors aïllats en l'interior de conductes tancats d'obra de fàbrica, projectats i construïts a aquest efecte.

Els conductors a utilitzar seran de coure o alumini, aïllats i normalment unipolars, sent la seva tensió assignada 450/750 V com a mínim. Per al cas de cables multiconductors o per al cas de derivacions individuals en l'interior de tubs soterrats, l'aïllament dels conductors serà de tensió assignada 0,6/1 kV. La secció mínima serà de 6 mm<sup>2</sup> per als cables polars, neutre i protecció i d'1,5 mm<sup>2</sup> per a l'agulla de comandament (per a aplicació de les diferents tarifes), que serà de color roig.

Els cables seran no propagadors de l'incendi i amb emissió de fums i opacitat reduïda. Els cables amb característiques equivalents a les de la norma UNIX 21.123 part 4 o 5 o a la norma UNIX 211002 compleixin amb aquesta prescripció. La caiguda de tensió màxima admissible serà, per al cas de derivacions individuals en subministraments per a un únic usuari en què no hi ha línia general d'alimentació, de l'1,5 %.

### ➤ Dispositius generals i individuals de comandament i protecció

Els dispositius generals de comandament i protecció se situaran el més prop possible del punt d'entrada de la derivació individual. En establiments en què es procedeixi, es col·locarà una caixa per a l'interruptor de control de potència, immediatament abans dels altres dispositius, en compartiment independent i precintable. Aquesta caixa es podrà col·locar en el mateix quadre on es col·loquen els dispositius generals de comandament i protecció.

Els dispositius individuals de comandament i protecció de cada un dels circuits, que són l'origen de la instal·lació interior, podran instal·lar-se en quadres separats i en altres llocs. En locals d'ús comú o de pública concurrència s'hauran de prendre les precaucions necessàries perquè els dispositius de comandament i protecció no siguin accessibles al públic en general. L'altura a la qual es situaran els dispositius generals i individuals de comandament i protecció dels circuits, mesura des del nivell del sòl, estarà compresa entre 1 i 2 m.

Els envoltants dels quadres s'ajustaran a les normes UNIX 20.451 i UNIX-EN 60.439 -3, amb un grau de protecció mínim IP 30 segons UNIX 20.324 i IK07 segons UNIX-EN 50.102. L'envoltant per a l'interruptor de control de potència serà precintable i les seves dimensions estaran d'acord amb el tipus de subministrament i tarifa a aplicar. Les seves característiques i tipus correspondran a un model oficialment aprovat.

L'instal·lador fixarà de forma permanent sobre el quadre de distribució una placa impresa amb caràcters indelebles, en la que constarà el seu nom o marca comercial, la data en què es va realitzar la instal·lació, així com la intensitat assignada de l'interruptor general automàtic.

Els dispositius generals i individuals de comandament i protecció seran, com a mínim:

- Un interruptor general automàtic de tall omnipolar, d'intensitat nominal mínima 25 A, que permeti el seu accionament manual i que estigui dotat d'elements de protecció contra sobrecàrrega i curtcircuits (segons ITC-BT-22). Tindrà poder de tall suficient per a la intensitat de curtcircuit que pugui produir-se en el punt de la seva instal·lació, de 4,5 kA com a mínim. Aquest interruptor serà independent de l'interruptor de control de potència.
- Un interruptor diferencial general, d'intensitat assignada superior o igual a la de l'interruptor general, destinat a la protecció contra contactes indirectes de tots els circuits (segons ITC-BT-24). Es complirà la condició següent:

$$R_a \cdot I_a \leq U \quad (9)$$

On,

$R_a$  = és la suma de les resistències de la presa de terra i dels conductors de protecció de masses.

$I_a$  = és el corrent que assegura el funcionament del dispositiu de protecció (corrent diferencial-residual assignada).

U = és la tensió de contacte límit convencional (50 V en locals secs i 24 V en locals humits).

Si pel tipus o caràcter de la instal·lació s'instal·la un interruptor diferencial per cada circuit o grup de circuits, es podria prescindir de l'interruptor diferencial general, sempre que queden protegits tots els circuits. En el cas que s'instal·li més d'un interruptor diferencial en sèrie, existirà una selectivitat entre ells.

Totes les masses dels equips elèctrics protegits per un mateix dispositiu de protecció, han d'estar interconnectades i unides per un conductor de protecció a una mateixa presa de terra.

- Dispositius de tall omnipolar, destinats a la protecció contra sobrecàrregues i curtcircuits de cada un dels circuits interiors (segons ITC-BT-22).
- Dispositiu de protecció contra sobretensions, segons ITC-BT-23, si fos necessari.

#### **2.8.4.4 Instal·lacions interiors**

En aquest apartat sobre les instal·lacions elèctriques interiors en edificis, parlarem sobre els conductors, la seva identificació, la subdivisió de les instal·lacions, l'equilibrat de les càrregues, la resistència d'aïllament i rigidesa dielèctrica, les connexions i els diversos sistemes de instal·lacions.

##### **➤ Conductors**

Els conductors i cables que s'empren en les instal·lacions seran de coure o alumini i seran sempre aïllats. La tensió assignada no serà inferior a 450/750 V. La secció dels conductors a utilitzar es determinarà de manera que la caiguda de tensió entre l'origen de la instal·lació interior i qualsevol punt d'utilització sigui menor del 3 % per a enllumenat i del 5 % per als altres usos.

El valor de la caiguda de tensió podrà compensar-se entre la de la instal·lació interior (3-5%) i la de la derivació individual (1,5 %), de manera que la caiguda de tensió total sigui inferior a la suma dels valors límits especificats per a ambdós (4,5-6,5 %). Per a instal·lacions que s'alimenten directament en alta tensió, per mitjà d'un transformador propi, es considerarà que la instal·lació interior de baixa tensió té el seu origen a la sortida del transformador, sent també en aquest cas les caigudes de tensió màximes admissibles del 4,5 % per a enllumenat i del 6,5 % per als altres usos.

En instal·lacions interiors, per a tenir en compte els corrents harmònics deguts a càrregues no lineals i possibles desequilibris, excepte justificació per càlcul, la secció del conductor neutre serà com a mínim igual a la de les fases. No s'utilitzarà un mateix conductor neutre per a diversos circuits.

Les intensitats màximes admissibles, es regiran en la seva totalitat per allò que s'ha indicat en la Norma UNIX 20.460-5-523 i el seu annex Nacional. Els conductors de protecció tindran una secció mínima igual a la fixada en la següent *figura 83*:

Secció conductors fase (mm <sup>2</sup> )	Secció conductors protecció (mm <sup>2</sup> )
$S_f \leq 16$	Sf
$16 < S_f \leq 35$	16
$S_f > 35$	Sf / 2

Figura 83: Secció conductors de protecció

### ➤ Identificació dels conductors

Els conductors de la instal·lació han de ser fàcilment identificables, especialment pel que fa al conductor neutre i al conductor de protecció. Aquesta identificació es realitzarà pels colors que presenten els seus aïllaments. Quan existeixi un conductor neutre en la instal·lació o es previngui per a un conductor de fase el seu pas posterior a conductor neutre, s'identificaran aquests cables pel color blau clar. Al conductor de protecció se l'identificarà pel color verd i groc. Tots els conductors de fase, o si és el cas, aquells per als que no es previngui el seu pas posterior a neutre, s'identificaran pels colors marró, negre o gris.

### ➤ Subdivisió de les instal·lacions

Les instal·lacions es subdividiran de manera que les pertorbacions originades per avaries que es puguin produir-se en un punt d'aquestes, afectin tan sols certes parts de la instal·lació, per exemple a un sector de l'edifici, a una planta, a un sol local, etc., per a la qual cosa els dispositius de protecció de cada circuit estaran adequadament coordinats i seran selectius amb els dispositius generals de protecció que els precedeixin. Tota instal·lació es dividirà en diversos circuits, segons les necessitats, a fi de:

- Evitar les interrupcions innecessàries de tot el circuit i limitar les conseqüències d'una fallada.
- Facilitar les verificacions, assaigs i manteniments.
- Evitar els riscos que podrien resultar de la fallada d'un sol circuit que es pogués dividir, com per exemple si només hi ha un circuit d'enllumenat.

### ➤ Equilibrat de càrregues

Per tal de que es mantingui el major equilibri possible en la càrrega dels conductors que formen part d'una instal·lació, es procurarà que aquesta quedi repartida entre les seves fases o conductors polars.

### ➤ Resistència d'aïllament i rigidesa dielèctrica

Les instal·lacions hauran de presentar una resistència d'aïllament almenys igual als valors indicats en la següent figura 84:

Tensió nominal instal·lació	Tensió assaig en C.C. (V)	Resistència d'aïllament (MΩ)
MBTS o MBTP	250	$\geq 0,25$
$\leq 500$ V	500	$\geq 0,50$
$> 500$ V	1.000	$\geq 1,00$

Figura 83: Secció conductors de protecció

La rigidesa dielèctrica serà tal que, desconnectats els aparells d'utilització (receptors), resisteixi durant 1 minut una prova de tensió de  $2U + 1000$  V a freqüència industrial, sent  $U$  la tensió màxima de servei expressada en volts, i amb un mínim de 1.500 V.

Els corrents de fuga no seran superiors, per al conjunt de la instal·lació o per a cada un dels circuits en què esta pugui dividir-se a efectes de la seva protecció, a la sensibilitat que presenten els interruptors diferencials instal·lats com a protecció contra els contactes indirectes.

#### ➤ **Connexions**

En cap cas es permetrà la unió de conductors per mitjà de connexions i/o derivacions per simple retorçament o enrotllament entre si dels conductors, sinó que haurà de realitzar-se sempre utilitzant borns de connexió muntats individualment o constituint blocs o interfícies de connexió; pot permetre's així mateix, la utilització de brides de connexió. Sempre hauran de realitzar-se en l'interior de caixes d'entroncament i/o de derivació.

Si es tracta de conductors de diversos fils d'aram de cablatge, les connexions es realitzaran de manera que el corrent es reparteixi per tots els fils d'aram compresos.

#### ➤ **Sistemes d'instal·lació**

##### ***Prescripcions generals***

Diversos circuits poden trobar-se en el mateix tub o en el mateix compartiment de canal si tots els conductors estan aïllats per a la tensió assignada més elevada.

En cas de proximitat de canalitzacions elèctriques amb altres no elèctriques, es disposaran de manera que entre les superfícies exteriors d'ambdós es mantingui una distància mínima de 3 cm. En cas de proximitat amb conductes de calefacció, d'aire calent, vapor o fum, les canalitzacions elèctriques s'establiran de manera que no puguin aconseguir una temperatura perillosa i, per consegüent, es mantindran separades per una distància convenient o per mitjà de pantalles calorífuges.

Les canalitzacions elèctriques no se situaran per davall d'altres canalitzacions que puguin donar lloc a condensacions, com ara les destinades a conducció de vapor, d'aigua, de gas, etc., a menys que es prenguin les disposicions necessàries per a protegir les canalitzacions elèctriques contra els efectes d'aquestes condensacions.

Les canalitzacions hauran d'estar disposades de manera que faciliten la seva maniobra, inspecció i accés a les seves connexions. Les canalitzacions elèctriques s'establiran de manera que per mitjà de la convenient identificació dels seus circuits i elements, es pugui procedir en tot moment a reparacions, transformacions, etc.

En tota la longitud dels passos de canalitzacions a través d'elements de la construcció, com ara murs, barandats i sostres, no es disposaran entroncaments o derivacions de cables, estant protegides contra els deterioraments mecànics, les accions químiques i els efectes de la humitat.

Les cobertes, tapes o envoltants, comandaments i polsadors de maniobra d'aparells com ara mecanismes, interruptors, bases, reguladors, etc; instal·lats en els locals humits o banyats seran de material aïllant.

### ***Conductors aïllats baix tubs protectors***

Els cables utilitzats seran de tensió assignada no inferior a 450/750 V.

El diàmetre exterior mínim dels tubs, en funció del número i la secció dels conductors a conduir, s'obtindrà de les taules indicades en la ITC-BT-21, així com les característiques mínimes segons el tipus d'instal·lació.

Per a l'execució de les canalitzacions baix tubs protectors, es tindran en compte les prescripcions generals següents:

- El traçat de les canalitzacions es farà seguint línies verticals i horitzontals o paral·leles a les arestes de les parets que limiten el local on s'efectua la instal·lació.
- Els tubs s'uniran entre si per mitjà d'accessoris adequats a la seva classe que assegurin la continuïtat de la protecció que proporcionen als conductors.
- Els tubs aïllants rígids curvables en calent podran ser acoblaments entre si en calent, recobrint l'entroncament amb una cua especial quan es precisi una unió estanca.
- Les corbes practicades en els tubs seran contínues i no originaran reduccions de secció inadmissibles. Els ratios mínims de curvatura per a cada classe de tub seran els especificats pel fabricant conforme a UNIX-EN
- Serà possible la fàcil introducció i retirada dels conductors en els tubs després de col·locar-los i fixats estos i els seus accessoris, disposant per a això els registres que es consideren convenientes, que en trams rectes no estaran separats entre si més de 15 metres. El nombre de corbes en angle situades entre dos registres consecutius no serà superior a 3. Els conductors s'allotjaran normalment en els tubs després de ser col·locats aquests.
- Els registres podran estar destinats únicament a facilitar la introducció i retirada dels conductors en els tubs o servir al mateix temps com a caixes d'entroncament o derivació.
- Les connexions entre conductors es realitzaran en l'interior de caixes apropiades de material aïllant i no propagador de la flama. Si són metàl·liques estaran protegides contra la corrosió. Les dimensions d'aquestes caixes seran tal que permetin allotjar folgadamente tots els conductors que hagin de contenir. La seva profunditat serà almenys igual al diàmetre del tub major més un 50 % del mateix, amb un mínim de 40 mm. El seu diàmetre o costat interior mínim serà de 60 mm. Quan es vulguin fer estanques les entrades dels tubs en les caixes de connexió, hauran d'emprar-se premsadors o ràcords adequats.
- En els tubs metàl·lics sense aïllament interior, es tindrà en compte la possibilitat que es produeixin condensacions d'aigua en el seu interior, per a la qual cosa es triarà convenientment el traçat de la seva instal·lació, preveient l'evacuació i establint una ventilació apropiada en l'interior dels tubs per mitjà del sistema adequat, com pot ser, per exemple, l'ús d'una "T" de la que un dels braços no s'empra.

- Els tubs metàl·lics que siguin accessibles han de posar-se a terra. La seva continuïtat elèctrica haurà de quedar convenientment assegurada. En el cas d'utilitzar tubs metàl·lics flexibles, és necessari que la distància entre dos posades a terra consecutives dels tubs no excedeixi de 10 metres.
- No podran utilitzar-se els tubs metàl·lics com a conductors de protecció o de neutre.

Quan els tubs s'instal·len en muntatge superficial, es tindran en compte, a més, les prescripcions següents:

- Els tubs es fixaran a les parets o sostres per mitjà de brides o abraçadores protegides contra la corrosió i sòlidament subjectes. La distància entre aquestes serà, com a màxim, de 0,50 metres. Es disposaran fixacions d'una i una altra part en els canvis de direcció, en els entroncaments i en la proximitat immediata de les entrades en caixes o aparells.
- Els tubs es col·locaran adaptant-se a la superfície sobre la qual s'instal·len, corbant-se o usant els accessoris necessaris.
- En alineacions rectes, les desviacions de l'eix del tub respecte a la línia que uneix els punts extrems no seran superiors al 2 %.
- És convenient disposar els tubs, sempre que sigui possible, a una altura mínima de 2,50 metres sobre el sòl, a fi de protegir-los d'eventuals danys mecànics.

Quan els tubs es col·loquen encastats, es tindran en compte, a més, les prescripcions següents:

- En la instal·lació dels tubs en l'interior dels elements de la construcció, les fregadisses no posaran en perill la seguretat de les parets o sostres en què es practiquen. Les dimensions de les fregadisses seran suficients perquè els tubs queden recoberts per una capa d'1 centímetre de grossària, com a mínim. En els angles, la grossària d'esta capa pot reduir-se a 0,5 centímetres.
- No s'instal·laran entre forjat i revestiment tubs destinats a la instal·lació elèctrica de les plantes inferiors.
- Per a la instal·lació corresponent a la pròpia planta, únicament podran instal·lar-se, entre forjat i revestiment, tubs que hauran de quedar recoberts per una capa de formigó o morter d'1 centímetre de grossària, com a mínim, a més del revestiment.
- En els canvis de direcció, els tubs estaran convenientment corbats o bé proveïts de colzes o "T" apropiats, però en aquest últim cas només s'admetran els proveïts de tapes de registre.
- Les tapes dels registres i de les caixes de connexió quedaran accessibles i desmuntables una vegada finalitzada l'obra. Els registres i caixes quedaran enrasats amb la superfície exterior del revestiment de la paret o sostre quan no s'instal·len en l'interior d'un allotjament tancat i practicable.
- En el cas d'utilitzar-se tubs encastats en parets, és convenient disposar els recorreguts horitzontals a 50 centímetres com a màxim, de sòl o sostres i els verticals a una distància dels angles de cantons no superiors a 20 centímetres.

### ***Conductors aïllats fixats directament sobre les parets***

Aquestes instal·lacions s'establiran amb cables de tensions assignades no inferiors a 0,6/1 kV, armats, proveïts d'aïllament i coberta.

Per a l'execució de les canalitzacions es tindran en compte les prescripcions següents:

- Es fixaran sobre les parets per mitjà de brides, abraçadores, o collars de manera que no perjudiquen les cobertes dels mateixos.
- A fi que els cables no siguin susceptibles de doblegar-se per efecte del seu propi pes, els punts de fixació dels mateixos estaran prou pròxims. La distància entre dos punts de fixació successius, no excedirà de 0,40 metres.
- Quan els cables hagin de disposar de protecció mecànica pel lloc i condicions d'instal·lació en què s'efectuï la mateixa, s'utilitzaran cables armats. En cas de no utilitzar estos cables, s'establirà una protecció mecànica complementària sobre els mateixos.
- S'evitarà corbar els cables amb un ràtio massa petit i excepte prescripció en contra fixada en la Norma UNIX corresponent al cable utilitzat, aquest ràtio no serà inferior a 10 vegades el diàmetre exterior del cable.
- Els encreuaments dels cables amb canalitzacions no elèctriques es podran efectuar per la part anterior o posterior a estes, deixant una distància mínima de 3 cm entre la superfície exterior de la canalització no elèctrica i la coberta dels cables quan l'encreuament s'efectuï per la part anterior d'aquella.
- Els extrems dels cables seran estancs quan les característiques dels locals o emplaçaments que així ho exigeixin, utilitzant-se a aquest fi caixes o altres dispositius adequats. L'estanqueïtat podrà quedar assegurada amb l'ajuda de la premsadora.
- Els entroncaments i connexions es faran per mitjà de caixes o dispositius equivalents proveïts de tapes desmuntables que assegurin al mateix temps la continuïtat de la protecció mecànica establerta, l'aïllament i la inaccessibilitat de les connexions i permetent la seva verificació en cas necessari.

### ***Conductors aïllats en l'interior de buits de la construcció***

Els cables utilitzats seran de tensió assignada no inferior a 450/750 V, amb coberta de protecció. Els cables o tubs podran instal·lar-se directament en els buits de la construcció totalment construïts amb materials incombustibles de resistència al foc RF-120 com a mínim.

Els buits en la construcció admissibles per aquest tipus de canalitzacions podran estar disposats en murs, parets, bigues, forjats o sostres, adoptant la forma de conductes continus o bé estaran compresos entre dos superfícies paral·leles com en el cas de falsos sostres o murs amb cambres d'aire.

La secció dels buits serà, com a mínim, igual a quatre vegades l'ocupada pels cables o tubs, i la seva dimensió més petita no serà inferior a dos vegades el diàmetre exterior de major secció d'estos, amb un mínim de 20 mil·límetres. Les parets que separen un buit que contenen les canalitzacions elèctriques dels locals immediats, tindran prou solidesa per a protegir aquestes contra accions previsibles.

S'evitaran, en la mesura que sigui possible, les asprors en l'interior dels buits i els canvis de direcció dels mateixos en un nombre elevat o de petit ràdio de curvatura.

La canalització podrà ser reconeguda i conservada sense que sigui necessària la destrucció parcial de les parets, sostres, etc., o els seus guarnits i decoracions. Els entroncaments i derivacions dels cables seran accessibles, disposant-se per a ells les caixes de derivació adequades.

S'evitarà que es puguin produir-se infiltracions, fugues o condensacions d'aigua que puguin penetrar en l'interior del buit, prestant especial atenció a la impermeabilitat dels seus murs exteriors, així com a la proximitat de canonades de conducció de líquids, penetració d'aigua al efectuar la neteja de sòls, possibilitat d'acumulació d'aquella en parts baixes del buit, etc.

### ***Conductors aïllats baix canals protectores***

La canal protectora és un material d'instal·lació constituït per un perfil de parets perforades o no, destinat a allotjar conductors o cables i tancat per una tapa desmuntable. Els cables utilitzats seran de tensió assignada no inferior a 450/750 V.

Les canals protectores tindran un grau de protecció IP4X i estaran classificades com "canals amb tapa d'accés que només poden obrir-se amb ferramentes". En el seu interior es podran col·locar mecanismes com ara interruptors, preses de corrent, dispositius de comandament i control, etc.; sempre que es fixen d'acord amb les instruccions del fabricant. També es podran realitzar entroncaments de conductors en el seu interior i connexions als mecanismes.

Les canals protectores per a aplicacions no ordinàries hauran de tenir unes característiques mínimes de resistència a l'impacte, de temperatura mínima i màxima d'instal·lació i servei, de resistència a la penetració d'objectes sòlids i de resistència a la penetració d'aigua, adequades a les condicions de l'emplaçament a què es destina; així mateix les canals seran no propagadores de la flama. Aquestes característiques seran conformes a les normes de la sèrie UNIX-EN 50.085.

El traçat de les canalitzacions es farà seguint preferentment línies verticals i horitzontals o paral·leles a les arestes de les parets que limiten al local on s'efectua la instal·lació.

Les canals amb conductivitat elèctrica han de connectar-se a la xarxa de terra, la seva continuïtat elèctrica quedarà convenientment assegurada. La tapa de les canals quedarà sempre accessible.

#### ***2.8.4.5 Proteccions contra sobreintensitats***

Tot circuit estarà protegit contra els efectes de les sobreintensitats que puguin presentar-se en el mateix, per a la qual cosa la interrupció d'aquest circuit es realitzarà en un temps convenient o estarà dimensionat per a les sobreintensitats previsibles. Les sobreintensitats poden estar motivades per:

- Sobrecàrregues degudes als aparells d'utilització o defectes d'aïllament de gran impedància.
  - Curtcircuits.
  - Descàrregues elèctriques atmosfèriques.
- **Protecció contra sobrecàrregues:** El límit d'intensitat de corrent admissible en un conductor ha de quedar en tot cas garantida pel dispositiu de protecció utilitzat. El dispositiu de protecció podrà estar constituït per un interruptor automàtic de tall omnipolar amb corba tèrmica de tall, o per tallacircuits fusibles calibrats de característiques de funcionament adequades.
  - **Protecció contra curtcircuits:** En l'origen de tot circuit s'establirà un dispositiu de protecció contra curtcircuits la capacitat de tall del qual estarà d'acord amb la intensitat de curtcircuit que pugui presentar-se en el punt de la seva connexió. S'admet, no obstant, que quan es tracte de circuits derivats d'un principal, cada un d'estos circuits derivats disposi de protecció contra sobrecàrregues, mentre que un sol dispositiu general pugui assegurar la protecció contra curtcircuits per a tots els circuits derivats. S'admeten com a dispositius de protecció contra curtcircuits els fusibles calibrats de característiques de funcionament adequades i els interruptors automàtics amb sistema de tall omnipolar.

La norma UNIX 20.460-4-43 arreplega tots els aspectes requerits per als dispositius de protecció. La norma UNIX 20.460 -4-473 defineix l'aplicació de les mesures de protecció exposades en la norma UNIX 20.460 -4-43 segons sigui per causa de sobrecàrregues o curtcircuit, assenyalant en cada cas el seu emplaçament o omissió.

#### 2.8.4.6 Proteccions contra sobretensions

##### ➤ Categories de les sobretensions

Les categories indiquen els valors de tensió suportada a l'ona de xoc de sobretensió que tenen de tenir els equips, determinant, al seu torn, el valor límit màxim de tensió residual que han de permetre els diferents dispositius de protecció de cada zona per a evitar el possible dany d'aquests equips.

Es distingeixen 4 categories diferents, indicant en cada cas el nivell de tensió suportada a impulsos, en kV, segons la tensió nominal de la instal·lació, això es pot observar en la *figura 84*:

Tensió nominal instal·lació (V)		Tensió suportada a impulsos 1,2 / 50 (kV)			
Sistemes III	Sistemes II	Categoria IV	Categoria III	Categoria II	Categoria I
230 / 400	230	6	4	2,5	1,5
400 / 690	-	8	6	4	2,5

Figura 84: Categories de les sobretensions

### ***Categoria I***

S'aplica als equips molt sensibles a les sobretensions i que estan destinats a ser connectats a la instal·lació elèctrica fixa (ordinadors, equips electrònics molt sensibles, etc). En aquest cas, les mesures de protecció es prenen fora dels equips a protegir, ja sigui en la instal·lació fixa o entre la instal·lació fixa i els equips, a fi de limitar les sobretensions a un nivell específic.

### ***Categoria II***

S'aplica als equips destinats a connectar-se a una instal·lació elèctrica fixa (electrodomèstics, ferramentes portàtils i altres equips semblants).

### ***Categoria III***

S'aplica als equips i materials que formen part de la instal·lació elèctrica fixa i a altres equips per als quals es requereix un alt nivell de fiabilitat (armaris de distribució, enfangats, aparells: interruptors, seccionadors, preses de corrent...; canalitzacions i els seus accessoris: cables, caixa de derivació...; motors amb connexió elèctrica fixa: ascensors, màquines industrials...

### ***Categoria IV***

S'aplica als equips i materials que es connecten en l'origen o molt pròxims a l'origen de la instal·lació, aigües dalt del quadre de distribució (comptadors d'energia, aparells de telemesura, equips principals de protecció contra sobreintensitats...).

#### **➤ Mesures per al control de les sobretensions**

Es poden presentar dos situacions diferents:

- Situació natural: quan no cal la protecció contra les sobretensions transitòries, perquè es preveu un baix risc de sobretensions en la instal·lació (pel fet que està alimentada per una xarxa subterrània en la seva totalitat). En aquest cas es considera prou la resistència a les sobretensions dels equips indicada en la taula de categories, i no es requereix cap protecció suplementària contra les sobretensions transitòries.
- Situació controlada: quan és necessari la protecció contra les sobretensions transitòries en l'origen de la instal·lació, perquè la instal·lació s'alimenta per, o inclou, una línia aèria amb conductors nus o aïllats.

També es considera situació controlada aquella situació natural en què és convenient incloure dispositius de protecció per a una major seguretat (continuitat de servei, valor econòmic dels equips, pèrdues irreparables, etc.).

Els dispositius de protecció contra sobretensions d'origen atmosfèric han de seleccionar-se de manera que el seu nivell de protecció sigui inferior a la tensió suportada a impuls de la categoria dels equips i materials que es preveu que es vagin a instal·lar. Els descarregadors es connectaran entre cada un dels conductors, incloent el neutre o compensador i la terra de la instal·lació.

### ➤ Selecció dels materials en la instal·lació

Els equips i materials han de triar-se de manera que la seva tensió suportada a impulsos no sigui inferior a la tensió suportada prescrita en la taula anterior, segons la seva categoria.

Els equips i materials que tinguin una tensió suportada a impulsos inferior a la indicada en la taula, es poden utilitzar, no obstant:

- En situació natural, quan el risc sigui acceptable.
- En situació controlada, si la protecció contra les sobretensions és adequada.

#### 2.8.4.7 Proteccions contra contactes directes i indirectes

##### ➤ Protecció contra contactes directes

###### *Protecció per aïllament de les parts actives*

Les parts actives hauran d'estar recobertes d'un aïllament que no pugui ser eliminat més que destruint-lo.

###### *Protecció per mitjà de barreres o envoltants.*

Les parts actives han d'estar situades en l'interior de les envoltants o darrere de barreres que disposin, com a mínim, el grau de protecció IP XXB, segons UNIX20.324. Si es necessiten obertures majors per a la reparació de peces o per al bon funcionament dels equips, s'adoptaran precaucions apropiades per a impedir que les persones o animals domèstics toquen les parts actives i es garantirà que les persones siguin conscients del fet que les parts actives no han de ser tocades voluntàriament.

Les superfícies superiors de les barreres o envoltants horitzontals que són fàcilment accessibles, han de respondre com a mínim al grau de protecció IP4X o IP XXD.

Les barreres o envoltants han de fixar-se de manera segura i ser d'una robustesa i durabilitat suficients per a mantenir els graus de protecció exigits, amb una separació suficient de les parts actives en les condicions normals de servei, tenint en compte les influències externes.

Quan sigui necessari suprimir les barreres, obrir les envoltants o llevar parts d'aquestes, això no ha de ser possible més que:

- Bé amb l'ajuda d'una clau o d'una ferrament.
- O bé, després de llevar la tensió de les parts actives protegides per aquestes barreres o aquests envoltants, no podent ser restablerta la tensió fins després de tornar a col·locar les barreres o les envoltants.
- O bé, si hi ha interposada una segona barrera que posseeix com a mínim el grau de protecció IP2X o IP XXB, que no pugui ser llevada més que amb l'ajuda d'una clau o d'una ferrament i que impedeixi tot contacte amb les parts actives.

### ***Protecció complementària per dispositius de corrent diferencial – residual***

Esta mesura de protecció està destinada només a complementar altres mesures de protecció contra els contactes directes.

La utilització de dispositius de corrent diferencial – residual, el valor de corrent diferencial del qual assignada de funcionament sigui inferior o igual a 30 mA, es reconeix com a mesura de protecció complementària en cas de fallada d'una altra mesura de protecció contra els contactes directes o en cas d'imprudència dels usuaris.

#### ➤ **Protecció contra contactes indirectes**

La protecció contra contactes indirectes s'aconseguirà per mitjà de "tall automàtic de l'alimentació". Aquesta mesura consisteix a impedir, després de l'aparició d'una fallada, que una tensió de contacte de valor suficient es mantingui durant un temps tal que pugui donar com resultat un risc. La tensió límit convencional és igual a 50 V, valor eficaç en corrent alterna, en condicions normals i a 24 V en locals humits.

Totes les masses dels equips elèctrics protegits per un mateix dispositiu de protecció, han de ser interconnectades i unides per un conductor de protecció a una mateixa presa de terra. El punt neutre de cada generador o transformador ha de posar-se a terra.

Es complirà la condició següent:

$$R_a \cdot I_a \leq U \quad (10)$$

On,

$R_a$  = és la suma de les resistències de la presa de terra i dels conductors de protecció de masses.

$I_a$  = és el corrent que assegura el funcionament del dispositiu de protecció (corrent diferencial – residual assignada).

$U$  = és la tensió de contacte límit convencional (50 V en locals secs i 24 V en locals humits).

#### ***2.8.4.8 Posta a terra de la instal·lació***

Les postes a terra de les instal·lacions elèctriques s'estableixen principalment a fi de limitar la tensió que, respecte 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.

La posta o connexió a terra és la unió elèctrica directa, sense fusibles ni cap protecció, d'una part del circuit elèctric o d'una part conductora no pertanyent al mateix, per mitjà d'una presa de terra amb un elèctrode o grup d'elèctrodes soterrats en el sòl de l'alberg.

Per mitjà de la instal·lació de posada a terra s'haurà d'aconseguir que en el conjunt d'instal·lacions, edificis i superfície pròxima del terreny no apareguin diferències de potencial perilloses i que, al mateix temps, es permeti el pas a terra dels corrents de defecte o les de descàrrega d'origen atmosfèric.

L'elecció i instal·lació dels materials que assegurin la posada a terra han de ser tal que:

- El valor de la resistència de posada a terra estigui conforme amb les normes de protecció i de funcionament de la instal·lació i es mantingui d'aquesta manera al llarg del temps.
- Els corrents de defecte a terra i els corrents de fuga puguin circular sense perill, particularment des del punt de vista de sol·licitacions tèrmiques, mecàniques elèctriques.
- La solidesa o la protecció mecànica quedi assegurada amb independència de les condicions estimades d'influències externes.
- Contemplin els possibles riscos deguts a electròlisi que pogueren afectar altres parts metàl·liques.

#### ➤ Unions a Terra

#### *Presa de terra*

Per a la presa de terra es poden utilitzar elèctrodes formats per:

- Barres, tubs.
- Pletines, conductors nus.
- Plaques.
- Anells o malles metàl·liques constituïts pels elements anteriors o les seves combinacions.
- Armadures de formigó soterrades; a excepció de les armadures pretesades.
- Altres estructures soterrades que es demostrin que són apropiades.

Els conductors de coure utilitzats com a elèctrodes seran de construcció i resistència elèctrica segons la classe 2 de la norma UNIX 21.022.

El tipus i la profunditat de soterrament de les preses de terra han de ser tal que la possible pèrdua d'humitat del sòl, la presència del gel o altres efectes climàtics, no augmenten la resistència de la presa de terra per damunt del valor previst. La profunditat mai serà inferior a 0,50 m.

#### *Conductors de terra*

La secció dels conductors de terra, quan estiguin soterrats, hauran d'estar d'acord amb els valors indicats en la taula següent. La secció no serà inferior a la mínima exigida per als conductors de protecció. En la següent *figura 85* es pot veure la secció dels conductors de terra.

Tipus	Protegits mecànicament	No protegit mecànicament
Protegits contra la corrosió	Igual a conductors protecció	16 mm <sup>2</sup> Cu 16 mm <sup>2</sup> Acer Galvanitzat
No protegits contra la corrosió	25 mm <sup>2</sup> Cu 50 mm <sup>2</sup> Ferro	25 mm <sup>2</sup> Cu 50 mm <sup>2</sup> Ferro

Figura 85: Categories de les sobretensions

La protecció contra la corrosió es pot obtenir per mitjà d'una envoltant. Durant l'execució de les unions entre conductors de terra i elèctrodes de terra ha d'extremar-se l'atenció perquè resultin elèctricament correctes. S'ha de tenir en compte, en especial, que les connexions, no danyin ni als conductors ni als elèctrodes de terra.

### ***Borns de posta a terra***

En tota instal·lació de posta a terra ha de preveure's un born principal de terra, al qual han d'unir-se els conductors següents:

- Els conductors de terra.
- Els conductors de protecció.
- Els conductors d'unió equipotencial principal.
- Els conductors de posta a terra funcional, si són necessaris.

Ha de preveure's sobre els conductors de terra i en lloc accessible, un dispositiu que permeti mesurar la resistència de la presa de terra corresponent. Aquest dispositiu pot estar combinat amb el born principal de terra, ha de ser desmuntable necessàriament per mitjà d'un útil, ha de ser mecànicament segur i ha d'assegurar la continuïtat elèctrica.

### ***Conductors de protecció***

Els conductors de protecció serveixen per a unir elèctricament les masses d'una instal·lació amb el born de terra, a fi d'assegurar la protecció contra contactes indirectes. Els conductors de protecció tindran una secció mínima igual a la fixada en la següent figura 86:

Secció conductors fase (mm <sup>2</sup> )	Secció conductors protecció (mm <sup>2</sup> )
$S_f \leq 16$	Sf
$16 < S_f \leq 35$	16
$S_f > 35$	Sf / 2

Figura 86: Secció dels conductors de protecció

En tots els casos, els conductors de protecció que no formen part de la canalització d'alimentació seran de coure amb una secció, almenys de:

- 2,5 mm<sup>2</sup>, si els conductors de protecció disposen d'una protecció mecànica.

- 4 mm<sup>2</sup>, si els conductors de protecció no disposen d'una protecció mecànica.

Com a conductors de protecció poden utilitzar-se:

- Conductors en els cables multiconductors.
- Conductors aïllats o nus que posseeixin una envoltant comuna amb els conductors actius.
- Conductors separats despallats o aïllats.

Cap aparell haurà de ser intercalat en el conductor de protecció. Les masses dels equips a unir amb els conductors de protecció no han d'estar connectades en sèrie en un circuit de protecció.

#### ➤ **Conductors d'equipotencialitat**

El conductor principal d'equipotencialitat ha de disposar d'una secció no inferior a la meitat de la del conductor de protecció de secció major de la instal·lació, amb un mínim de 6 mm<sup>2</sup>. No obstant, la seva secció pot ser reduïda a 2,5 mm<sup>2</sup> si és de coure.

La unió d'equipotencialitat suplementària pot estar assegurada, bé per elements conductors no desmuntables, com ara estructures metàl·liques no desmuntables, bé per conductors suplementaris, o per combinació dels dos.

#### ➤ **Resistència de les preses de terra**

El valor de resistència de terra serà tal que qualsevol massa no pugui donar lloc a tensions de contacte superiors a:

- 24 V en local o emplaçament conductor.
- 50 V en els altres casos.

Si les condicions de la instal·lació són tal que poden donar lloc a tensions de contacte superiors als valors assenyalats anteriorment, s'assegurarà la ràpida eliminació de la falta per mitjà de dispositius de tall adequats al corrent de servei.

La resistència d'un elèctrode depèn de les seves dimensions, de la seva forma i de la resistivitat del terreny en què s'estableix la nostra instal·lació. Aquesta resistivitat varia sovint d'un punt a un altre del terreny, i diversa també amb la profunditat.

#### ➤ **Preses de terra independents**

Es considerarà independent una presa de terra respecte a una altra, quan una de les preses de terra, no abasti, respecte a un punt de potencial zero, una tensió superior a 50 V quan per l'altra circula la màxima corrent de defecte a terra prevista.

#### ➤ **Revisió de les preses de terra**

Per la importància que ofereix, des del punt de vista de la seguretat qualsevol instal·lació de presa de terra, haurà de ser obligatòriament comprovada pel Director de

l'Obra o Instal·lador Autoritzat en el moment de donar d'alta la instal·lació per a la seva posada en marxa o en funcionament.

El personal tècnicament competent efectuarà la comprovació de la instal·lació de preses a terra, almenys anualment, en l'època en què el terreny estigui més sec. Per a això, es mesurarà la resistència de terra, i es repararan amb caràcter urgent els defectes que es trobin.

En els llocs en què el terreny no sigui favorable a la bona conservació dels elèctrodes, aquests i els conductors d'enllaç entre ells fins al punt de posta a terra, es posaran al descobert per al seu examen pertinent, almenys una vegada cada cinc anys.

#### **2.8.4.9 Receptors d'enllumenat**

Les lluminàries utilitzades en la instal·lació elèctrica de l'alberg seran conformes als requisits establerts en les normes de la sèrie UNIX-EN 60598.

La massa de les lluminàries suspeses excepcionalment de cables flexibles no han d'excedir de 5 kg. Els conductors, que han de ser capaços de suportar aquest pes, no han de presentar entroncaments intermedis i l'esforç haurà de realitzar-se sobre un element diferent del born de connexió.

Les parts metàl·liques accessibles de les lluminàries que no siguin de Classe II o Classe III, hauran de tenir un element de connexió per a la seva posta a terra, que anirà connectat de manera fiable i permanent al conductor de protecció del circuit.

L'ús de làmpades de gasos amb descàrregues a alta tensió (neó, etc), es permetrà quan la seva ubicació estigui fora del volum d'accessibilitat o quan s'instal·len barreres o envoltants separadores.

En instal·lacions d'il·luminació amb làmpades de descàrrega realitzades en locals en què funcionen màquines amb moviment alternatiu o rotatori ràpid, s'hauran de prendre les mesures necessàries per a evitar la possibilitat d'accidents causats per il·lusió òptica originada per l'efecte estroboscòpic.

Els circuits d'alimentació estaran previstos per a transportar la càrrega deguda als propis receptors, als seus elements associats i als seus corrents harmòniques i d'arrancada. Per a receptors amb làmpades de descàrrega, la càrrega mínima prevista en voltampers serà d'1,8 vegades la potència en watts de les làmpades. En el cas de distribucions monofàsiques, el conductor neutre tindrà la mateixa secció que els de fase. Serà acceptable un coeficient diferent per al càlcul de la secció dels conductors, sempre que el factor de potència de cada receptor sigui major o igual a 0,9 i si es coneix la càrrega que suposa cada un dels elements associats a les làmpades i els corrents d'arrancada, que tant aquestes com aquells puguin produir. En aquest cas, el coeficient serà el que resulti.

En el cas de receptors amb làmpades de descàrrega serà obligatòria la compensació del factor de potència fins a un valor mínim de 0,9.

En instal·lacions amb làmpades de molt baixa tensió (p.e. 12 V) ha de preveure's la utilització de transformadors adequats, per a assegurar una adequada protecció tèrmica, contra curtcircuits i sobrecàrregues i contra els xocs elèctrics.

Per als rètols lluminosos i per a instal·lacions que els alimenten amb tensions assignades de sortida en buit compreses entre 1 i 10 kV s'aplicarà el que disposa la norma UNIX-EN 50.107.

## 2.9 Planificació

Tot seguit es mostra, mitjançant un diagrama de Gantt, la durada aproximada dels treballs que es tenen de dur a terme en l'edifici de l'alberg.

Cal dir que s'ha estimat una duració aproximada de les diverses instal·lacions d'unes 4 setmanes.

Treballs	Setmana 1	Setmana 2	Setmana 3	Setmana 4
Comprovació de les zones on es realitzen les instal·lacions de l'alberg i verificació dels materials	■ ■ ■			
Muntatge i instal·lació del sistema solar tèrmic		■ ■ ■ ■ ■ ■ ■		
Muntatge i instal·lació del sistema solar fotovoltaic			■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	
Electrificació de diverses parts de l'alberg.			■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	
Supervisió de les instal·lacions				■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
Posta en marxa de les instal·lacions				■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■

Tal com es pot observar en l'anterior diagrama de Gantt, hi ha alguns treballs i accions que es poden desenvolupar en simultaneïtat, però n'hi ha d'altres que no es poden començar a desenvolupar fins que no s'acabin les tasques prèvies.

En conclusió, aquests serà el "planning" que es seguirà en quan a les instal·lacions i treballs que es tenen de realitzar a l'alberg.

## 2.10 Ordre de prioritat entre els documents bàsics

L'ordre de prioritat entre els documents bàsics d'aquest projecte és el que s'enuncia a continuació:

- 1.- Plànols
- 2.- Plec de Condicions
- 3.- Annexes de càlcul
- 4.- Pressupost
- 5.- Memòria

El tècnic,

Tarragona, Juny de 2009

Marcel Gabriel Gracià  
Enginyer Tècnic Industrial



UNIVERSITAT  
ROVIRA I VIRGILI

Departament d'Enginyeria Electrònica Elèctrica i Automàtica

# **Electrificació i Integració d'Energies Renovables en un Alberg Rural**

## **3. Annexes**

**TITULACIÓ: Enginyeria Tècnica Industrial en Electricitat**

**AUTOR:** Marcel Gabriel Gracià.

**DIRECTOR:** José Antonio Barrado Rodrigo.

DATA: Juny / 2009.

# ÍNDIX

3.1.- Càlculs i dimensionat del sistema solar tèrmic.....	pàg. 5
3.1.1.- Temperatures ambientals de l'alberg.....	pàg. 5
3.1.2.- Temperatures de xarxa de l'aigua.....	pàg. 6
3.1.3.- Perfil d'ocupació de l'alberg.....	pàg. 9
3.1.4.- Aportació solar mínima.....	pàg. 10
3.1.5.- Consum d'ACS i normativa a seguir.....	pàg. 12
3.1.6.- Energia solar disponible i pèrdues per orientació i ombres.....	pàg. 19
3.1.7.- Captador solar tèrmic.....	pàg. 20
3.1.8.- Sistema de producció d'ACS.....	pàg. 21
3.1.9.- Fluid termòfor.....	pàg. 22
3.1.10.- Conjunt d'acumulació d'ACS.....	pàg. 23
3.1.11.- Simulació dels sistemes d'ACS i calefacció.....	pàg. 25
3.1.12.- Disseny dels elements del circuit d'ACS.....	pàg. 40
3.1.12.1.- Cabal de la bomba.....	pàg. 40
3.1.12.2.- Diàmetre de les canonades.....	pàg. 40
3.1.12.3.- Pèrdua de pressió en el circuit primari d'ACS.....	pàg. 41
3.1.12.4.- Bomba del circuit primari d'ACS.....	pàg. 45
3.1.12.5.- Diàmetre canonades acumulador – sistema auxiliar.....	pàg. 46
3.1.13.- Disseny dels elements del circuit de calefacció.....	pàg. 48
3.1.13.1.- Intercanviador de calor.....	pàg. 48
3.1.13.2.- Cabal de la bomba i diàmetre de les canonades.....	pàg. 49
3.1.13.3.- Pèrdua de pressió en el circuit de calefacció.....	pàg. 50
3.1.13.4.- Bomba del circuit de calefacció.....	pàg. 53
3.1.14.- Elements de seguretat de la instal·lació.....	pàg. 54
3.1.14.1.- Càlcul del vas d'expansió.....	pàg. 54
3.1.14.2.- Vàlvules de seguretat.....	pàg. 57
3.1.14.3.- Purgador d'aire.....	pàg. 57
3.1.15.- Sistema de regulació i control.....	pàg. 57
3.1.16.- Sistema energètic auxiliar.....	pàg. 58
3.1.17.- Aïllament de les canonades.....	pàg. 59
3.1.18.- Estudi de viabilitat econòmica.....	pàg. 60

3.2.- Càlculs i dimensionat del sistema solar fotovoltaic.....	pàg. 64
3.2.1.- Introducció.....	pàg. 64
3.2.2.- Superfície de captació.....	pàg. 64
3.2.3.- Inclinatoria i orientació dels mòduls fotovoltaics.....	pàg. 65
3.2.4.- Energia solar disponible i pèrdues per orientació i ombres.....	pàg. 67
3.2.5.- Producció anual esperada.....	pàg. 68
3.2.5.1.- Mitjana dels valors d'irradiació $G_{dm}(0)$ .....	pàg. 68
3.2.5.2.- Mitjana dels valors d'irradiació sobre el pla de captació $G_{dm}(\alpha, \beta)$ .....	pàg. 69
3.2.5.3.- Rendiment energètic de la instal·lació.....	pàg. 70
3.2.5.4.- Estimació de l'energia a produir.....	pàg. 71
3.2.6.- Mòdul fotovoltaic i inversor utilitzats.....	pàg. 72
3.2.7.- Càlcul de secció de les línies elèctriques.....	pàg. 75
3.2.7.1.- Secció del circuit de corrent continua.....	pàg. 76
3.2.7.2.- Secció del circuit de corrent alterna.....	pàg. 78
3.2.8.- Proteccions del sistema fotovoltaic.....	pàg. 79
3.2.9.- Posta a terra de la instal·lació fotovoltaica.....	pàg. 79
3.2.10.- Connexió a la xarxa elèctrica.....	pàg. 81
3.2.10.1.- Normativa aplicable.....	pàg. 81
3.2.10.2.- Mesura i facturació de l'energia.....	pàg. 83
3.2.11.- Estructura de suport.....	pàg. 84
3.2.12.- Simulació del sistema fotovoltaic.....	pàg. 85
3.2.13.- Estudi de viabilitat econòmica.....	pàg. 90
3.3.- Càlculs i dimensionat de la instal·lació elèctrica de Baixa Tensió.....	pàg. 94
3.3.1.- Introducció.....	pàg. 94
3.3.2.- Demanda de potència.....	pàg. 95
3.3.3.- Dimensionament de la instal·lació.....	pàg. 97
3.3.3.1.- Fórmules utilitzades.....	pàg. 97
3.3.3.2.- Escomesa.....	pàg. 101
3.3.3.3.- Línia general d'alimentació.....	pàg. 101
3.3.3.4.- Derivació individual.....	pàg. 102
3.3.3.5.- Línia potència actual.....	pàg. 102
3.3.3.6.- Línia sala d'activitats.....	pàg. 103
3.3.3.7.- Circuits planta baixa.....	pàg. 105

3.3.3.8.- Resultats obtinguts.....	pàg. 108
3.3.3.9.- Posta a terra.....	pàg. 109
3.4.- Documentació tècnica.....	pàg. 110
3.4.1.- Instal·lació solar tèrmica.....	pàg. 110
3.4.1.1.- Captador solar tèrmic.....	pàg. 110
3.4.1.2.- Acumulador d'ACS.....	pàg. 112
3.4.1.3.- Sistema de fixació.....	pàg. 114
3.4.2.- Instal·lació solar fotovoltaica.....	pàg. 117
3.4.2.1.- Mòdul solar fotovoltaic.....	pàg. 117
3.4.2.2.- Inversor solar.....	pàg. 119
3.4.2.3.- Sistema de fixació.....	pàg. 121

## 3.1 Càlculs i dimensionat del sistema solar tèrmic

### 3.1.1 Temperatures ambientals de l'alberg

Les temperatures que hi ha a l'entorn de l'alberg i de la zona en general (Parc Natural dels Ports de Tortosa – Beseit), ens condicionaran a l'hora de realitzar els diferents càlculs de la instal·lació solar tèrmica. El fet de que l'alberg es trobi a una altura sobre el nivell del mar de 1050 m, com veurem en el següent punt ens condicionarà en la temperatura de xarxa que tindrem a l'alberg, però també ho farà en el cas de tenir possibles gelades en els mesos d'hivern; aquests condicionants els tindrem de tenir en compte a l'hora de dimensionar la instal·lació solar tèrmica per tal d'obtenir una fracció solar adequada a les circumstàncies (ambientals, consum d'ACS...) que tindrem en l'alberg i als seus voltants.

Les dades meteorològiques que he aconseguit per tal de dimensionar la instal·lació solar tèrmica d'aquest present projecte, han estat extretes dels arxius de la xarxa de dades agrometeorològiques del METEOCAT (servei meteorològic de Catalunya), i més concretament de l'EMA (Estació Meteorològica Automàtica) del Parc Natural dels Ports que es va posar en marxa el dia 04/01/2007, i que es troba a tan sols 2 km de l'alberg on es realitza el present projecte; per tant disposem d'unes dades molt precises.

Les característiques de l'EMA del Parc Natural dels Ports es poden veure en la següent *figura 1*.

<b>Nom EMA</b>	P. N. dels Ports
<b>Codi</b>	X5
<b>Municipi</b>	Roquetes
<b>X UTM (m)</b>	273849
<b>Y UTM (m)</b>	4519884
<b>Altitud (m)</b>	1055
<b>Variables meteorològiques</b>	- Velocitat del vent                      - Pressió - Direcció del vent                        - Precipitacions - Humitat relativa                         - Temperatura - Irradiància solar global - Ratxa màxima de període - Direcció de la ratxa màxima
<b>Data inici activitat</b>	04/01/2007
<b>Data final activitat</b>	En actiu

**Figura 1:** Característiques de l'EMA del P. N. dels Ports

Dels diferents valors que ens proporciona la EMA del P. N. dels Ports, els que particularment més ens interessin són els valors de temperatura i d'irradiància solar global, aquesta última, però, és sobre superfícies horitzontals i no inclinades.

El tractament que s'ha fet de les dades meteorològiques d'aquesta EMA i que ens ha servit per dimensionar el millor possible la instal·lació solar tèrmica de l'alberg, és el següent: En el cas del full de càlcul per instal·lacions solars tèrmiques F-Chart (s'explica el seu funcionament més endavant), s'han obtingut de la xarxa de dades

agrometeorològiques les següents dades, amb un interval de temps de dos anys (2007 i 2008) per tal de fer un càlcul el més acurat possible: s'han utilitzat les dades de la mitjana de temperatures màximes i la mitjana de temperatures mínimes durant l'interval dels 24 mesos en que s'ha fet l'estudi. En el cas del programa de simulació TRANSOL (més endavant s'explicarà amb més detall), també s'ha fet l'estudi amb un interval de 24 mesos (anys 2007 i 2008), però en aquest cas s'han utilitzat les dades de temperatura ambient, mitjana de temperatures màximes i mitjana de temperatures mínimes en cadascuna de les 17.520 hores que contenen els dos anys estudiats. Per tant gràcies a aquest últim estudi tant acurat podrem dimensionar correctament la instal·lació solar tèrmica de l'alberg tenint en com a referència les dades meteorològiques d'aquests dos últims anys.

En quan a les dades més significatives que s'han trobat en aquest estudi (anys 2007 i 2008), tenim que a una poca distància de l'alberg, les temperatures que s'han enregistrat a l'hivern han arribat fins el  $-8,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( dia 27/01/07), i durant aquest període de temps hi ha hagut fins a 14 dies de gelades en un mes (Març de 2008). Pel que fa a les temperatures enregistrades en els mesos d'estiu en aquest interval de dos anys, la temperatura màxima absoluta, es va produir el dia 29/08/07 amb  $34\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Però per tal de dimensionar el sistema solar tèrmic amb més precisió, s'ha buscat la temperatura mínima absoluta des de que hi ha una estació meteorològica pròxima a l'alberg, aquesta estació es troba al pic del Mont Caro (1447 m), uns 400 metres més alt que l'alberg, on s'han arribat a produir temperatures de  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  en el mes de Gener de l'any 1985. Aquesta última dada és del nostre interès, ja que és bo que tinguéssim una referència de la temperatura mínima absoluta de l'indret, per tal de saber quina és la quantitat de mescla que té de tenir el fluid termòfor, per tal de que no es congeli el fluid dintre del sistema de captació en els mesos d'hivern.

Fent referència a l'escalfament que puguin tenir els captadors solars tèrmics, aquests en els mesos d'estiu poden sofrir sobreescalfaments, degut a les altes temperatures, que poden estar condicionats per la falta d'utilització de l'ACS, i poden provocar legionel·la a l'acumulador. En el cas dels mesos d'hivern, en els quals no hi ha tanta ocupació a l'alberg, s'ha pensat en un sistema en el qual si no hi ha un consum d'ACS, es pugui aprofitar aquesta energia generada i mitjançant un intercanviador de calor es pugui alimentar part del sistema de radiadors de calefacció de l'alberg (planta baixa), i d'aquesta manera podrem aconseguir augmentar la temperatura ambient de part de l'alberg i a més a més ens servirà com un sistema dissipador de l'energia que es produeix però no es consumeix en el sistema de captació, degut al poc perfil d'ocupació que presenta l'alberg en els mesos d'hivern. Amb aquest últim mètode aconseguiríem, en els mesos més freds de l'any, tenir una circulació d'ACS pel sistema de calefacció que ens resultaria gratuït per poder ambientar part de l'alberg.

### 3.1.2 Temperatura de xarxa de l'aigua

Un dels paràmetres bàsics per tal de dimensionar correctament la instal·lació solar tèrmica, és saber quina és la temperatura de xarxa que presenta l'aigua en l'indret on s'executarà la instal·lació. Com que l'alberg es troba a una altura respecte el nivell del mar considerable (uns 1050 m), aquesta temperatura, degut a la pròpia altura i a les condicions climàtiques de l'indret, serà bastant diferent (més baixa) als valors que es

puguin tenir en els altres indrets de la mateixa zona geogràfica. Per tal de calcular correctament aquesta temperatura de xarxa de l'aigua, s'ha seguit el que indica la norma UNE 94002 sobre instal·lacions solars tèrmiques per a producció d'ACS i el seu càlcul per a la demanda d'energia tèrmica.

En la següent *figura 2*, podem observar l'altura de referència (m) i la temperatura (°C) mitja mensual de l'aigua freda per a les capitals de província.

**Tabla 3 (Fb)**  
**Altura de referencia (m) y Temperatura (°C) diaria media mensual de agua fría para las capitales de provincia**

	Altura de referencia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Palencia	740	6	7	8	10	12	15	17	17	15	12	9	6
Palma de Mallorca	34	11	11	12	13	15	18	20	20	19	17	14	12
Pamplona	449	7	8	9	10	12	15	17	17	16	13	9	7
Pontevedra	290	10	11	11	13	14	16	17	17	16	14	12	10
Salamanca	800	6	7	8	10	12	15	17	17	15	12	8	6
San Sebastián	40	9	9	10	11	12	14	16	16	15	14	11	9
Santa Cruz de Tenerife	4	15	15	16	16	17	18	20	20	20	18	17	16
Santander	15	10	10	11	11	13	15	16	16	16	14	12	10
Segovia	1001	6	7	8	10	12	15	18	18	15	12	8	6
Sevilla	12	11	11	13	14	16	19	21	21	20	16	13	11
Soria	1063	5	6	7	9	11	14	17	16	14	11	8	6
Tarragona	51	10	11	12	14	16	18	20	20	19	16	12	11
Teruel	913	6	7	8	10	12	15	18	17	15	12	8	6
Toledo	529	8	9	11	12	15	18	21	20	18	14	11	8
Valencia	13	10	11	12	13	15	17	19	20	18	16	13	11
Valladolid	691	6	8	9	10	12	15	18	18	16	12	9	7
Vitoria-Gasteiz	525	7	7	8	10	12	14	16	16	14	12	8	7
Zamora	649	6	8	9	10	13	16	18	18	16	12	9	7
Zaragoza	200	8	9	10	12	15	17	20	19	17	14	10	8

**Figura 2:** Altura i temperatura mitjana mensual per províncies

Com s'aprecia en l'anterior figura la capital de província on es troba l'alberg (Tarragona) té una altura sobre el nivell del mar de 51 m.

En el nostre cas, la instal·lació de l'alberg no es troba a la capital de la província, sinó que es troba a la comarca del Baix Ebre i amb una altura sobre el nivell del mar de 1050 m. Per tant, i seguint les indicacions de la norma tenim de seguir una sèrie de paràmetres per tal de corregir la diferència que hi hagi entre la temperatura de xarxa de la ciutat de Tarragona i la temperatura de xarxa que hi ha a l'alberg on tenim de realitzar la instal·lació solar tèrmica. Els càlculs que s'han seguit són els següents:

### Correcció per a localitats que no siguin capitals de província

Per qualsevol localitat Y (alberg) que no sigui capital de província la temperatura d'aigua freda diària mitja mensual ( $T_{AFY}$ ) s'obté a partir de la temperatura d'aigua freda diària mitja mensual de la de la capital de província ( $T_{AFCP}$ ) (Tarragona), aplicant l'expressió:

$$T_{AFY} = T_{AFCP} - B \cdot \Delta z \quad (1)$$

On,

**$\Delta z$ :** La diferència d'altura, expressada en metres, entre la altura de la localitat Y (alberg) i l'altura de referència de la capital de província (Tarragona) d'aquesta localitat. El criteri de signes és tal que si Y (alberg) es troba a major altura que la seva capital de província,  $\Delta z$  és positiva. L'altura de referència de la capital de província on es troba l'alberg (Tarragona) ve indicada en l'anterior *figura 2*.

**B:** constant que agafa els següents valors:

B = 0,0066 per als mesos d'Octubre a Març

B = 0,0033 per als mesos d'Abril a Setembre

Altura de l'alberg = 1050 m

Altura de Tarragona = 51 m

### Càlculs mensuals:

$$T^{\text{a Gener}} = 10 - 0,0066 \cdot (1050 - 51) = 10 - 6,5934 = 3,4066 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T^{\text{a Febrer}} = 11 - 0,0066 \cdot (1050 - 51) = 11 - 6,5934 = 4,4066 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T^{\text{a Març}} = 12 - 0,0066 \cdot (1050 - 51) = 12 - 6,5934 = 5,4066 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T^{\text{a Abril}} = 14 - 0,0033 \cdot (1050 - 51) = 14 - 3,2967 = 10,7033 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T^{\text{a Maig}} = 16 - 0,0033 \cdot (1050 - 51) = 16 - 3,2967 = 12,7033 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T^{\text{a Juny}} = 18 - 0,0033 \cdot (1050 - 51) = 18 - 3,2967 = 14,7033 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T^{\text{a Juliol}} = 20 - 0,0033 \cdot (1050 - 51) = 20 - 3,2967 = 16,7033 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T^{\text{a Agost}} = 20 - 0,0033 \cdot (1050 - 51) = 20 - 3,2967 = 16,7033 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T^{\text{a Setembre}} = 19 - 0,0033 \cdot (1050 - 51) = 19 - 3,2967 = 15,7033 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T^{\text{a Octubre}} = 16 - 0,0066 \cdot (1050 - 51) = 16 - 6,5934 = 9,4066 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T^{\text{a Novembre}} = 12 - 0,0066 \cdot (1050 - 51) = 12 - 6,5934 = 5,4066 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T^{\text{a Desembre}} = 11 - 0,0066 \cdot (1050 - 51) = 11 - 6,5934 = 4,4066 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Amb l'obtenció de les anteriors dades sobre la temperatura de xarxa que tindrà l'aigua de l'alberg, es pot comprovar (veure *figura 2*) la gran diferència que hi ha entre les temperatures dels mesos d'hivern de l'alberg i de la seva capital de província, amb diferències de fins a 6 o 7 °C; fet que ens mostra la gran importància que té, sobre l'aigua de xarxa, el fet d'estar uns 1000 m d'altura més elevat. En canvi, en els mesos d'estiu aquest fet no es veu tant diferenciat (valors de 3 – 4 °C de diferència) ja que el fet d'estar a més altura, conseqüentment reps una mica més de radiació solar i per tant la temperatura ambient no és tant extremada com en els mesos d'hivern.

En la següent *figura 3*, es visualitzen les diferents temperatures de xarxa que, segons la norma, presentarà l'aigua a una altura de 1050 m, que és l'altura de l'alberg respecte el nivell del mar.

Mesos de l'any	T <sup>a</sup> aigua de xarxa (°C)
Gener	3,4066
Febrer	4,4066
Març	5,4066
Abril	10,7033
Maig	12,7033
Juny	14,7033
Juliol	16,7033
Agost	16,7033
Setembre	15,7033
Octubre	9,4066
Novembre	5,4066
Desembre	4,4066

**Figura 3:** Temperatures d'aigua de xarxa durant els mesos de l'any

### 3.1.3 Perfil d'ocupació de l'alberg

Un dels aspectes que es té de tenir en compte a l'hora de fer el dimensionament d'una instal·lació solar tèrmica, es saber quin perfil d'ocupació al llarg de l'any té l'alberg. D'aquest perfil d'ocupació en dependrà que la instal·lació que projectem tingui problemes de sobredimensionat o per contrari no tingui prou aportació energètica per tal de realitzar la seva funció. Per tal d'ajustar el màxim possible el perfil d'ocupació amb el posterior dimensionament de la instal·lació (per tal d'evitar sobredimensionaments, sobre costos...), el responsable de l'alberg ens ha facilitat les dades aproximades en quan a l'ocupació que té l'alberg durant els mesos de l'any. Es té de recordar que l'ocupació màxima que té l'alberg és de 45 persones, però el propietari ens ha comentat que són una mitjana de 15 persones les que utilitzen els serveis d'ACS diàriament.

Tot seguit en la *figura 4* es mostren el percentatges aproximats d'ocupació de l'alberg durant els diferents mesos de l'any.

Mes	Percentatge %	Mes	Percentatge %
Gener	5	Juliol	80
Febrer	10	Agost	80
Març	20	Setembre	30
Abril	30	Octubre	20
Maig	30	Novembre	10
Juny	40	Desembre	5

**Figura 4:** Percentatges d'ocupació de l'alberg

Tal com s'observa en l'anterior figura, el perfil d'ocupació de l'alberg no és ni de bon tros constant, sinó que es veu clarament que el perfil d'ocupació al llarg de l'any és bastant variable. Els mesos en els quals hi ha més ocupació són clarament els d'estiu, ja que l'alberg s'usa com a local de colònies i estades en grup nombrós. En els mesos d'hivern, però, l'ocupació de l'alberg és molt reduïda ja que les temperatures són bastant baixes i tan sols es va a l'alberg en caps de setmana. En els mesos de primavera – tardor l'ocupació és un poc més gran que en els mesos d'hivern, però ni de bon tros arriba als valors d'ocupació de l'estiu.

Com que hem vist que el perfil d'ocupació és variable al llarg de l'any, per tal de no sobredimensionar el sistema en els mesos on hi ha menys ocupació, s'ha pensat, tal com ja s'ha esmentat anteriorment, en derivar l'energia produïda en els captadors fins part del sistema de calefacció de l'edifici (planta baixa), és a dir, fer passar l'ACS pels radiadors de l'alberg. I d'aquesta forma al no haver ocupació en els mesos d'hivern, no sobredimensionem el sistema i a canvi l'ACS ens servirà per ambientar i pujar uns quants graus la baixa temperatura que hi ha dintre de l'alberg en els mesos que fa més fred.

### 3.1.4 Aportació solar mínima

L'aportació o contribució solar mínima anual és la fracció solar entre els valors anuals de l'energia solar aportada exigida i la demanda energètica anual, obtinguts a partir dels valors mensuals.

Com que el municipi on es troba situat l'alberg (Roquetes) no té cap ordenança municipal sobre energia solar, els decrets i normatives en que ens tindrem de basar, en quan a la contribució solar mínima, per realitzar la instal·lació solar tèrmica són el CTE i el Decret d'Ecoeficiència. La normativa que es seguirà serà la més restrictiva energèticament. Tot seguit s'explica amb més detall cada cas.

Tant el CTE com el Decret d'Ecoeficiència compten amb dos possibles variants d'aportació auxiliar, els quals varien els seus percentatges de fracció solar mínima en funció de la zona climàtica i la demanda total d'ACS del sistema. Aquests són els dos possibles casos:

- **Cas general:** Es suposa que la font d'energia auxiliar és gas-oil, propà, gas natural, o d'altres.
- **Cas efecte Joule:** Es suposa que la font d'energia auxiliar és l'electricitat mitjançant l'efecte Joule.

Cal dir que, generalment, el cas que més percentatge de fracció solar haurà de complir en les diverses instal·lacions solars tèrmiques és el de *l'efecte Joule*. Aquest fet és degut a que, des de el punt de vista de l'eficiència energètica el sistema d'escalfament d'aigua elèctric és més ineficient que si utilitzéssim qualsevol altre combustibles de *cas general*. En el present projecte s'utilitza, però, un sistema auxiliar amb *efecte Joule*.

### Codi Tècnic de l'Edificació

En el cas del CTE, aquesta normativa basa la contribució solar mínima que té de tenir cada instal·lació segons la zona climàtica on estigui ubicat (àmbit estatal), a més a

més dels diversos nivells de demanda d'ACS que tingui cada instal·lació.

Pel que fa a la zona climàtica on es troba ubicat l'alberg, aquesta segons el CTE, es troba situada a la zona III, on es troba ubicada la ciutat de Tortosa, ciutat més propera de la província de Tarragona a la nostra instal·lació de l'alberg. Cal dir que segons el mapa que ens facilita el CTE la instal·lació es trobaria al llindar entre la zona III i la IV.

Tot seguit s'observen en les figures 5 i 6 es visualitzen els percentatges d'aportació solar per a ACS tant en cas general com en el cas efecte Joule.

**SECCIÓN HE4 SOBRE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA**

**Contribución Solar Térmica Mínima**

Porcentajes de aporte solar para ACS. CASO GENERAL

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-5.000	30	30	50	60	70
5.000-6.000	30	30	55	65	70
6.000-7.000	30	35	61	70	70
7.000-8.000	30	45	63	70	70
8.000-9.000	30	52	65	70	70
9.000-10.000	30	55	70	70	70
10.000-12.500	30	65	70	70	70
12.500-15.000	30	70	70	70	70
15.000-17.500	35	70	70	70	70
17.500-20.000	45	70	70	70	70
> 20.000	52	70	70	70	70

Figura 5: Percentatges d'aportació solar en el cas general

**SECCIÓN HE4 SOBRE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA**

**Contribución Solar Térmica Mínima**

Porcentajes de aporte solar para ACS. CASO EFECTO JOULE

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-100	50	60	70	70	70
100-200	50	60	70	70	70
200-600	50	60	70	70	70
600-1.000	50	60	70	70	70
1.000-2.000	50	63	70	70	70
2.000-3.000	50	66	70	70	70
3.000-4.000	51	69	70	70	70
4.000-5.000	58	70	70	70	70
5.000-6.000	62	70	70	70	70
6.000-7.000	70	70	70	70	70
> 7.000	70	70	70	70	70

Figura 6: Percentatges d'aportació solar en el cas d'efecte Joule

Tal com es pot observar en les darreres imatges, els percentatges de les aportacions solars mínimes exigides pel CTE en les zones I i II (zones amb menys radiació solar) són més reduïdes que les aportacions mínimes que es tenen de complir en el les zones climàtiques III, IV i V (zones amb més radiació solar). En el cas de la nostra instal·lació solar tèrmica, ens trobem a la zona III (Tortosa9 i els volums de

demanda d'ACS serien del 70 % ja que es realitzarà la instal·lació amb un sistema auxiliar que es basa amb l'efecte Joule.

### Decret d'Ecoeficiència

En el cas del Decret d'Ecoeficiència de Catalunya, aquesta normativa també es basa amb la contribució solar mínima que té de tenir cada instal·lació segons la zona climàtica on estigui ubicat (àmbit autonòmic), a més a més dels diversos nivells de demanda d'ACS que tingui cada instal·lació.

En quan a la zona climàtica on es troba ubicat l'alberg, segons el mateix Decret d'Ecoeficiència es mostra que aquesta es correspon a la comarca del Baix Ebre que es troba dintre de la zona climàtica IV.

A continuació en la *figura 7* es mostren els percentatges de fracció solar mínima que, segons el Decret d'Ecoeficiència, tenen d'aconseguir les instal·lacions solars tèrmiques en funció de la zona climàtica en que es troben i la demanda total d'ACS que tinguin en aquestes instal·lacions.

Demanda total d'aigua calenta sanitària de l'edifici (litres/dia)	Zones climàtiques (en funció de la irradiació global diària, mitjana anual)		
	II	III	IV
50 – 5.000	40 %	50 %	60 %
5.001 – 6.000	40 %	55 %	65 %
6.001 – 7.000	40 %	65 %	70 %
7.001 – 8.000	45 %	65 %	70 %
8.001 – 9.000	55 %	65 %	70 %
9.001 – 10.000	55 %	70 %	70 %
10.001 – 12.500	65 %	70 %	70 %
> 12.500	70 %	70 %	70 %

Figura 7: Percentatges d'aportació solar requerits

#### 3.1.5 Consum d'ACS i normativa a seguir

Segons la secció HE 4 del CTE que tracta sobre la contribució solar mínima d'ACS, aquesta normativa és aplicable als edificis de nova construcció i a la rehabilitació d'edificis existents de qualsevol ús en els quals existeix una demanda d'ACS.

Per tal de realitzar la instal·lació solar tèrmica de l'alberg cal una rehabilitació d'aquest, i per tant, cal que seguïssim les normes en quan a fracció solar necessària que amb els Decrets d'Ecoeficiència (normativa de la comunitat autònoma) i el nou CTE són d'aplicació (en els edificis de nova construcció hi té d'haver un sistema de producció d'ACS), fet que comporta, que tinguem de seguir estrictament aquestes

normes per tal de dimensionar adequadament la nostra instal·lació solar tèrmica. La normativa que es seguirà serà la més restrictiva energèticament.

Igualment que en el cas de l'ocupació, el consum d'ACS també serà variable i estarà lligat al nivell d'ocupació que hi ha a l'alberg al llarg de l'any, degut a la variabilitat de les ocupacions i el fet de que a l'estiu no ens és necessària tanta ACS per la neteja de les persones (encara que a 1050 m d'alçada hi haurà de ben segur més consum que a la vora del nivell del mar).

Per tal d'establir un consum concret de l'alberg, s'ha seguit amb detall les referències que ens dona el CTE en la seva secció HE 4 sobre contribució solar mínima d'ACS i el Decret d'Ecoeficiència de la Generalitat de Catalunya. Tot seguit s'exposen cadascun dels dos casos.

### Codi Tècnic de l'Edificació

Per tal de saber quin és el consum que tindrà l'alberg per persona, el CTE ens proporciona una taula de referència que marca els diferents valors de referència segons el criteri de demanda d'ACS. Cal dir que la taula del CTE no especifica quin és el valor de consum d'ACS en un alberg per persona i dia, i per tant, ens hem adequat el màxim possible al que seria un perfil de demanda d'ACS d'un alberg, tot considerant el consum d'ACS d'un hostel / pensió com el de l'alberg. En la següent *figura 8* s'observa aquesta taula de referència de demanda d'ACS.

SECCIÓN HE4 SOBRE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA		Cálculo y Dimensionado	
Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60° C		
Viviendas unifamiliares	30	por persona	
Viviendas multifamiliares	22	por persona	
Hospitales y clínicas	55	por cama	
Hotel ****	70	por cama	
Hotel ***	55	por cama	
Hotel/Hostal **	40	por cama	
Camping	40	por emplazamiento	
Hostal/Pensión *	35	por cama	
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	por cama	
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio	
Escuelas	3	por alumno	
Cuarteles	20	por persona	
Fábricas y talleres	15	por persona	
Oficinas	3	por persona	
Gimnasios	20 a 25	por usuario	
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa	
Restaurantes	5 a 10	por comida	
Cafeterías	1	por almuerzo	

20

**Figura 8:** Consums d'ACS segons CTE

Com es pot comprovar els litres d'ACS / dia a 60°C que necessitarem en cas de que les indicacions del CTE siguin les més restrictives seran 35 litres per llit o persona.

Per tant, com que l'alberg on es realitza la instal·lació solar tèrmica disposa d'una ocupació màxima de 45 persones, però l'encarregat ens ha dit que la mitjana diària d'usuaris és de 15 persones, el consum diari de l'alberg seguint els paràmetres indicats

en el CTE i en el cas més desfavorable (cas hipotètic de que tothom es dutxés) seria el que s'exposa a continuació.

El consum diari d'ACS serà igual al nombre màxim d'usuaris de les dutxes de l'alberg (15) multiplicat pel consum en litres/persona que ens marca el propi CTE.

$$\begin{aligned} \text{Consum diari} &= \text{Nombre usuaris} \cdot \text{consum} = & (2) \\ &= 15 \text{ pax} \cdot 35 \text{ (l / pax)} = 525 \text{ litres} \end{aligned}$$

### Decret d'Ecoeficiència

En el cas del Decret d'Ecoeficiència, aquest també ens proporciona una taula on s'indiquen els diferents consums d'ACS segons els diferents criteris de demanda. En aquest cas, el Decret d'Ecoeficiència sí que ens indica quina és la demanda d'ACS per persona en un alberg. En la següent *figura 9* es pot veure alguns dels valors de demanda de referència d'ACS a 60°C per diferents criteris de demanda.

Críteris de demanda	Litres ACS/dia a 60°C
Habitatges	28 litres / persona
Hospitals, clíniques	55 litres / persona
Ambulatoris i centres de salut	40 litres / persona
Hotels de 5 estrelles	70 litres / persona
Hotels de 4 estrelles	55 litres / persona
Hotels de 3 estrelles	40 litres / persona
Hotels de 1 i 2 estrelles	35 litres / persona
Pensions/hostals	28 litres / persona
Residències (gent gran, estudiants)	40 litres / persona
<b>Albergs</b>	<b>25 litres / persona</b>
Centres escolars amb dutxes	20 litres / persona
Centres escolars sense dutxes	4 litres / persona
Centres de l'administració pública, bancs i oficines	2 litres / persona
Vestuaris / dutxes col·lectives (piscines, polisportius, gimnasos...)	20 litres / persona

**Figura 9:** Consums d'ACS segons Decret d'Ecoeficiència

Com es pot visualitzar els litres d'ACS / dia a 60°C que necessitarem en cas de que les indicacions del Decret d'Ecoeficiència siguin les més restrictives seran 25 litres per persona.

Per tant, com que l'alberg on es realitza la instal·lació solar tèrmica disposa d'una ocupació mitjana diària de dutxes de 15 persones, el consum diari de l'alberg seguint els paràmetres indicats en el Decret d'Ecoeficiència i en el cas més desfavorable (cas hipotètic de tothom es dutxés) seria el següent: El consum diari de litres a plena ocupació serà igual al nombre mitjà d'usuaris de la dutxa (15) multiplicat pel consum en litres / persona que ens marca el Decret d'Ecoeficiència de la Generalitat de Catalunya.

$$\begin{aligned}
 \text{Consum diari} &= \text{Nombre usuaris} \cdot \text{consum} = \\
 &= 15 \text{ pax} \cdot 25 \text{ (l / pax)} = 375 \text{ litres}
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

### Conclusions

Com que disposem d'un sistema auxiliar amb aportació energètica amb *efecte Joule*, les fraccions solars necessàries que tindrà d'aconseguir el nostre sistema solar tèrmic seran les següents:

- **Cas CTE:** Com que ens trobem a la zona III i el consum diari que tindrem a l'alberg és de 525 litres / dia, el nostre sistema solar tèrmic tindria d'aconseguir una fracció solar del 70 % per tal de que compleixi aquesta normativa.
- **Cas Decret d'Ecoeficiència:** Com que ens trobem a la zona IV i el consum diari que tindrem a l'alberg és de 375 litres / dia, el nostre sistema solar tèrmic tindria d'aconseguir una fracció solar del 60 % per tal de que compleixi aquesta normativa.

Un cop ja es sap quins són els consums diaris de les dues normatives vigents que es tenen d'aplicar en l'emplaçament de l'alberg, és el moment de saber quina normativa es tindrà de seguir per realitzar la instal·lació. Tal com s'ha dit anteriorment, s'agafa sempre la normativa que és més restrictiva energèticament, és a dir, la que es generi més energia anual coberta pels captadors.

Per tal de saber quina és la normativa més restrictiva (CTE o Decret d'Ecoeficiència) i poder dissenyar la nostra instal·lació en funció d'aquesta, s'ha utilitzat el full de càlcul F-Chart que s'encarrega de dimensionar instal·lacions solars tèrmiques, això sí, sense considerar les pèrdues energètiques, per tal de poder arribar a la fracció solar coberta pels captadors en les dues normatives.

### Full de càlcul F-Chart: Normativa CTE

Tot seguit es visualitzen i s'expliquen les diferents imatges produïdes pel full de càlcul F-Chart, el qual ens ha servit per tal de determinar quina és la normativa més restrictiva energèticament i per tant la normativa que s'ha de seguir.

<b>Localización</b>	ALBERG CARO		Latitud (°)	40,79								(en color azul figuran los datos que se pueden modificar)
<b>Datos de la superficie captadora</b>	Orientación= -60		Inclinación= 25	albedo= 0,2								
	(0= sur; 90= oeste; -90= este)			(0= horizontal; 90= vertical)			(0,1= mar; 0,2= terreno normal; 0,4= pradera; 0,9= nieve)					
<b>Datos clima</b>	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	sept	oct	nov	dic
Rad G Hor (Wh/m² día)	2028	2972	4139	4889	5611	6250	6611	5694	4556	3417	2444	1750
Tª ambiente (°C)	6,5	6,5	6,6	9,7	12,8	16,9	19,6	19,5	15,9	11,4	6,0	4,1
Tª med máximas (°C)	11,0	10,5	11,7	14,6	17,5	22,5	25,6	25,6	21,0	15,7	10,3	7,6
Tª med mínimas (°C)	2,0	2,5	1,4	4,7	8,0	11,3	13,7	13,4	10,7	7,1	1,7	0,6
Tª ambiente durante horas de sol (°C)	9,0	8,7	9,4	12,4	15,4	20,0	22,9	22,9	18,7	13,8	8,4	6,0
Tª agua en red (°C)	3,4066	4,4066	5,4066	10,7033	12,7033	14,7033	16,7033	16,7033	15,7033	9,4066	5,4066	4,4066
Horas de sol	9,3	10,4	11,7	13,3	14,4	15,0	14,7	13,7	12,2	10,7	9,6	9,0
<b>Radiación sobre captador</b>	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	sept	oct	nov	dic
Rad. incidente captador (Wh/m² día)	2477	3354	4425	4944	5492	6012	6409	5690	4709	3791	2927	2163
<b>Perfil ocupación anual</b>	ALBERG CARO 1											
	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	sept	oct	nov	dic
Ocupación edificio para ACS (%)	5	5	10	20	40	60	80	80	60	20	5	5

Figura 10: Localització, dades de la superfície captadora, dades climàtiques i perfil ocupacional

Com es pot observar en l'anterior figura s'han col·locat les dades referents a la localització de l'alberg, a més a més de les dades de la superfície captadora (orientació, inclinació) i també les dades que fan referència a les condicions meteorològiques de l'entorn de l'alberg i per últim el perfil ocupacional de l'alberg al llarg de l'any.

<b>Datos edificio e instalación</b>		Consumo día (l/d)
Nº viviendas	1	525
Consumo A.C.S. (l/persona día)	35	
nº personas / vivienda	15	
Ce(J/kg°C)	4187	
Tº agua consumo (°C)	45	

Figura 11: Dades de la instal·lació

En la darrera imatge es mostra la informació relacionada amb les dades de la instal·lació de l'alberg, es mostren dades com ara: el consum per persona referent al CTE, el nombre de persones que utilitzen l'ACS diàriament, a més a més d'altres dades com la constant específica de l'aigua i la temperatura de consum de l'ACS.

<b>Datos característicos captadores</b>		Área colectores(m²)
Nº captadores	2	4,4
Modelo captador	SONNENKRAFT SK 500	
Área de captador (m²)	2,21	
a	0,77	
b(W/m²K)	3,494	
Coste instalación (€/m² captador)		450
<b>Datos Método F-Chart</b>		
cte. Abs-trans.	0,96	
cte. Intercambiador	0,95	
litros en depósito / m² captador	64	
<b>Volumen acumulación (l)</b>	283,008	

Figura 12: Característiques del captador

En la *figura 12* es troben representades les dades referents a les característiques del captador solar tèrmic utilitzat en el present projecte (Sonnenkraft Sk 500), la seva àrea d'absorció i els seus coeficients tècnics.

Un cop s'han emplenat tots els espais que requereix el full de càlcul F-Chart per tal de dimensionar la instal·lació, cal observar els resultats de la instal·lació de captadors solars tèrmics. Aquests resultats es mostren en la següent *figura 13*.

<b>RESUMEN RESULTADOS INSTALACIÓN DE CAPTADORES SOLARES TÉRMICOS</b>		
Energía anual cubierta por captadores (kWh/año)	2.873	(kWh/año)
Energía no cubierta por captadores (kWh/año)	1.167	(kWh/año)
Porcentaje cubierto por los captadores	71,1%	
Rendimiento medio de los captadores	41%	

Figura 13: Resultats finals normativa CTE

Tal com es pot comprovar en l'anterior figura, el percentatge que ens és necessari cobrir amb la normativa referent al CTE és superat amb un 1,1 % (necessitàvem un 70 %). I l'energia anual coberta pels captadors és de 2.873 (kWh/any). Tal com he esmentat anteriorment aquest full de càlcul no té en compte les pèrdues energètiques que es produeixen en la instal·lació solar tèrmica, i per tant en tan sols dos captadors arriba a la fracció solar requerida. Més endavant quan es realitzi la simulació amb el programa de simulació TRANSOL, es podrà comprovar que es té d'augmentar la superfície de captació per tal d'arribar a la fracció solar necessària, degut a les pèrdues energètiques en els sistemes de distribució, acumulació...

### Full de càlcul F-Chart: Normativa Decret d'Ecoeficiència

Tot seguit s'observen i s'expliquen les diferents imatges produïdes pel full de càlcul F-Chart, el qual ens ha servit per tal de determinar quina és la normativa més restrictiva energèticament i per tant la normativa que s'ha de seguir en la instal·lació.

<b>Localización</b>	ALBERG CARO		Latitud (°)	40,79	<i>(en color azul figuran los datos que se pueden modificar)</i>							
<b>Datos de la superficie captadora</b>	Orientación: -60		Inclinación: 25	albedo: 0,2								
	(0= sur; 90= oeste; -90= este)		(0= horizontal; 90= vertical)		(0,1= mar; 0,2= terreno normal; 0,4= pradera; 0,9= nieve)							
<b>Datos clima</b>	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	sept	oct	nov	dic
Rad.G.Hor (Wh/m² día)	2028	2972	4139	4889	5611	6250	6611	5634	4556	3417	2444	1750
Tª ambiente (°C)	6,5	6,5	6,6	9,7	12,8	16,9	19,6	19,5	15,9	11,4	6,0	4,1
Tª med máximas (°C)	11,0	10,5	11,7	14,6	17,5	22,5	25,6	25,6	21,0	15,7	10,3	7,6
Tª med mínimas (°C)	2,0	2,5	1,4	4,7	8,0	11,3	13,7	13,4	10,7	7,1	1,7	0,6
Tª ambiente durante horas de sol (°C)	9,0	8,7	9,4	12,4	15,4	20,0	22,9	22,9	18,7	13,8	8,4	6,0
Tª agua en red (°C)	3,4066	4,4066	5,4066	10,7033	12,7033	14,7033	16,7033	16,7033	15,7033	9,4066	5,4066	4,4066
Horas de sol	9,3	10,4	11,7	13,3	14,4	15,0	14,7	13,7	12,2	10,7	9,6	9,0
<b>Radiación sobre captador</b>	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	sept	oct	nov	dic
Rad. incidente captador (Wh/m² día)	2477	3354	4425	4944	5492	6012	6409	5690	4709	3791	2927	2163
<b>Perfil ocupación anual</b>	ALBERG CARO 1											
Ocupación edificio para ACS (%)	5	5	10	20	40	60	80	80	60	20	5	5

Figura 14: Localització, dades de la superfície captadora, dades climàtiques i perfil ocupacional

Com es pot observar en l'anterior figura s'han ubicat les dades referents a la localització de l'alberg, a més a més de les dades de la superfície captadora (orientació, inclinació) i també les dades que fan referència a les condicions meteorològiques de l'entorn de l'alberg i per últim el perfil ocupacional de l'alberg al llarg de l'any.

Datos edificio e instalación	Consumo día (l/d)	
Nº viviendas	1	375
Consumo A.C.S. (l/persona día)	25	
nº personas / vivienda	15	
Ce(J/kg·°C)	4187	
Tª agua consumo (°C)	45	

Figura 15: Dades de la instal·lació

En la darrera imatge es mostra la informació relacionada amb les dades de la instal·lació solar tèrmica, es mostren dades com ara: el consum per persona referent al Decret d'Ecoeficiència, el nombre de persones que utilitzen l'ACS diàriament, a més a més d'altres dades com la constant específica de l'aigua i la temperatura de consum de l'ACS.

<b>Datos característicos captadores</b>		Área colectores(m <sup>2</sup> )
Nº captadores	2	4,4
Modelo captador	SONNENKRAFT SK 500	
Área de captador (m <sup>2</sup> )	2,21	
a	0,77	
b(W/m <sup>2</sup> K)	3,494	
Coste instalación (€/m <sup>2</sup> captador)	450	
<b>Datos Método F-Chart</b>		
cte. Abs-trans.	0,96	
cte. Intercambiador	0,95	
litros en depósito / m <sup>2</sup> captador	64	
<b>Volumen acumulación (l)</b>	<b>283,008</b>	

Figura 16: Característiques del captador

En la *figura 16* es troben representades les dades referents a les característiques del captador solar tèrmic utilitzat en el present projecte (Sonnenkraft Sk 500), la seva àrea d'absorció i els seus coeficients tècnics.

Un cop s'han emplenat tots els espais que requereix el full de càlcul F-Chart per tal de dimensionar la instal·lació, cal observar els resultats de la instal·lació de captadors solars tèrmics. Aquests resultats es mostren en la següent *figura 17*.

<b>RESUMEN RESULTADOS INSTALACIÓN DE CAPTADORES SOLARES TÉRMICOS</b>		
Energía anual cubierta por captadores (kWh/año)	2.480	(kWh/año)
Energía no cubierta por captadores (kWh/año)	921	(kWh/año)
Porcentaje cubierto por los captadores	72,9%	
Rendimiento medio de los captadores	35%	

Figura 17: Resultats finals normativa Decret d'Ecoeficiència

Tal com es pot comprovar en la *figura 17*, el percentatge que ens és necessari cobrir amb la normativa referent al Decret d'Ecoeficiència és superat amb un 12,9 % (necessitàvem un 60 %). I l'energia anual coberta pels captadors és de 2.480 (kWh/any). Tal com he esmentat anteriorment aquest full de càlcul no té en compte les pèrdues energètiques que es produeixen en la instal·lació solar tèrmica, i per tant en tan sols dos captadors arriba a la fracció solar requerida. Més endavant quan es realitzi la simulació amb el programa de simulació TRANSOL, es podrà comprovar que es té d'augmentar la superfície de captació per tal d'arribar a la fracció solar necessària, degut a les pèrdues energètiques en els sistemes de distribució, acumulació...

## Conclusions

Un cop ja estan les dues normatives aplicables (CTE i Decret d'Ecoeficiència) calculades és el moment de dir quina de les dues normatives es seguirà en la realització de la instal·lació solar tèrmica. Tal com hem mencionat anteriorment la normativa que es seguirà serà la que sigui més restrictiva energèticament, és a dir, la normativa que generi més energia anual coberta pels captadors. Pel que fa al CTE, amb aquesta

normativa l'energia anual coberta pels captadors és de 2.873 kWh/any; mentre que l'energia anual coberta pels captadors del Decret d'Ecoeficiència és de 2.480 kWh/any; per tant la normativa més restrictiva (més energia coberta al llarg de l'any) es tracta del CTE. Com a conclusió, es té de mencionar que, per tant, la fracció solar necessària que tindrà de aconseguir la nostra instal·lació solar tèrmica és del 70 % (CTE), és a dir es necessita una superfície de captadors que ens permeti arribar a aquesta fracció solar.

### 3.1.6 Energia solar disponible i pèrdues per orientació i ombres

L'energia solar de la qual podrem disposar serà un dels principals factors que ens determinarà el dimensionat de la instal·lació solar tèrmica. Tal com ja s'ha comentat en la memòria (2.6 Requisits de disseny), les referències més pròximes que s'han trobat de radiació global en superfícies inclinades a l'alberg són les de l'observatori de L'Ebre, que est troba ubicat a Roquetes a aproximadament uns 20 km de l'alberg. Es recorda que les dades de radiació global de l'EMA del P. N. dels Ports no ens serveixen ja que es tracten de valors sobre una superfície horitzontal, i no inclinades com es troben els captadors solars tèrmics.

Un altre dels factors determinants en el disseny de les instal·lacions solars tèrmiques són les pèrdues que es puguin produir degut a una mala orientació o bé a les ombres produïdes per obstacles circumdants als captadors. El CTE en referència a aquest aspecte, té una sèrie de percentatges límits que no es poden superar, és a dir té fixats uns límits de pèrdues per orientació, inclinació i ombres segons el tipus d'integració arquitectònica dels captadors en la instal·lació. En el nostre cas, recordem que els captadors es troben superposats a la coberta de l'alberg, i que la inclinació d'aquests és de 25°. En quan a les ombres, aquestes no seran un impediment per a la nostra instal·lació, ja que les ombres que produeixen els arbres circumdants a l'alberg no arriben fins dalt de tot de l'edifici. Pel que fa a la orientació, aquesta com ja hem esmentat és de -60°.

En la següent *figura 18* s'observen els percentatges límits de pèrdues per orientació, inclinació i ombres que no poden superar les instal·lacions que es basen amb el CTE.

#### SECCIÓN HE4 SOBRE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

#### Pérdidas por Orientación, Inclinación y Sombras

Límites de pérdidas por orientación, inclinación y sombras:

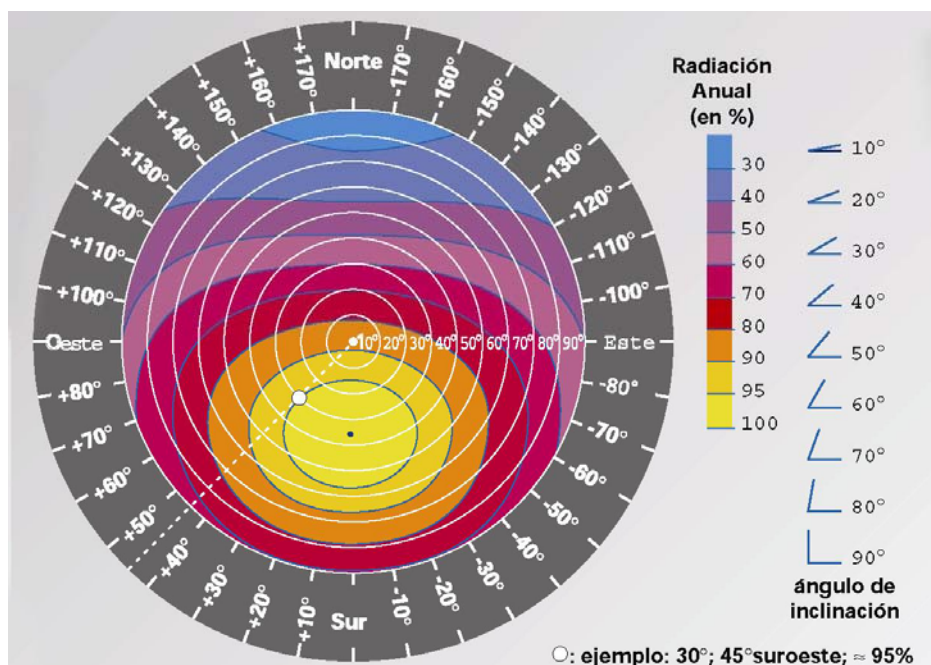
	Orientación e inclinación OI	Sombras S	Total OI+S
<b>General</b>	<b>10 %</b>	<b>10 %</b>	<b>15 %</b>
<b>Superposición</b>	<b>20 %</b>	<b>15 %</b>	<b>30 %</b>
<b>Integración arquitectónica</b>	<b>40 %</b>	<b>20 %</b>	<b>50 %</b>

La orientación óptima el sur.

La inclinación óptima se determina en función del periodo de utilización.

**Figura 18:** Percentatges límits d'orientació, inclinació i ombres

Per tal de saber quines seran aproximadament les pèrdues per orientació de la instal·lació solar tèrmica de l'alberg, es pot observar en la següent *figura 19* quina és la radiació solar que ens arribarà aproximadament en la nostra instal·lació. Es té de recordar que la nostra instal·lació es troba a una orientació de  $-60^\circ$  i a una inclinació d'un 25 %.



**Figura 19:** Diagrama de pèrdues per orientació i inclinació

Tal com es pot apreciar en l'anterior imatge, amb una orientació de  $-60^\circ$  i una inclinació de la coberta de l'alberg de 25%, les pèrdues orientació i inclinació que tindrem a la instal·lació seran d'aproximadament un 10 – 15 %, ja que la radiació anual que ens arribarà amb aquestes característiques serà d'un 85 – 90 %. Per tant, la nostra instal·lació es troba dintre dels barems de límits de pèrdues per orientació i inclinació que dicta el CTE i que en el nostre cas (superposició dels captadors a la coberta de l'edifici) és d'un 20 %.

En quan a les pèrdues per ombres entre files de captadors, aquestes no es produiran ja que tal com es comprovarà més endavant en els plànols, els captadors estan ubicats un al costat de l'altre.

### 3.1.7 Captador solar tèrmic

El captador solar tèrmic que s'ha utilitzat per realitzar la instal·lació solar tèrmica de l'alberg, és el model **Sk500** de la marca Sonnenkraft. S'ha escollit aquest tipus de model per què es tracta d'un captador amb una bona eficiència energètica i a més a més és apte pel tipus de coberta que tenim a l'alberg. Aquest captador també té una alta qualitat en quan a aïllament, que juntament a les seves dimensions i prestacions energètiques fan que aquest captador sigui un dels millors de la seva classe.

Tot seguit en la següent *figura 20* es mostren les característiques tècniques fonamentals del captador tèrmic Sk500N de Sonnenkraft.

<b>Altura</b>	2,079 m
<b>Amplada</b>	1,239 m
<b>Profunditat</b>	0,1 m
<b>Pes en buit</b>	44 kg
<b>Superfície d'absorció</b>	2,21 m <sup>2</sup>
<b>Capacitat del captador</b>	1,6 l
<b>Cabal nominal</b>	400 l/h
$\eta_0$	0,77
<b>a<sub>1</sub> (Coeficient de pèrdues (W/m<sup>2</sup> K))</b>	3,49
<b>a<sub>2</sub> (Coeficient 2 de pèrdues (W/m<sup>2</sup>K<sup>2</sup>))</b>	0,017

**Figura 20:** Característiques del captador Sonnenkraft Sk500N

En l'apartat 3.2 del present projecte (documentació tècnica), s'adjunta tota la documentació tècnica que fa referència al captador solar tèrmica Sk500N de Sonnenkraft.

### 3.1.8 Sistema de producció d'ACS

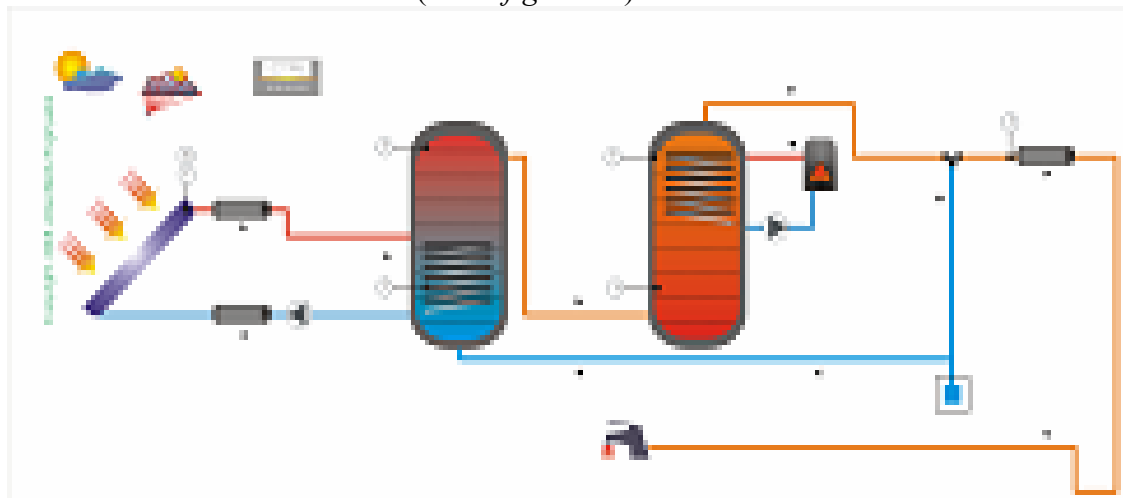
El sistema de producció d'ACS escollit per la instal·lació de l'alberg, és un sistema centralitzat. Els sistemes de distribució d'ACS centralitzats, normalment s'usen en instal·lacions on els usuaris tan sols són receptors del servei conjunt de l'ACS i per tant, s'utilitza per exemple en: albergs, càmpings, hotels, hospitals, vestuaris de piscines...

Amb aquest sistema, es pot garantir un elevat nivell de confort mitjançant un correcte dimensionament i un adequat sistema de regulació, gràcies a la disposició de mecanismes de control i automatització que aconseguixen una bona regulació de temperatura, programació horària, homogeneïtzació del confort i minimització i control del consum.

Els principals avantatges de que disposen els sistemes centralitzats d'ACS, són els següents:

- La potència instal·lada es troba ajustada a la demanda global que tingui l'edifici (l'alberg), i d'aquesta forma es pot contemplar la possible simultaneïtat del servei d'ACS.
- Els sistemes centralitzats són susceptibles d'automatització, i conseqüentment, d'optimització de funcionament, el qual fa que sigui possible obtenir un estalvi energètic i de manteniment.
- Una instal·lació centralitzada requereix menor potència global instal·lada que la que es correspondria a la suma de les potències individuals.

A continuació es visualitza quin és el sistema de producció d'ACS utilitzat en la nostra instal·lació solar tèrmica (veure *figura 21*).



**Figura 21:** Sistema centralitzat d'ACS utilitzat

El funcionament d'aquest sistema és el següent: els captadors, mitjançant la radiació solar, escalfen el fluid termòfor del sistema primari; aquest fluid entra a l'acumulador per mitjà d'un serpentí, fet que provoca que s'escalfi l'aigua del dipòsit. Un cop l'ACS es troba a una temperatura adequada, passarà directament a consum passant pel sistema auxiliar sense escalfar-se, però si l'ACS no es troba a una temperatura adequada, el sistema elèctric (efecte Joule) acabarà d'escalfar l'ACS fins a la temperatura de servei o la que vulgui l'usuari.

### 3.1.9 Fluid termòfor

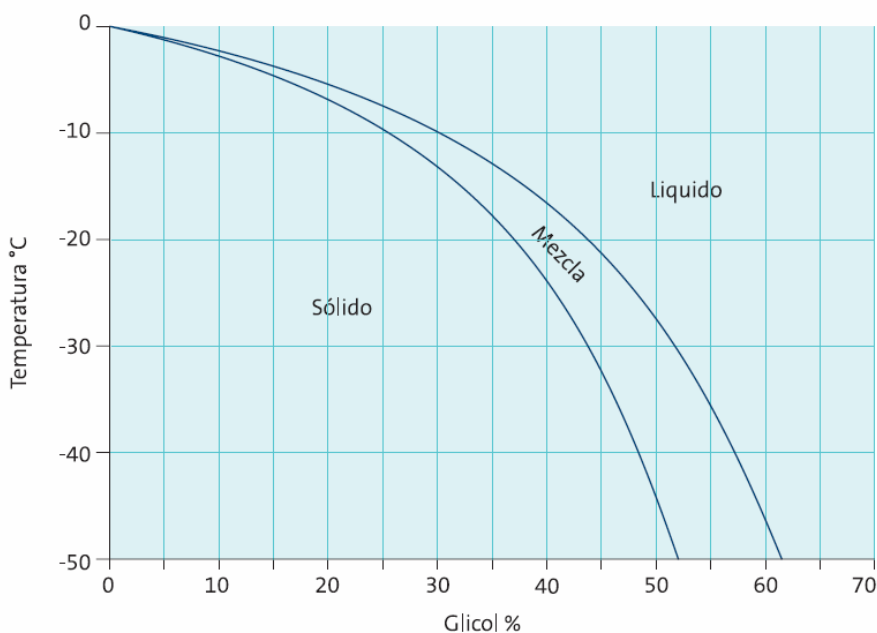
El fluid termòfor es tracta del fluid encarregat d'extreure la calor captada pel captador solar tèrmic i cedir-la mitjançant un bescanviador tèrmic, en el nostre cas un bescanviador de serpentí, a un acumulador. L'opció més utilitzada és l'aigua amb additius anticongelants, generalment alcohols com l'etilenlicol i el propilenglicol. És preferible, però, la utilització d'aquest últim ja que presenta una toxicitat inferior.

Si es disposa en la instal·lació d'un intercanviador de calor en el circuit primari, és a dir el fluid termòfor no entra en contacte amb l'ACS (serpentí dintre de l'acumulador solar), podem aplicar anticongelant al circuit primari per tal de prevenir possibles congelacions de l'aigua en èpoques hivernals. La quantitat d'aquest anticongelant dependrà de les temperatures de cada zona. El criteri general que es segueix és el d'agafar la temperatura mínima històrica menys 5 °C. Els requisits que té de presentar el fluid termòfor són els següents:

- Calor específic més gran o igual a 0,7 kcal/Kg·°C.
- Tenir un pH del fluid comprès entre 5 i 12.
- Contingut en anticongelant alcohòlic igual o superior al 20 % o per a menys de -6°C.
- El contingut total en sals solubles sigui inferior a 500 mg/l.
- El contingut en carbonat càlcic o sals de calci sigui inferior a 200 mg/l.
- El nivell màxim de CO2 lliure contingut a l'aigua sigui de 50 mg/l.

Pel que fa a la nostra instal·lació, com ja s'ha esmentat prèviament en el present projecte, s'han arribat a assolir temperatures a la zona dels voltants de l'alberg de fins a  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Per tant i tal com s'aconsella, agafarem aquesta temperatura i li sumarem aquests  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  (en total seran  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) i d'aquesta forma ja podrem saber quin és el percentatge de glicol que tindrem de mesclar amb aigua per tal de que no es produeixin congelacions del fluid termòfor al nostre circuit primari en les èpoques més fredes de l'any.

En la següent *figura 22* es veu quin serà el percentatge de glicol que tindrem d'escollir en funció de la temperatura que tinguéssim en la nostra instal·lació.



**Figura 22:** Percentatges de glicol en funció de la temperatura

Com es pot apreciar en l'anterior imatge el percentatge adient de glicol que tenim d'utilitzar en la mescla amb aigua en la nostra instal·lació és d'un 37 – 43 % aproximadament. Aquests percentatges seran els requerits per tal de que no es produeixi cap tipus de problema en la instal·lació solar tèrmica en els mesos d'hivern.

### 3.1.10 Conjunt d'acumulació d'ACS

El volum d'ACS que té de tenir l'acumulador del nostre sistema solar tèrmic, serà en funció del consum diari d'ACS que es tingui en l'alberg. Tal com s'ha pogut observar en anterioritat en el *punt 3.1.5*, seguint la norma més restrictiva energèticament, és a dir, el CTE, el volum d'ACS que ens requereix aquesta normativa per persona és de 35 litres, i si aquests 35 litres els multipliquem per la mitjana de 15 persones que diàriament utilitzen els serveis d'ACS, tenim que el volum diari requerit és de 525 litres. Per tant, s'ha adoptat com a acumulador del sistema un dipòsit d'ACS amb serpenti incorporat d'una capacitat per a **750 litres** del fabricant Sonnenkraft.

El fet de que s'ha escollit un acumulador amb més capacitat que el consum diari que es produirà a l'alberg, és degut a la següent expressió que el CTE ens diu que totes les instal·lacions solars tèrmiques tenen de complir:

$$50 < \frac{V}{A} < 180 \quad (4)$$

On,

V= Volum de l'acumulador (750 litres)

A= Àrea de captació (10,9 m<sup>2</sup>)

Un cop sabem el volum de l'acumulador de que disposem i l'àrea de captació de la nostra instal·lació solar tèrmica podem calcular si ens trobem dintre de la normativa que el CTE diu que es compleixi.

$$50 < \frac{750}{10,9} < 180 \rightarrow 50 < 68,80 < 180 \quad (5)$$

Com es pot observar en l'anterior fórmula 5, l'acumulador escollit es troba dintre dels barems estipulats pel CTE.

Més concretament, l'acumulador solar escollit és el **ELBR 750** del fabricant **Sonnenkraft**. Els acumuladors d'ACS ELBR de Sonnenkraft són la solució ideal per a qualsevol sistema d'ACS. Es tracta d'un acumulador d'alta qualitat i que està protegit contra la corrosió mitjançant un esmaltat i ànodes de protecció. Disposa d'un aïllament tèrmic òptim i d'alta qualitat, i un dels seus grans avantatges és que es pot desmuntar per tal de facilitar el seu transport.

Tot seguit es detallen els principals avantatges de l'acumulador ELBR 750 de Sonnenkraft.

- Acumulador ideal per a l'aprofitament de l'energia solar i escalfament de l'ACS.
- Alta transmissió de calor mitjançant un serpenti de tub llis.
- Llarga vida útil gràcies a la òptima protecció contra la corrosió.
- Entrada d'aigua freda amb dispositiu d'antiturbulències.
- Esmaltat d'alta qualitat.
- Revestiment resistent amb un aspecte adequat.
- Aïllament d'alta qualitat, acoblat, òptim i desmuntable per poder tenir un transport i muntatge més còmode.

Un dels aspectes en el qual es té de tenir més en compte a l'hora d'instal·lar un acumulador és el fet d'ubicar-lo correctament. Els acumuladors sempre es tenen de posar en un punt el més pròxim possible a un punt de suport estructural de la instal·lació per tal de que no hi hagin problemes estructurals degut al seu pes (que en el nostre cas podrà ser pròxim als 1000 kg). En cap cas es tenen de posar en el centre d'una sala si no hi ha un pilar baix mateix de l'acumulador, ja que aquest podria danyar i fins i tot vèncer la superfície on es troba ubicat.

### 3.1.11 Simulació dels sistemes d'ACS i calefacció

En quan a la simulació del sistema solar tèrmic de l'alberg, s'han realitzat dos simulacions diferents: una primera en la qual s'ha realitzat la simulació d'ACS, i una segona on s'ha realitzat la simulació del sistema de calefacció. Cal dir que aquestes dues simulacions s'han tingut de fer per separat perquè el sistema d'ACS té de funcionar durant tot l'any, mentre que el sistema de calefacció tan sols funcionarà els mesos en els quals faci més fred.

Pel que fa a la primera simulació, que es tracta de la simulació d'ACS, com ja s'ha esmentat aquesta s'ha realitzat durant tot l'any, ja que aquest servei, amb molta o poca continuïtat tindrà d'existir durant tots els mesos. S'han introduït totes les dades que fan referència a la nostra instal·lació (temperatura de xarxa de l'aigua, volum d'ACS, perfil d'ocupació, nombre d'usuaris, inclinació, azimut, nombre de captadors...) per tal d'arribar a la fracció solar necessària que ens indica la normativa referent al CTE, que recordem és d'un 70 %.

En quan a la segona simulació, la del sistema de calefacció de l'edifici, aquest sistema tan sols estarà actiu en els mesos de més fred de l'any (aquests mesos es mostren en la simulació) i tal com ja s'ha esmentat, funcionarà com un sistema de dissipació de l'energia generada en els mesos d'hivern pel sistema de captació, ja que no es pot gastar aquesta energia en ACS degut al poc perfil d'ocupació que presenta l'alberg en els mesos d'hivern. D'aquesta forma fent passar l'ACS pel sistema de calefacció dissipem l'energia generada pel sistema de captació tot evitant sobrecalfaments en el sistema i a més a més escalfem i ambientem uns pocs graus l'alberg de forma gratuïta.

Tot seguit s'observen els resultats de les dues simulacions realitzades amb el software per dimensionar instal·lacions solars tèrmiques TRANSOL.

### Simulació del sistema d'ACS



### DATOS DE LA SIMULACION

Datos generales

**Código proyecto**  
**Dirección**  
**Teléfono / Fax/E-mail**

**Persona contacto**  
**Equipamiento**  
**Municipio**

Tipo de sistema 305

*Sistema solar térmico colectivo para la producción de agua caliente sanitaria (ACS) con acumuladores solar y auxiliar centralizados, con intercambiador sumergido para el circuito primario y caldera auxiliar.*



Demanda

**Número subestaciones** [-] 1  
**Número usuarios** [-] 15  
**Consumo diario nominal** [l] 525,0  
**Temperatura de servicio** [°C] 45,0

**Superficie a calefactar** [m<sup>2</sup>]  
**Superficie piscina** [m<sup>2</sup>] 0,00  
**Volumen piscina** [m<sup>3</sup>] 0,00

**Demanda anual calef.** [kWh] 0,0  
**Demanda anual piscina** [kWh] 0,0  
**Manta térmica** [-] No

Ubicación (datos meteorológicos)

**Datos meteorológicos** [-] ES-Tortosa.tn2  
**Latitud / Longitud** [°] 40,82 / -0,5  
**Temperatura agua red** [°C] 3,4/4,4/5,4/10,7/12,7/14,7/16,7/16,7/15,7/9,4/5,4/4,4

Campo de captadores

**Superficie abs. total** [m<sup>2</sup>] 10,9  
**Número captadores** [-] 5  
**Inclinación (resp. horiz.)** [°] 25,0  
**Azimut** [°] 270,0  
**Número cap. serie** [°] 2,0  
**Caudal de campo** [kg/h.m<sup>2</sup>] 66,6  
**Caudal primario** [kg/h] 722,6

Características del captador

*Sonnenkraft SolarSystems G*  
**Modelo** SK500N  
**a0** [-] 0,80  
**a1** [W/m<sup>2</sup> K] 3,46  
**a2** [W/m<sup>2</sup> K<sup>2</sup>] 0,012  
**K50** [-] 0,95  
**Caudal test** [kg/h.m<sup>2</sup>] 133,2  
**Area** [m<sup>2</sup>] 2,2



## TRANSOL.PRO V2.0

### INFORME DE SIMULACION



#### Acumulación solar y auxiliar centralizada

		Solar	Auxiliar
Volumen	[m <sup>3</sup> ]	0,750	0,100
Altura acumulador	[m]	2,131	0,928
Espesor aislamiento	[m]	0,120	0,050

#### Producción auxiliar

Potencia	[kW]	3,00	-	-	-
Rendimiento	[%]	1,00	-	-	-
		Gas	-	-	-

#### Tubería

	Diámetro	Longitud	Esp aislante	Coef. Cond.
	[m]	[m]	[m]	[W/m.°C]
Circuito primario exterior	0,022	10,0	0,040	0,043
Circuito primario interno	0,022	4,0	0,040	0,043
Circuito distribución (bajantes)	0,022	20,0	0,040	0,043
Circuito distribución (subestaciones)	0,024	0,0	0,030	0,043

#### Parámetros económicos

	Con sistema solar	Sin sistema solar
Coste inversión	7052,00	1410,40
Subvenciones	3526,00	
Reducción de impuestos	0,00	
Coste mantenimiento	35,26	7,05
Precio de la energía hid. [€/kWh] [%]	0,0483	0,0483
Precio de la electricidad [€/kWh] [%]	0,0867	0,0483
Período de explotación [años]	25	
Incremento precio del din [%]	5	

#### Parámetros de la simulación

Inicio / fin / paso de la simulación	[h]	1 / 8760 / 0,5
Tolerancia integración / convergencia	[h]	0,001 / 0,001



**TRANSOL.PRO** v2.0  
**INFORME DE SIMULACION**



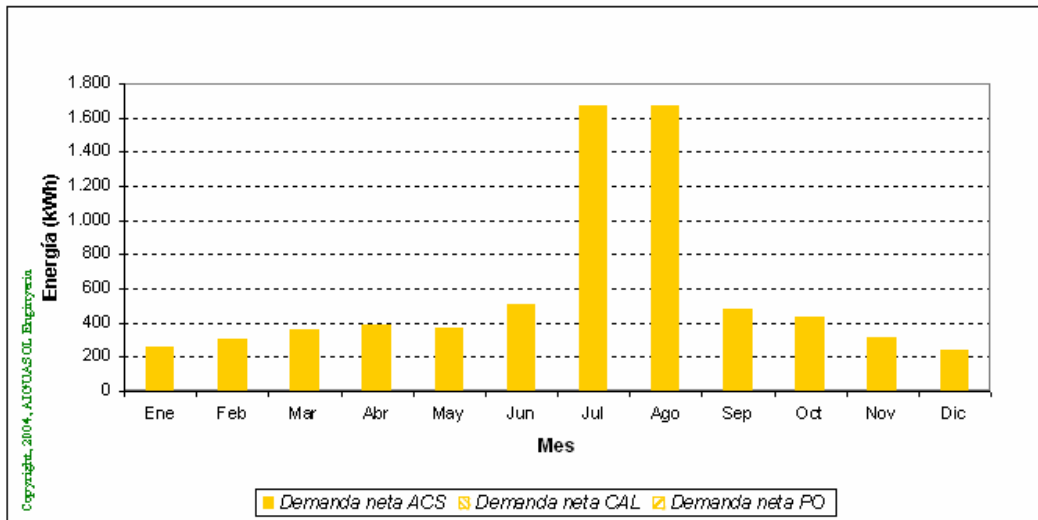
**RESULTADOS DE LA SIMULACION**

Demanda energética

**Análisis de la demanda requerida, demanda neta y bruta**

	<b>Demanda requerida ACS</b> [kWh]	<b>Demanda neta ACS</b> [kWh]	<b>Demanda bruta ACS</b> [kWh]	<b>Demanda requerida CAL</b> [kWh]	<b>Demanda neta CAL</b> [kWh]	<b>Demanda bruta CAL</b> [kWh]	<b>Demanda requerida PO</b> [kWh]	<b>Demanda neta PO</b> [kWh]
<b>Enero</b>	262,9	258,8	331,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Febrero</b>	301,8	298,7	365,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Marzo</b>	360,7	356,9	431,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Abril</b>	388,9	386,0	460,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Mayo</b>	372,2	369,2	446,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Junio</b>	506,9	504,8	582,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Julio</b>	1.667,5	1.667,0	1.743,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Agosto</b>	1.672,6	1.672,6	1.749,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Septiembre</b>	479,2	476,9	551,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Octubre</b>	436,6	433,7	509,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Noviembre</b>	316,5	313,2	385,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Diciembre</b>	241,5	237,2	309,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>TOTAL</b>	<b>7.007,2</b>	<b>6.974,9</b>	<b>7.867,6</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>

<b>Cumplimiento demanda ACS</b>	[%]	99,54
<b>Cumplimiento demanda CAL</b>	[%]	0,00
<b>Cumplimiento demanda PO</b>	[%]	0,00





# TRANSOL.PRO V2.0

## INFORME DE SIMULACION



### Resultados energéticos globales

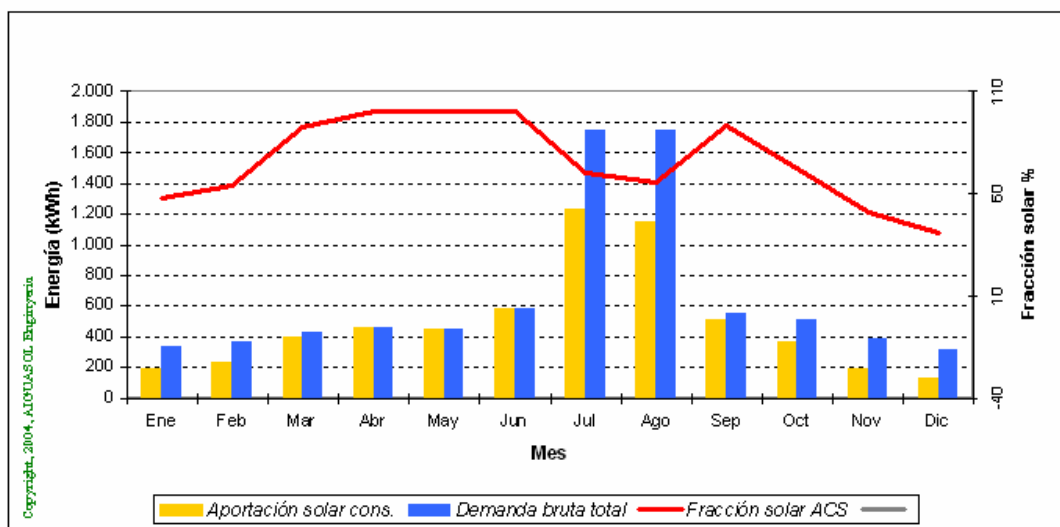
#### Consumos energéticos y fracciones de ahorro

		Con sistema solar	Sin sistema solar
Consumo auxiliar	[kWh]	2.018,6	7.867,6
Consumo de energía primaria	[kWh]	2.038,8	7.946,3
Consumo parásito energía primaria	[kWh]	217,5	2,8
Fracción solar neta	[%]	74,34	
Fracción solar neta exten	[%]	71,62	
Fracción solar ACS	[%]	74,89	
Fracción solar ACS	[%]	74,55	Cumplimiento de demanda incluido.

#### Resultados energéticos globales del sistema solar térmico

	Demanda neta total [kWh]	Demanda bruta total [kWh]	Aportación aux. Cons [kWh]	Consumo auxiliar [kWh]	Radiación solar incid. [kWh]	Prod. Solar campo [kWh]	Aportación solar cons. [kWh]	Fracción solar ACS [%]
Enero	258,8	331,9	141,9	141,9	873,6	288,6	191,6	57,7
Febrero	298,7	365,9	134,0	134,0	937,4	342,3	233,4	63,8
Marzo	356,9	431,0	30,8	30,8	1.566,5	591,2	400,3	92,9
Abril	386,0	460,7	0,0	0,0	1.859,3	674,8	460,7	100,0
Mayo	369,2	446,7	0,0	0,0	2.250,4	740,2	446,5	100,0
Junio	504,8	582,5	0,0	0,0	2.277,5	834,9	582,4	100,0
Julio	1.667,0	1.743,6	536,4	536,4	2.187,2	1.311,0	1.227,6	70,4
Agosto	1.672,6	1.749,1	616,1	616,1	2.054,2	1.248,6	1.147,5	65,6
Septiembre	476,9	551,8	39,5	39,5	1.536,5	679,3	513,3	93,0
Octubre	433,7	509,5	143,3	143,3	1.142,6	480,1	368,2	72,3
Noviembre	313,2	385,0	191,6	191,6	691,7	252,7	195,2	50,7
Diciembre	237,2	309,9	185,0	185,0	624,8	192,3	125,6	40,5
<b>TOTAL</b>	<b>6.974,9</b>	<b>7.867,6</b>	<b>2.018,6</b>	<b>2.018,6</b>	<b>18.001,5</b>	<b>7.636,0</b>	<b>5.892,3</b>	<b>74,9</b>

#### Resultados mensuales del consumo energético del sistema, aportación solar al consumo y fracción solar





# TRANSOL.PRO V2.0

## INFORME DE SIMULACION



### Eficiencia del sistema

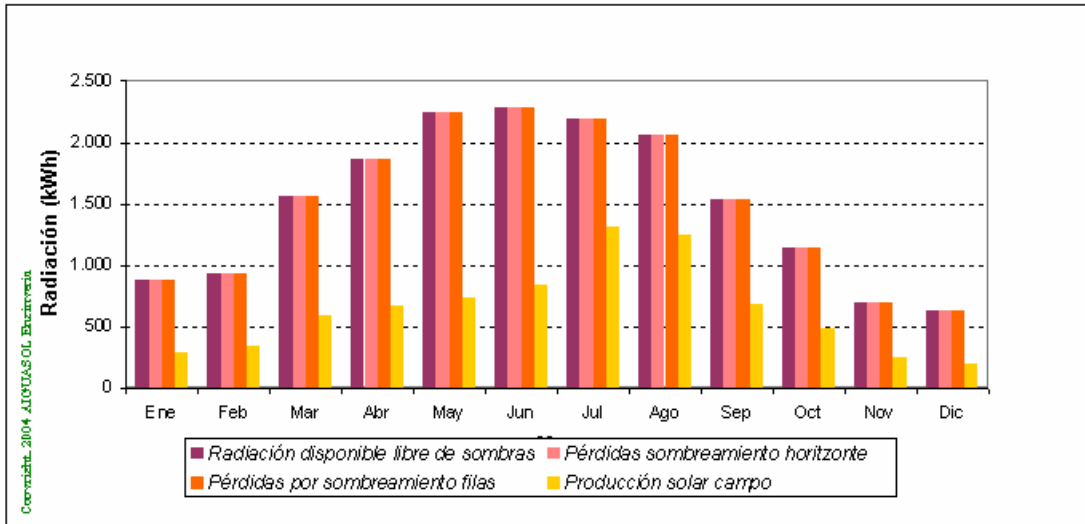
#### Análisis global de la eficiencia del sistema solar térmico en términos de energía primaria

COP global neto	[-]	3,091
COP global bruto	[-]	3,859

#### Análisis de la radiación disponible, los efectos de las sombras y la producción solar del campo

Radiación disponible libre de sombras	[kWh/m <sup>2</sup> ]	1659,12
Pérdidas sombreado horizonte	[%]	0,00
Pérdidas por sombreado filas	[%]	0,00
Producción solar campo	[kWh/m <sup>2</sup> ]	703,78

Eficiencia del campo de captadores	[%]	42,42
------------------------------------	-----	-------



#### Análisis de las pérdidas energéticas del sistema

	Prod. Solar campo [kWh]	Tuberías primario [kWh]	Acumulad. Solar [kWh]	Tuberías distribuc. [kWh]	Acumulad. Auxiliar [kWh]	Tuberías subestac. [kWh]	Acumulad. Individual [kWh]	Tuberías calefacción [kWh]
Enero	288,6	65,3	30,4	40,2	32,9	0,0	0,0	0,0
Febrero	342,3	69,6	30,6	37,5	29,8	0,0	0,0	0,0
Marzo	591,2	122,0	54,2	40,7	33,5	0,0	0,0	0,0
Abril	674,8	147,6	64,4	41,1	33,5	0,0	0,0	0,0
Mayo	740,2	185,6	81,8	42,6	34,8	0,0	0,0	0,0
Junio	834,9	178,7	75,8	43,3	34,4	0,0	0,0	0,0
Julio	1.311,0	81,4	27,0	44,9	31,8	0,0	0,0	0,0
Agosto	1.248,6	74,0	24,3	44,9	31,5	0,0	0,0	0,0
Septiembre	679,3	105,1	45,9	41,9	33,0	0,0	0,0	0,0
Octubre	480,1	79,7	35,6	42,8	33,1	0,0	0,0	0,0
Noviembre	252,7	48,5	21,9	40,4	31,5	0,0	0,0	0,0
Diciembre	192,3	42,6	17,5	40,2	32,5	0,0	0,0	0,0
TOTAL	7.636,0	1.200,2	509,4	500,5	392,2	0,0	0,0	0,0



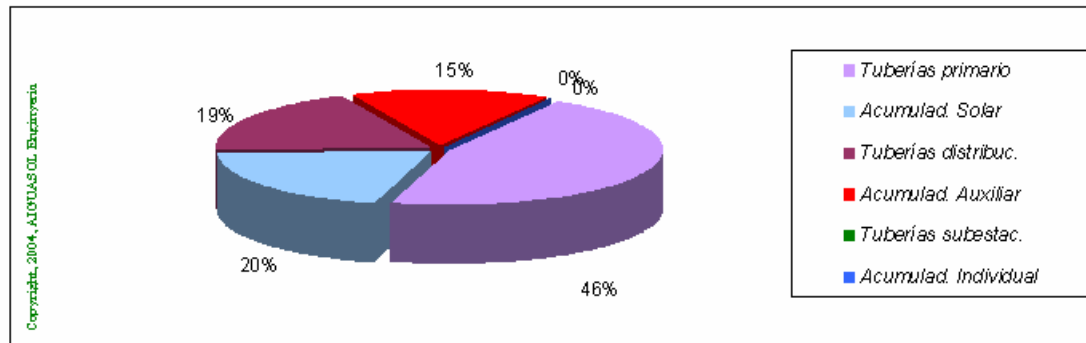
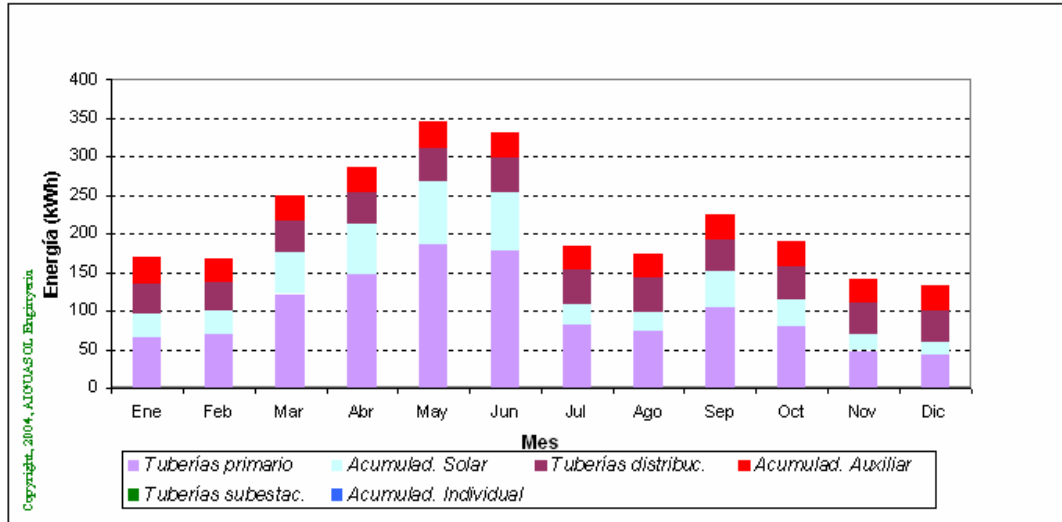
**TRANSOL.PRO V2.0**  
**INFORME DE SIMULACION**



**Análisis de las pérdidas energéticas del sistema**

<b>Eficiencia del resto del sistema</b>	[%]	77,16
---	-----	-------

**Representación gráfica de la aportación solar a consumo y las distintas pérdidas térmicas del sistema**



Resultados medioambientales

**Ahorro anual de emisiones de CO2** [kg] 1.170

Análisis económico

		<b>Con sistema solar</b>	<b>Sin sistema solar</b>
<b>Sobrecoste de la inversión</b>	[€]	2.115,60	
<b>Costes operación (energéticos)</b>	[€]	97,50	380,00
<b>Pay-back</b>	[años]	9	
<b>VAN</b>	[€]	3.859,84	

Un cop realitzada la primera simulació mitjançant el software de càlcul d'instal·lacions solars tèrmiques TRANSOL, és l'hora de valorar els resultats obtinguts en quan al sistema de producció d'ACS. A continuació s'explica el procés que s'ha seguit pas per pas.

En la primera pàgina de la simulació, s'expliquen les dades referents en quan a demanda d'ACS que té l'alberg (nombre d'usuaris, consum diari nominal i temperatura de servei), també s'observen les dades d'ubicació i meteorològiques de la instal·lació (temperatura de xarxa de l'aigua, latitud i longitud de l'indret...); en aquest apartat s'ha escollit Tortosa per que era la població més propera de que el programa disposava de dades de radiació, etc. Per últim en aquesta primera pàgina es veuen les dades del camp de captadors i les característiques d'aquest.

Les dades més característiques de la segona pàgina són les següents: Pel que fa a les dades d'acumulació solar, l'acumulador d'ACS tindrà un volum, com ja s'ha esmentat en l'apartat 3.1.10 de  $0,75 \text{ m}^3$ , és a dir, 750 litres. En canvi el sistema auxiliar centralitzat s'aprofitarà el que es troba en l'actualitat a l'alberg, es tracta d'un acumulador de  $0,1 \text{ m}^3$  de capacitat alimentat per una resistència elèctrica (efecte Joule) que escalfa l'aigua calenta. La potència d'aquest últim element és de 3 kW i com que és un sistema alimentat amb electricitat té un rendiment del 100 %. En aquesta segona fulla explicativa també es poden veure els aspectes més generals del sistema de canonades.

L'aspecte més representatiu de la tercera fulla de l'informe realitzat pel software TRANSOL és la demanda energètica del sistema d'ACS, amb les dades de diverses demandes energètiques i compliment d'aquesta demanda. En la part inferior d'aquest full es veu representat un gràfic aproximat on es pot observar la demanda d'ACS al llarg dels mesos de l'any, fet que està lligat amb el perfil d'ocupació de l'alberg durant l'any.

La quarta pàgina de l'informe que ens ha elaborat el programa utilitzat, ens mostra una de les dades més importants que el nostre sistema ha de complir. Aquesta dada es tracta de la fracció solar necessària que ha de complir la nostra instal·lació per tal d'arribar a la fracció solar del 70 % que ens marca la normativa que hem de seguir (CTE). Com es pot observar aquesta fracció solar d'ACS és d'un 74,9 % fet que indica que amb el nombre de captadors utilitats (5, veure fulla 1) aconseguim una fracció solar necessària per tal d'entrar dintre de la normativa del CTE. Aquesta fracció solar, en contra de que la que ens donava el full de càlcul F-Chart, sí que ens proporciona la fracció solar amb les diverses pèrdues del sistema ja calculades i restades del percentatge de fracció solar de que disposem. En el gràfic inferior també s'observen els nivells d'aportació solar del sistema en els diversos mesos de l'any.

En la següent fulla 5, els trets més interessants que se'ns mostren és la producció del camp de captadors i l'eficiència d'aquest. Aquests valors són de  $703,78 \text{ kWh/m}^2$  i 42,42 % respectivament.

Ja en la darrera de les fulles que ens ha proporcionat el programa de simulació TRANSOL es visualitzen la representació gràfica de l'aportació solar a consum i les diverses pèrdues tèrmiques del sistema. Com es pot veure, les pèrdues energètiques més significatives es produeixen en les canonades del sistema primari, fet aparentment normal degut a que part d'aquestes canonades transcorren per l'exterior de l'edifici.

**Simulació del sistema de calefacció**



**DATOS DE LA SIMULACION**

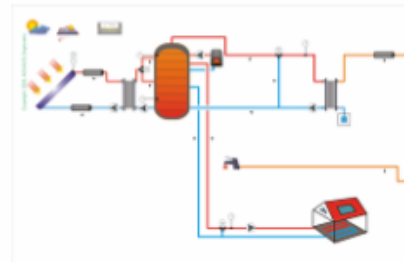
Datos generales

**Código proyecto**  
**Dirección**  
**Teléfono / Fax/E-mail**

**Persona contacto**  
**Equipamiento**  
**Municipio**

Tipo de sistema 308

*Sistema solar térmico colectivo para la producción de agua caliente sanitaria (ACS) y calefacción con un acumulador solar e intercambiador externo, conexión directa de la caldera auxiliar y un intercambiador de calor externo para el ACS.*



Demanda

**Número subestaciones** [-] 1  
**Número usuarios** [-] 2  
**Consumo diario nominal** [l] 5,0  
**Temperatura de servicio** [°C] 45,0

**Superficie a calefactar** [m<sup>2</sup>] 150  
**Superficie piscina** [m<sup>2</sup>] 0,00  
**Volumen piscina** [m<sup>3</sup>] 0,00

**Demanda anual calef.** [kWh] 6627,8  
**Demanda anual piscina** [kWh] 0,0  
**Manta térmica** [-] No

Ubicación (datos meteorológicos)

**Datos meteorológicos** [-] ES-Tortosa.tn2  
**Latitud / Longitud** [°] 40,82 / -0,5  
**Temperatura agua red** [°C] 3,4/4,4/5,4/10,7/12,7/14,7/16,7/16,7/15,7/9,4/5,4/4,4

Campo de captadores

**Superficie abs. total** [m<sup>2</sup>] 10,9  
**Número captadores** [-] 5  
**Inclinación (resp. horiz.)** [°] 25,0  
**Azimut** [°] 270,0  
**Número cap. serie** [°] 2,0  
**Caudal de campo** [kg/h.m<sup>2</sup>] 66,6  
**Caudal primario** [kg/h] 722,6

Características del captador

Sonnenkraft SolarSystems G  
**Modelo** SK500N  
**a0** [-] 0,80  
**a1** [W/m<sup>2</sup> K] 3,46  
**a2** [W/m<sup>2</sup> K<sup>2</sup>] 0,012  
**K50** [-] 0,95  
**Caudal test** [kg/h.m<sup>2</sup>] 133,2  
**Area** [m<sup>2</sup>] 2,2



# TRANSOL.PRO V2.0

## INFORME DE SIMULACION



### Acumulación solar y/o auxiliar

		<b>Solar</b>
<b>Volumen</b>	[m <sup>3</sup> ]	0,750
<b>Altura acumulador</b>	[m]	2,131
<b>Espesor aislamiento</b>	[m]	0,120

### Producción auxiliar

<b>Potencia</b>	[kW]	3,00	-	-	-
<b>Rendimiento</b>	[%]	1,00	-	-	-
		Gas	-	-	-

### Tubería

	<b>Diámetro</b>	<b>Longitud</b>	<b>Esp aislante</b>	<b>Coef. Cond.</b>
	[m]	[m]	[m]	[W/m.°C]
<b>Circuito primario exterior</b>	0,022	10,0	0,040	0,043
<b>Circuito primario interno</b>	0,022	4,0	0,040	0,043
<b>Circuito distribución (bajantes)</b>	0,022	20,0	0,040	0,043
<b>Circuito distribución (subestaciones)</b>	0,015	0,0	0,030	0,043

### Parámetros económicos

		<b>Con sistema solar</b>	<b>Sin sistema solar</b>
<b>Coste inversión</b>	[€]	7052,00	1410,40
<b>Subvenciones</b>	[€]	3526,00	
<b>Reducción de impuestos</b>	[€]	0,00	
<b>Coste mantenimiento</b>	[€]	35,26	7,05
<b>Precio de la energía hid.</b>	[€/kWh] [%]	0,0483	4,160%
<b>Precio de la electricidad</b>	[€/kWh] [%]	0,0867	1,840%
<b>Período de explotación</b>	[años]	25	
<b>Incremento precio del din</b>	[%]	5	

### Parámetros de la simulación

<b>Inicio / fin / paso de la simulación</b>	[h]	1 / 8760 / 0,5
<b>Tolerancia integración / convergencia</b>	[h]	0,001 / 0,001



# TRANSOL.PRO v2.0

## INFORME DE SIMULACION



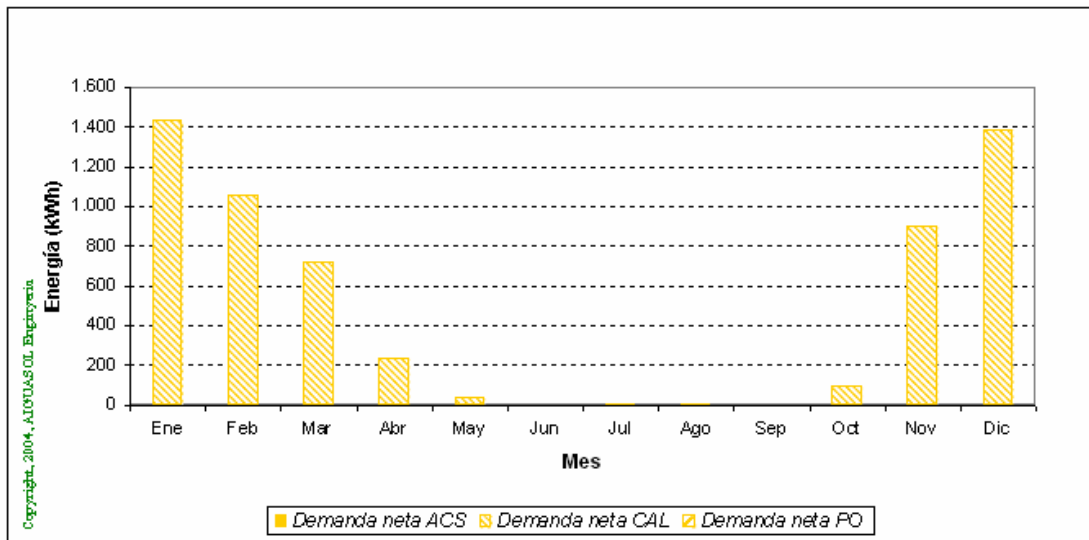
### RESULTADOS DE LA SIMULACION

Demanda energética

**Análisis de la demanda requerida, demanda neta y bruta**

	Demanda requerida ACS [kWh]	Demanda neta ACS [kWh]	Demanda bruta ACS [kWh]	Demanda requerida CAL [kWh]	Demanda neta CAL [kWh]	Demanda bruta CAL [kWh]	Demanda requerida PO [kWh]	Demanda neta PO [kWh]
Enero	2,9	0,8	44,1	1.696,2	1.434,9	1.434,9	0,0	0,0
Febrero	3,0	0,8	46,7	1.177,3	1.056,6	1.056,6	0,0	0,0
Marzo	3,6	1,0	70,3	730,1	717,0	717,0	0,0	0,0
Abril	3,6	0,7	93,4	235,2	235,2	235,2	0,0	0,0
Mayo	3,8	0,7	108,9	36,3	36,3	36,3	0,0	0,0
Junio	4,7	1,0	109,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Julio	15,6	9,1	135,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Agosto	15,6	9,0	133,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Septiembre	4,4	0,8	105,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Octubre	4,0	1,1	87,7	96,1	96,1	96,1	0,0	0,0
Noviembre	3,2	0,9	49,0	954,7	899,3	899,3	0,0	0,0
Diciembre	2,7	0,7	40,1	1.701,9	1.388,4	1.388,4	0,0	0,0
<b>TOTAL</b>	<b>67,1</b>	<b>26,7</b>	<b>1.023,7</b>	<b>6.627,8</b>	<b>5.863,8</b>	<b>5.863,8</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>

Cumplimiento demanda ACS	[%]	39,80
Cumplimiento demanda CAL	[%]	88,47
Cumplimiento demanda PO	[%]	0,00





# TRANSOL.PRO V2.0

## INFORME DE SIMULACION



### Resultados energéticos globales

#### Consumos energéticos y fracciones de ahorro

		Con sistema solar	Sin sistema solar
Consumo auxiliar	[kWh]	4.503,6	6.887,5
Consumo de energía primaria	[kWh]	4.548,7	6.956,4
Consumo parásito energía primaria	[kWh]	295,2	10,1

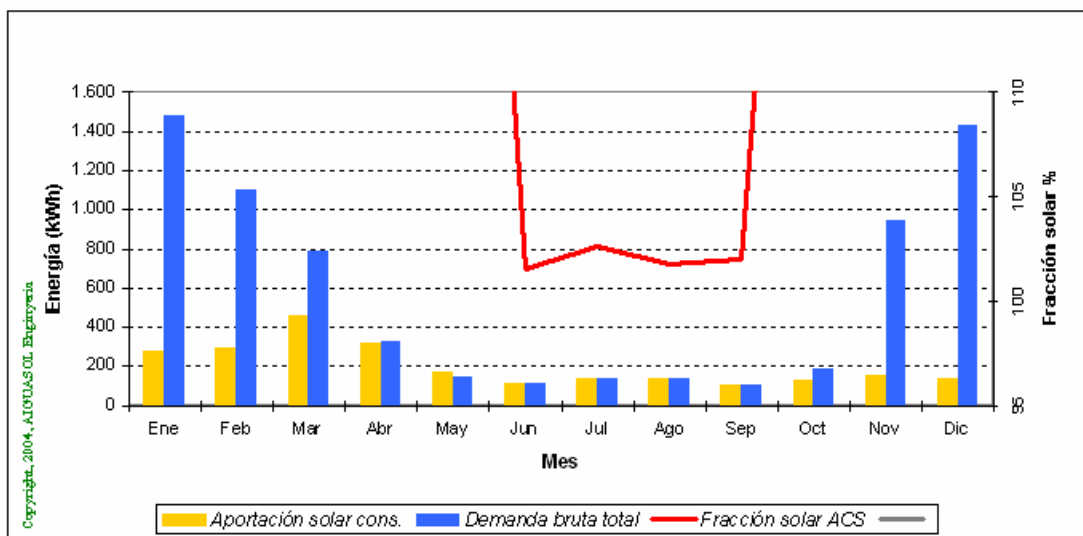
Fracción solar neta	[%]	34,61
Fracción solar neta exten	[%]	30,47

Fracción solar ACS	[%]	237,19
Fracción solar ACS	[%]	83,51 <i>Cumplimiento de demanda incluido.</i>

#### Resultados energéticos globales del sistema solar térmico

	Demanda neta total [kWh]	Demanda bruta total [kWh]	Aportación aux. Cons [kWh]	Consumo auxiliar [kWh]	Radiación solar incid. [kWh]	Prod. Solar campo [kWh]	Aportación solar cons. [kWh]	Fracción solar ACS [%]
Enero	1.435,7	1.479,0	1.210,8	1.210,8	873,6	339,6	280,1	635,3
Febrero	1.057,4	1.103,3	823,1	823,1	937,4	357,5	291,9	625,0
Marzo	718,0	787,2	345,2	345,2	1.566,5	587,6	460,2	654,8
Abril	235,9	328,6	13,5	13,5	1.859,3	497,3	316,5	338,9
Mayo	37,0	145,2	2,3	2,3	2.250,4	403,8	166,6	152,9
Junio	1,0	109,6	0,0	0,0	2.277,5	357,2	111,3	101,5
Julio	9,1	135,3	0,0	0,0	2.187,2	373,5	138,8	102,7
Agosto	9,0	133,5	0,0	0,0	2.054,2	360,1	135,9	101,7
Septiembre	0,8	105,1	0,0	0,0	1.536,5	282,8	107,2	102,0
Octubre	97,2	183,8	38,4	38,4	1.142,6	252,1	126,9	144,7
Noviembre	900,2	948,3	777,3	777,3	691,7	203,5	153,8	314,0
Diciembre	1.389,1	1.428,5	1.292,9	1.292,9	624,8	173,9	138,9	346,3
TOTAL	5.890,5	6.887,5	4.503,6	4.503,6	18.001,5	4.189,0	2.428,0	237,2

#### Resultados mensuales del consumo energético del sistema, aportación solar al consumo y fracción solar





# TRANSOL.PRO V2.0

## INFORME DE SIMULACION



### Eficiencia del sistema

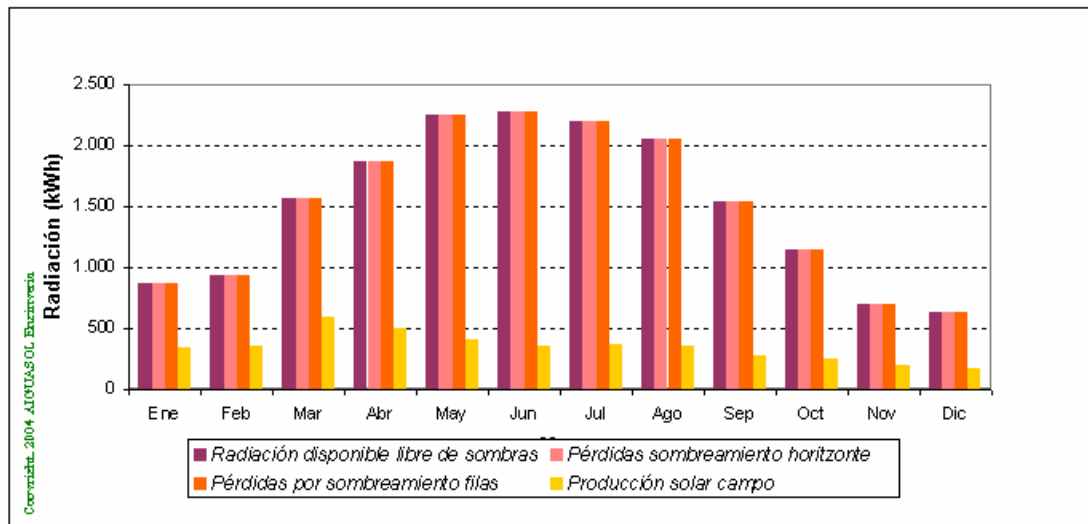
#### Análisis global de la eficiencia del sistema solar térmico en términos de energía primaria

<b>COP global neto</b>	[-]	1,216
<b>COP global bruto</b>	[-]	1,514

#### Análisis de la radiación disponible, los efectos de las sombras y la producción solar del campo

<b>Radiación disponible libre de sombras</b>	[kWh/m <sup>2</sup> ]	1659,12
<b>Pérdidas sombreado horizonte</b>	[%]	0,00
<b>Pérdidas por sombreado filas</b>	[%]	0,00
<b>Producción solar campo</b>	[kWh/m <sup>2</sup> ]	386,08

<b>Eficiencia del campo de captadores</b>	[%]	23,27
---	-----	-------



#### Análisis de las pérdidas energéticas del sistema

	Prod. Solar campo [kWh]	Tuberías primario [kWh]	Acumulad. Solar [kWh]	Tuberías distribuc. [kWh]	Acumulad. Auxiliar [kWh]	Tuberías subestac. [kWh]	Acumulad. Individual [kWh]	Tuberías calefacción [kWh]
Enero	339,6	59,5	40,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Febrero	357,5	65,5	42,3	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Marzo	587,6	127,4	64,6	4,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Abril	497,3	180,8	86,3	6,4	0,0	0,0	0,0	0,0
Mayo	403,8	237,2	100,2	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Junio	357,2	246,0	98,1	10,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Julio	373,5	234,6	98,4	27,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Agosto	360,1	224,2	97,1	27,4	0,0	0,0	0,0	0,0
Septiembre	282,8	175,6	94,4	9,9	0,0	0,0	0,0	0,0
Octubre	252,1	125,2	80,3	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Noviembre	203,5	49,7	44,3	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0
Diciembre	173,9	35,1	36,3	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>TOTAL</b>	<b>4.189,0</b>	<b>1.761,0</b>	<b>882,3</b>	<b>114,7</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>



# TRANSOL.PRO V2.0

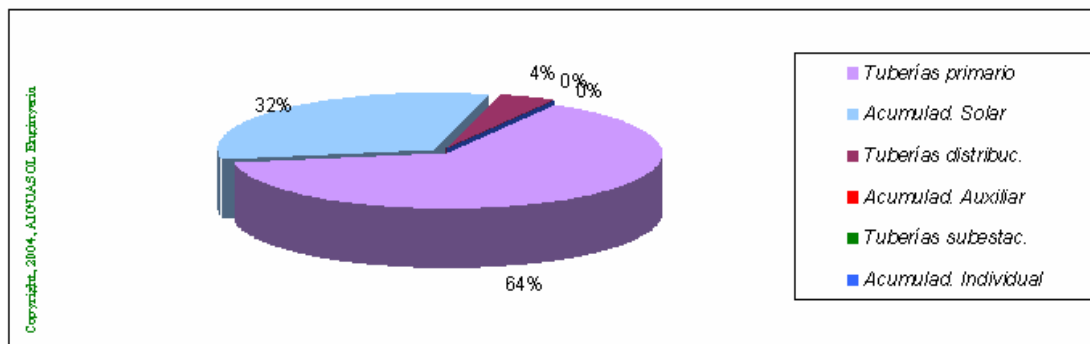
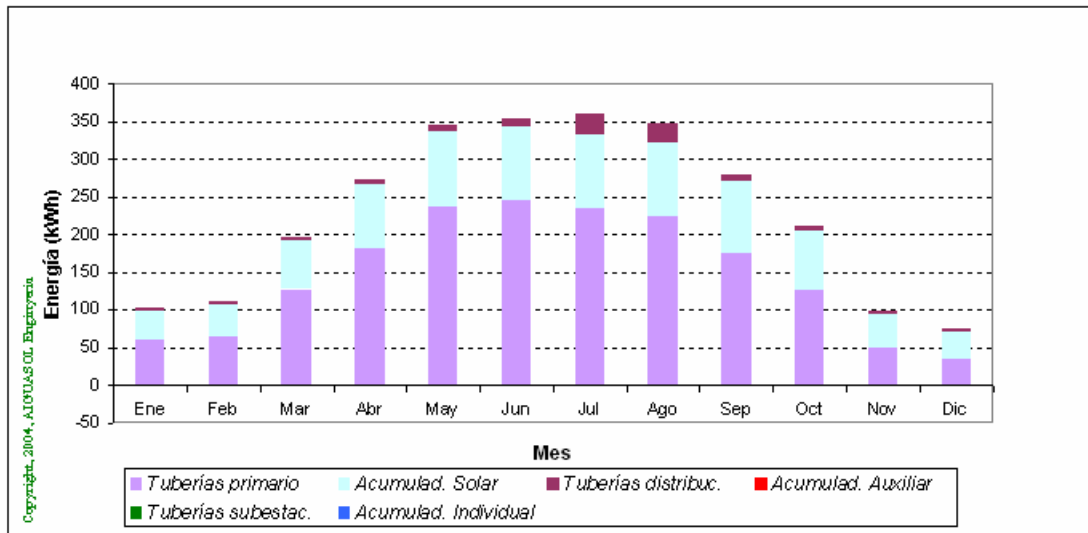
## INFORME DE SIMULACION



### Análisis de las pérdidas energéticas del sistema

<b>Eficiencia del resto del sistema</b>	[%]	57,96
---	-----	-------

### Representación gráfica de la aportación solar a consumo y las distintas pérdidas térmicas del sistema



### Resultados medioambientales

**Ahorro anual de emisiones de CO2** [kg] 477

### Análisis económico

		Con sistema solar	Sin sistema solar
<b>Sobrecoste de la inversión</b>	[€]	2.115,60	
<b>Costes operación (energéticos)</b>	[€]	217,53	332,67
<b>Pay-back</b>	[años]	24	
<b>VAN</b>	[€]	84,31	

Un cop s'ha fet la segona i última simulació mitjançant el software de càlcul d'instal·lacions solars tèrmiques TRANSOL, és l'hora de valorar els resultats obtinguts en quan al sistema de calefacció, aquest recordem que s'utilitzarà en els mesos amb més fred de l'any com a sistema de dissipació de l'energia generada pel sistema de captació i que no es gastarà amb consum d'ACS degut al reduït percentatge d'ocupació que hi ha l'alberg en els mesos que fa més fred en l'entorn de l'alberg. A continuació s'explica el procés que s'ha seguit pas per pas.

En la primera pàgina de la simulació, s'expliquen les dades referents en quan a demanda anual de calefacció que té l'alberg i a més a més de la superfície a escalfar (aquesta superfície és d'uns 150 m<sup>2</sup> que corresponen aproximadament a la superfície de la planta baixa de l'alberg). Hi surten unes dades referents a consum d'ACS, però no en farem cas, ja que aquestes dades s'han ficat per tal de que el programa no ens retornes un error a l'hora de fer la simulació (aquestes dades eren les més petites que es podien ficar). També s'observen les dades d'ubicació i meteorològiques de la instal·lació (temperatura de xarxa de l'aigua, latitud i longitud de l'indret...); en els altres apartats de la mateixa pàgina s'han seguit els mateixos criteris que en la simulació d'ACS ja que el sistema de calefacció tan sols l'utilitzarem en el mesos més freds de l'any i l'energia que farà servir serà la que no es farà servir en quan al consum d'ACS.

Les dades més característiques de la segona pàgina són les següents: Pel que fa a les dades d'acumulació solar, l'acumulador utilitzat serà el mateix que el d'ACS, ja que aquest disposa d'una sèrie de connexions específiques tant per a ACS com per als sistemes de calefacció; el volum d'aquest acumulador és de 0,75 m<sup>3</sup>, és a dir, 750 litres. En aquesta segona fulla explicativa també es poden veure els aspectes més generals del sistema de canonades i els paràmetres de simulació (anuals).

L'aspecte més representatiu de la tercera fulla de l'informe realitzat pel software TRANSOL és la demanda energètica del sistema de calefacció. En la part inferior d'aquest full es veu representat un gràfic aproximat on es pot observar la demanda d'ACS al llarg dels mesos de l'any, aquests mesos on s'usarà el sistema de calefacció tenen la demanda més forta en els períodes quan fa més fred (mesos de desembre, gener i febrer).

La quarta pàgina de l'informe que ens ha elaborat el programa, ens mostra en el gràfic inferior quina és l'aportació solar del sistema (groc) a la demanda de calefacció mensual (blau); com es pot observar l'energia aportada al sistema de calefacció no arriba ni de bon tros a cobrir la demanda de calefacció en els mesos més freds de l'any. Però gràcies a aquest sistema de circulació de l'ACS evitem un sobrescalfament del sistema i augmentem un poc la temperatura interior de l'alberg.

En la següent fulla 5, els trets més interessants que se'ns mostren és la producció del camp de captadors i l'eficiència d'aquest. Aquests valors són de 386,08 kWh/m<sup>2</sup> i 23,27 % respectivament.

Ja en la darrera de les fulles que ens ha proporcionat el programa de simulació TRANSOL es visualitzen la representació gràfica de l'aportació solar a consum i les diverses pèrdues tèrmiques del sistema. Com es pot veure, les pèrdues energètiques més significatives també es produeixen en les canonades del sistema primari. Per últim l'estalvi anual d'emissions de CO<sub>2</sub> gràcies a aquest sistema és de 377 kg.

### 3.1.12 Disseny dels elements del circuit d'ACS

En aquest apartat del projecte es dissenyen els diversos elements hidràulics que conformen el circuit d'ACS de la instal·lació solar tèrmica de l'alberg.

#### 3.1.12.1 Cabal de la bomba

El primer element del circuit primari d'ACS que calcularem es tracta del cabal de la bomba, és a dir, els litres / hora que aquesta tindrà d'empènyer i moure per tal de que l'aigua circuli pel circuit primari amb facilitat i sense cap impediment. Per tal de poder calcular el cabal d'aquesta bomba, primer de tot tenim de saber com connectarem els captadors solars entre sí, com ja s'ha mencionat en anterioritat els captadors es connectaran en paral·lel, ja que aquest es tracta del sistema més adequat per a instal·lacions solars tèrmiques inferiors als 15 m<sup>2</sup> d'àrea de captació, i aquest és el nostre cas (10,9 m<sup>2</sup> d'àrea de captació).

Per tal de calcular el cabal de la bomba necessitem multiplicar la superfície total d'absorció dels captadors pel flux màssic d'operació del sistema per unitat d'àrea. Cal dir que en els sistemes de connexió en paral·lel (*high-flow*) aquest flux màssic pren el valor recomanat per cada fabricant de captadors (varia entre els 40 – 60 l / h·m<sup>2</sup>), en el cas del nostre captador (Sk500 de Sonnenkraft) aquest valor se li apliquen els 60 l / h·m<sup>2</sup>.

Superfície de captació = 10,9 m<sup>2</sup> (5 captadors)

Flux màssic en sistemes *high-flow* (connexió en paral·lel) = 60 l / h·m<sup>2</sup>

$$Cabal = 10,9 \text{ m}^2 \cdot 60 \frac{\text{l}}{\text{h}\cdot\text{m}^2} = 654 \text{ l / h} \quad (6)$$

Un cop calculat el cabal de la bomba i com que la superfície de captació no supera els 50 m<sup>2</sup>, en una sola bomba és suficient per tal de que el sistema funcioni correctament. En un cas hipotètic en que aquesta superfície hagués sigut superior als 50 m<sup>2</sup>, i seguim la normativa, s'hagués tingut de col·locar una altra bomba en paral·lel i aquestes dues treballarien amb alternança.

#### 3.1.12.2 Diàmetre de les canonades

Un cop tenim calculat el cabal de la bomba podem passar a calcular el diàmetre de les canonades del circuit primari d'ACS. Per tal de calcular aquest diàmetre es té de tenir en compte un paràmetre fonamental com és la velocitat del fluid, que en el nostre cas és aigua amb propietats anticongelants i que aquesta té una velocitat de fluid de 0,7 m/s. Per tal de calcular el diàmetre de les canonades utilitzarem la següent fórmula:

$$D_{can} = 0,5947 \sqrt{\frac{m}{v}} = mm \quad (7)$$

On,

$m$  = cabal volumètric = cabal bomba  $\frac{\text{l}}{\text{h}}$

$$v = \text{velocitat fluid } \frac{m}{sg}$$

I el resultat de la fórmula 7, és el següent:

$$D = 0,5947 \sqrt{\frac{654}{0,7}} = 18,17 \text{ mm} \tag{8}$$

Tal com podem observar en l'anterior resultat de la fórmula 8, el diàmetre normalitzat que utilitzarem per a les canonades de la instal·lació solar tèrmica serà de **22 mm**.

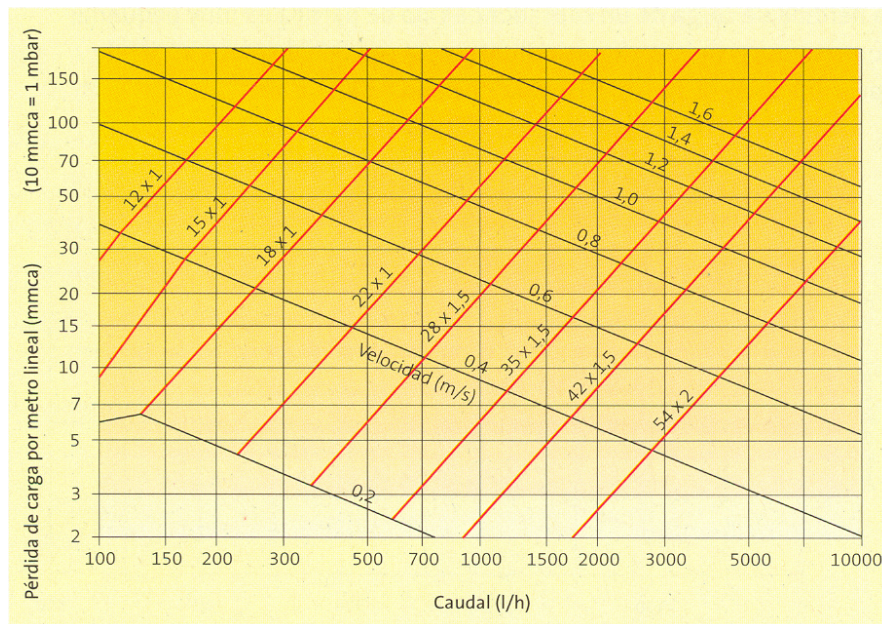
### 3.1.12.3 Pèrdua de pressió en el circuit primari d'ACS

En aquest apartat del projecte es determinen quines seran les pèrdues de càrrega de pressió que es produiran en els diversos elements que conformen el circuit primari, aquest és un factor que es té de tenir en compte per tal de dimensionar el millor possible la instal·lació solar tèrmica. Es calcularan les pèrdues de pressió dels següents elements: canonades, accessoris, captador i intercanviador intern (de serpenti).

#### Canonades

Per tal de saber quines són les pèrdues de càrrega en les canonades del circuit primari, primer de tot tenim de saber que la pèrdua de pressió màxima que poden tenir aquestes és inferior als 6 mbar/m (< 6mbar/m).

Per saber si les nostres canonades es troben per sota d'aquesta xifra, és necessari comprovar-ho en una taula (veure *figura 23*), en la qual conflueixen varies variables que ens permeten determinar la pèrdua de càrrega per metre lineal (mmca) que es produirà en la nostra instal·lació de canonades. En aquest gràfic i estan representats les variables: cabal, velocitat del fluid i diàmetre exterior normalitzat de la canonada.



**Figura 23:** Pèrdua de càrrega per metre lineal (mmca)

Un cop disposem de la figura anterior, ja es pot comprovar quina és la pèrdua de càrrega que tindran les canonades del nostre circuit primari. Tenim els següents valors:

Cabal de la bomba = 654 l / h  
 Velocitat de fluid = 0,7 m / s  
 Diàmetre de canonada = 22 mm

Si es va a la *figura 23* amb els valors anteriorment comentats el procediment a seguir és el següent: primer de tot tenim d'agafar el valor del cabal de la bomba (654 l / h) i pujar cap amunt fins que es tallin les línies de velocitat (la velocitat de 0,7 m/s es trobarà a la meitat de la de 0,6 i 0,8) i la del diàmetre (22 mm). En el punt en que es tallin aproximadament, llavors es té de mirar a l'eix d'ordenades (y) on es troben representats els valors de pèrdua de càrrega per metro lineal en mmca; com podem observar el valor en que es troba el sistema de canonades és d'aproximadament uns **40 mmca**, el que són **4 mbar** de pèrdua de càrrega (10 mmca = 1 mbar), per tant les canonades del circuit primari es troben dintre de la normativa que fa referència a que aquestes tenen de tenir una pèrdua de pressió menor als 6 mbar/m.

Aquest valor anteriorment calculat es tracta de la pèrdua de càrrega per metre lineal de canonada, per tant per tal de saber quina és la pèrdua de pressió en el circuit primari es té de multiplicar per la longitud del circuit primari de canonades. La longitud del circuit primari és de 14 metres, dividits en dos trams: tram exterior amb 10 metres de llargada i tram interior amb 4 metres de longitud.

Longitud del circuit primari = 14 m  
 Pèrdues de pressió circuit primari = 4 mbar/m

$$\Delta P_{\text{Canonades 1ari}} = \Delta P_{\text{metre de canonada}} \cdot L = 4 \cdot 14 = 56 \text{ mbar} \quad (9)$$

En conclusió, les pèrdues de pressió que es produiran en les canonades del circuit primari seran de 56 mbar.

### Accessoris

En el circuit primari, a part de les ja calculades pèrdues de càrrega en les canonades, també existeixen pèrdues en els diversos accessoris que conformen una instal·lació solar tèrmica, aquests accessoris són vàlvules, colzes... Aquestes pèrdues es calculen mitjançant la següent fórmula:

$$\Delta P_{\text{Accessoris 1ari}} = \frac{1}{3} \cdot \Delta P_{\text{Canonades 1ari}} = \frac{1}{3} \cdot 56 = 18,66 \text{ mbar} \quad (10)$$

Les pèrdues de càrrega que es produiran en les canonades circuit primari de la instal·lació solar tèrmica degut als diversos accessoris serà de 18,66 mbar.

### Pèrdues de càrrega de pressió totals canonades

Un cop tenim calculades les pèrdues de pressió a les canonades i als accessoris, ja podem sumar-les per tal de saber quina és la pèrdua de càrrega total de pressió en les canonades del circuit primari de la instal·lació solar tèrmica de l'alberg. La fórmula que utilitzem és la següent:

$$\begin{aligned} \Delta P_{\text{totals en canonades}} &= \Delta P_{\text{Canonades l'ari}} + \Delta P_{\text{Accessoris l'ari}} = \\ &= 56 + 18,66 = 74,66 \text{ mbar} \end{aligned} \quad (11)$$

### Pèrdues de càrrega del captador

Per poder calcular les pèrdues de càrrega de pressió que es produeixen en el captador, primer de tot tenim de saber quin és el cabal nominal (l/h) de circulació que ens recomana el fabricant del nostre captador. En el cas del nostre captador (Sk500N de Sonnenkraft), el cabal nominal recomanat és de 400 l/h. Un cop sabem aquesta dada, és el moment de trobar la pèrdua de càrrega mitjançant el gràfic de pèrdua de pressió que té cada captador.

En la següent *figura 24* es mostra quina és la corba de pèrdues de càrrega dels diversos captadors solars tèrmics de Sonnenkraft, nosaltres tan sols en tenim de fixar amb la corba del tipus Sk500N (captador en posició vertical).

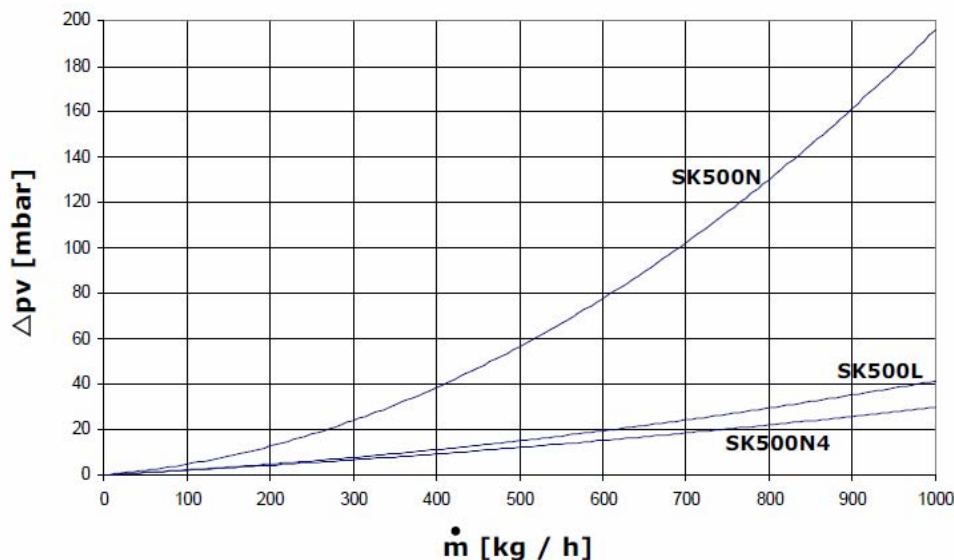


Figura 24: Corba de pèrdua de càrrega en el captador

Un cop ja tenim els valors de cabal nominal del captador en l/h i la corba de pèrdua de pressió anterior, és el moment de veure que les pèrdues de càrrega que es produeixen en el captador Sk500N de Sonnenkraft, són de **40 mbar**.

### Pèrdues de càrrega a l'intercanviador

Com ja s'ha comentat en el decurs del present projecte, l'intercanviador utilitzat en la instal·lació solar tèrmica de producció d'ACS de l'alberg, es troba dintre de l'acumulador, és a dir, es tracta d'un intercanviador de serpenti.

El CTE disposa d'una normativa que fa referència a als intercanviadors de calor interns (incorporats a l'acumulador), aquesta normativa diu el següent: La relació entre la superfície útil d'intercanvi i la superfície total de captació té de ser major de 0,15; per tal complir la normativa.

En les dades tècniques del nostre acumulador *ELBR 750 de Sonnenkraft*, se'ns mostra que la superfície útil d'intercanvi de que disposa el serpenti és de 2,10 m; i la superfície total de captació és de 10,9 m<sup>2</sup>. Per saber si ens trobem dintre de la normativa utilitzarem la següent fórmula:

$$\frac{\text{Súp. Útil Intercanvi}}{\text{Súp. Total Captació}} > 0,15 \rightarrow \frac{2,1}{10,9} = 0,192 \quad (12)$$

Com es pot veure en la fórmula número 12, ens trobem dintre de la normativa que el CTE marca com a correcta.

Un cop ja sabem si ens trobem dintre de la normativa marcada pel CTE, és el moment de diagnosticar quina és la pèrdua de càrrega que es produeix a l'intercanviador de serpenti dintre de l'acumulador. El fabricant Sonnenkraft no mostra en cap dels seus catàlegs tècnics quina és aquesta pèrdua de pressió que es produeix, per tant el que he fet és anar a buscar un altre fabricant d'acumuladors amb serpenti i que tingués el mateix volum que el nostre acumulador. Aquest fabricant es tracta de Lapesa, i en el seu acumulador de 750 litres, les pèrdues de càrrega que es produeixen en el seu serpenti, són d'uns 30 mbar. Per tant, prenem aquests **30 mbar** com a valor de referència de les pèrdues de càrrega en el serpenti (bescanviador).

### Pèrdues de càrrega totals

Les pèrdues de càrrega totals que es produiran al circuit primari de la instal·lació solar tèrmica d'ACS de l'alberg seran la suma de: el total de pèrdues de pressió en les canonades + les pèrdues que s'han produït al captador + les pèrdues de pressió de l'intercanviador.

$$\begin{aligned} \Delta P_{\text{Total Circuit Vari}} &= \Delta P_{\text{Total en canonades}} + \Delta P_{\text{captador}} + \Delta P_{\text{intercanviador}} = \\ &= 74,66 + 40 + 30 = 144,66 \text{ mbar} \end{aligned} \quad (13)$$

Les pèrdues de càrrega de pressió totals que es produiran al circuit primari de la instal·lació solar tèrmica de l'alberg seran de 144,66 mbar.

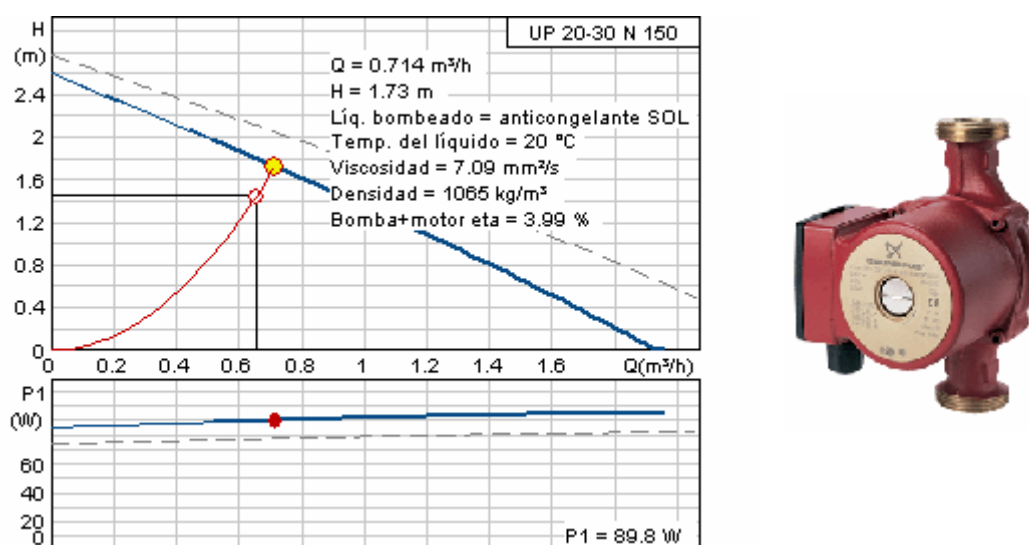
Un cop sabem quines són aquestes pèrdues de càrrega ja podem dimensionar quina serà la bomba utilitzada en el circuit primari.

### 3.1.12.4 Bomba del circuit primari d'ACS

La bomba del circuit primari d'ACS s'ha dimensionat tenint en compte el cabal que aquesta ha de moure pel circuit primari, a més a més de les pèrdues de càrrega que es produeixen en el circuit primari. Els valors anteriorment calculats que he tingut en compte per tal de dimensionar la bomba són els següents:

- Pèrdues en el circuit primari = 144,66 mbar = 0,14466 bar = **1,4466 mca**
- Cabal de la bomba = 654 l/h = **0,654 m<sup>3</sup>/h**

La bomba seleccionada és el model UP 20-30 N 150 de la firma comercial de bombes Grundfos. Tot seguit en la *figura 25* s'observa la corba característica d'aquesta bomba i la visió externa d'aquesta.



**Figura 25:** Corba característica de la bomba i imatge d'aquesta

Com es pot observar en l'anterior imatge, la bomba UP 20-30 N 150 de Grundfos es troba dintre dels paràmetres que la instal·lació hidràulica que l'alberg necessita. Amb color blau es mostren els valors que avarca la bomba, i en color roig es veu que les dades de la nostra instal·lació es troben dintre d'aquest espai, per tant aquesta bomba és adient per a la nostra instal·lació hidràulica. S'ha escollit aquesta bomba per que era la que més s'ajustava als valors de la nostra instal·lació, a més a més era la bomba que menys energia gastava durant l'any i la que treia més bon rendiment.

La bomba utilitzada (UP 20-30 N) és del tipus de ròtor encapsulat, és a dir la bomba i el motor formen una unitat íntegra sense tancament i amb solament dos juntes per al tancament. Els coixinets estan lubricats pel líquid bombejat. La bomba també disposa d'un selector de velocitat amb tres tipus de velocitats (velocitat 1 = 35 W, velocitat 2 = 60 W, velocitat 3 = 90 W). La bomba es caracteritza per disposar de:

- Coixinets radials de ceràmica.
- Coixinet axial de carboni.
- Cos de la bomba de bronze.
- Impulsor resistent a la corrosió en.
- Camisa del ròtor, placa de suport i revestiment del ròtor en acer inoxidable.

### 3.1.12.5 Diàmetre canonades acumulador – sistema auxiliar

Un cop ja sabem quina és la bomba que utilitzarem en el circuit de distribució d'ACS, és el moment de calcular quin serà el diàmetre de les canonades que hi haurà entre l'acumulador d'ACS i el termos elèctric (sistema auxiliar). Aquest termos elèctric es troba situat a un altell a la primera planta de l'alberg, tot just sobre les escales que pugen fins la primera planta de l'alberg (per més detalls veure el plànol 9). Es té de mencionar que les canonades de distribució d'aigua no ens les caldrà dimensionar ja que aquestes ja existeixen. La distància que hi ha entre el l'acumulador d'ACS i el termos és d'uns 10 metres.

Per tal de saber quin serà el diàmetre d'aquestes canonades, primer de tot es té de saber quants punts d'aigua poden estar en servei a la mateixa vegada, això es dur a terme per tal de saber quin serà el cabal volumètric que tindrem. Sabem que hi ha dos zones de serveis a l'alberg, una a la planta baixa i l'altra a la primera planta. En la planta baixa hi ha dos dutxes i quatre aixetes de tancament automàtic, mentre que en la primera planta de l'alberg hi ha dos dutxes i tres aixetes de tancament automàtic; per tant disposem d'onze punts de consum diferents.

Gràcies a diferents fonts que s'han consultat es sap que segons diversos estàndards, el cabal recomanat (l/s) per a una dutxa és de 0,33 l/s, mentre que aquest cabal recomanat és de l'ordre de 0,16 l/s en el cas d'una aixeta de tancament automàtic. Per tant, tenim que:

$$\text{Cabla dutxes} = \text{Núm. dutxes} \cdot \text{cabla unitari} = 4 \cdot 0,33 \text{ l/s} = 1,32 \text{ l/s} \quad (14)$$

$$\text{Cabla aixetes} = \text{Núm. aixetes} \cdot \text{cabla unitari} = 7 \cdot 0,16 \text{ l/s} = 1,12 \text{ l/s} \quad (15)$$

$$\text{Cabla total} = \text{Cabla dutxes} + \text{Cabla aixetes} = 1,32 + 1,12 = 2,44 \text{ l/s} \quad (16)$$

Aquest cabal, però es té de multiplicar per un coeficient de simultaneïtat que s'extreu de la següent fórmula:

$$K_p = \frac{1}{\sqrt{n-1}} \quad (17)$$

On,

$K_p$  = Coeficient de simultaneïtat que es multiplica pel cabal total.

$n$  = Número de serveis = 11

Per tant, utilitzant la fórmula número 17 tenim que el coeficient de simultaneïtat d'aquesta instal·lació és de:

$$K_p = \frac{1}{\sqrt{11-1}} = 0,316 \quad (18)$$

Un cop ja sabem quin és aquest coeficient de simultaneïtat, és el moment de calcular el cabal de la instal·lació corregit per l'anterior coeficient calculat.

$$Cabal\ corregit = Cabal\ total \cdot K_p = 2,44\ l/s \cdot 0,316 = 0,771\ l/s = 2.775,74\ l/h \quad (19)$$

Un cop tenim calculat el cabal volumètric del circuit en l/h podem passar a calcular el diàmetre de les canonades del circuit que va des de l'acumulador d'ACS fins el termos elèctric (sistema auxiliar). Per tal de calcular aquest diàmetre es té de tenir en compte un paràmetre fonamental com és la velocitat del fluid, que en el nostre cas és l'aigua i presenta una velocitat de fluid de 0,7 m/s. Per tal de calcular el diàmetre de les canonades utilitzarem la següent fórmula:

$$D_{can} = 0,5947 \sqrt{\frac{m}{v}} = mm \quad (20)$$

On,

m = cabal volumètric  $l/h$

v = velocitat fluid  $m/sg$

I el resultat de la fórmula 20, és el següent:

$$D = 0,5947 \sqrt{\frac{2775,74}{0,7}} = 37,44\ mm \quad (21)$$

Tal com podem observar en l'anterior resultat de la fórmula 21, el diàmetre normalitzat que utilitzarem per a les canonades que porten l'ACS fins el sistema auxiliar, seran de **42 mm**.

### 3.1.13 Disseny dels elements del circuit de calefacció

En aquest apartat del projecte es dissenyen els elements hidràulics que conformen el circuit d'ajuda al sistema de calefacció de la instal·lació solar tèrmica de l'alberg. Es té de recordar que aquest sistema s'ha adoptat per tal de tenir una solució als problemes de sobrecalfament del sistema que es produïrien en els mesos d'hivern, que és quan el consum d'ACS és molt reduït. Gràcies a aquest sistema es podrà ambientar uns graus de temperatura part de l'alberg (primera planta) d'una forma gratuïta.

Es disposarà d'unes vàlvules entre el sistema de captació i el d'acumulació del sistema d'ACS (veure plànol 10), per tal d'utilitzar el sistema que ens sigui més convenient segons l'època de l'any en la qual ens trobéssim (a l'hivern el fluid termòfor circularia pel sistema de calefacció i a l'estiu o quan hi hagi ocupació a l'alberg s'escalfaria l'ACS) o la necessitat que tinguéssim. En l'actualitat existeix una caldera de gas-oil a les instal·lacions de l'alberg, per tant aquesta, tan sols funcionaria si el responsable de l'alberg ho volgués. Gràcies al fet de poder aprofitar l'energia generada als captadors per tal de distribuir-la per part del circuit de calefacció de l'edifici, també es reduiria la despesa econòmica amb aquesta font d'energia no renovable.

#### 3.1.13.1 Intercanviador de calor

L'intercanviador o bescanviador de calor extern del circuit de calefacció, com ja s'ha mencionat en el decurs del present projecte, és l'element encarregat de transferir l'energia generada als captadors solars fins al sistema de distribució de calefacció de l'alberg.

A diferència del circuit d'ACS on disposem d'un bescanviador intern de serpenti, en el cas del circuit de calefacció es disposa d'un bescanviador independent. El CTE dóna una sèrie de mesures que es tenen de seguir: La potència mínima de l'intercanviador ( $P$ ), es determinarà per les condicions de treball en les hores centrals del dia suposant una radiació solar de  $1000 \text{ W/m}^2$  i un rendiment de la conversió d'energia solar a calor del 50 %; tot complint-se la condició:

$$P \geq 500 \cdot A \quad (22)$$

On,

$P$  = Potència mínima de l'intercanviador (W)

$A$  = Àrea de captació ( $\text{m}^2$ )

Per tal de poder calcular quina serà la potència mínima que té de tenir el bescanviador de calor per que el sistema d'ajut al sistema de calefacció funcioni correctament, es té de recordar que l'àrea de captació és de  $10,9 \text{ m}^2$ . Tot utilitzant la fórmula 22 sabem que la potència mínima del l'intercanviador serà de:

$$P = 500 \cdot 10,9 = 5.450 \text{ W} \quad (23)$$

Per tant, la potència mínima que l'intercanviador té de tenir per que la instal·lació funcioni correctament és de 5.450 W. S'escull l'intercanviador extern **A26-24H** de l'empresa Wagner & Co que té una potència de 8,4 kW. En la següent *figura 26* s'observen les diverses característiques de bescanviador utilitzat.

Platten-Wärmetauscher	Solarkreis		
Typ	A26-18H	A26-24H	A51-20H
Bestell-Nr.	14010140	14010141	14010142
Leistung (kW)	4,2	8,4	12,6
Auslegung max. Kollektorfläche (m <sup>2</sup> )	10	20	30
Temperatur/primär (°C)	50-40	50-40	50-40
Temperatur/sekundär (°C)	35-45	35-45	35-45
Druckverlust/primär (mbar = hPa)	12	27	117
Druckverlust/sekundär (mbar = hPa)	12	25	114
Volumenstrom/primär (m <sup>3</sup> /h)	0,395	0,790	1,180
Volumenstrom/sekundär (m <sup>3</sup> /h)	0,362	0,724	1,090
Flüssigkeitsinhalt: primär/sekundär (l)	0,5/0,4	0,6/0,6	0,9/0,8
max. Betriebsdruck (bar)	27	27	30
max. Betriebstemperatur (°C)	225	225	225
Länge mit Isolierung (mm)	350	350	570
Breite mit Isolierung (mm)			
Höhe mit Isolierung (mm)	108	108	122
Gewicht (kg)	3,5	4,3	6,5
Anschluss: Außengewinde, flachdichtend			

Figura 26: Característiques tècniques del bescanviador A26-24H

### 3.1.13.2 Cabal de la bomba i diàmetre de les canonades

En el circuit d'ajuda a calefacció, tal com s'observa en el plànol número 10, hi ha dues bombes de circulació. La primera d'aquestes es tracta de la mateixa bomba que impulsa i fa que circuli el fluid termòfor pel circuit tancat del primari i escalfa l'ACS. La segona d'aquestes bombes (veure plànol 10) es troba a la dreta de l'intercanviador de calor extern i aquesta serà l'encarregada de moure el fluid per part del circuit tancat de radiadors que hi ha a l'alberg.

Per tant, el cabal d'aquestes dues bombes serà el mateix, ja que realitzant la funció d'escalfar l'ACS o la funció d'escalfar part de l'alberg, els litres per hora que tindran de circular per aquestes dues bombes serà de **654 l / h** (per mirar els càlculs veure l'apartat 3.1.12.1).

Si es sap que el cabal de la bomba és l'anterior, el diàmetre de les canonades d'aquest circuit també serà el mateix, ja que com ja s'ha vist en el punt 3.1.12.2, el diàmetre de les canonades és en funció del cabal volumètric de la bomba (l / h) i de la velocitat del fluid, que en el nostre cas aquests valors són els mateixos. Per tant el diàmetre de les canonades del sistema d'ajuda a la calefacció també serà de **22 mm**.

### 3.1.13.3 Pèrdua de pressió en el circuit de calefacció

El que sí que succeirà en el circuit de calefacció, és que hi hagi un petit augment de la pèrdua de càrrega o pressió en aquest circuit. Aquesta pèrdua ve produïda pel fet de que disposéssim d'un altre bescanviador (extern) de calor que farà augmentar les pèrdues de pressió en aquest circuit. Aquest intercanviador de calor extern es troba situat a la mateixa sala on es troben l'acumulador i els elements de control i regulació de la instal·lació solar tèrmica.

Un bescanviador de calor extern, produeix dos tipus de pèrdues de pressió, una en el circuit primari (anterior a l'intercanvi de calor) i l'altra en el circuit secundari (posterior a l'intercanvi de calor). Per tant, les pèrdues anteriors a l'intercanvi de calor es tenen de sumar a les pèrdues que es produeixen en les canonades, els capadors i l'intercanviador (intern) del sistema d'acumulació i que ens serveixen per tal de dimensionar correctament la bomba 1 (anterior a l'intercanvi). En canvi, les pèrdues posteriors a l'intercanvi tan sols es tenen de tenir en compte per a l'elecció de la bomba que hi ha llavors de l'intercanviador de calor (bomba 2), a més a més de les pertinents pèrdues en les canonades i els accessoris d'aquell recorregut; i que és l'encarregada de moure el fluid pel sistema de radiadors de l'alberg.

#### Pèrdua de pressió bomba 1

Per tal de saber si la bomba que hem escollit en anterioritat pel sistema d'ACS ens serveix per que també faci les funcions en el cas que es vulgui escalfar l'alberg, es tenen de sumar a les pèrdues de càrrega ja calculades en l'apartat 3.1.12.3 a les que produeix el bescanviador de calor abans de que es produeixi l'intercanvi de calor (circuit primari). Aquestes pèrdues es poden observar en la *figura 26* i sota la denominació de "druckverlust primar" (pèrdues del primari), les quals tenen en el bescanviador seleccionat un valor de **27 mbar**, és a dir 0,027 bar, i per tant **0,27 mca** (mil·límetres de columna d'aigua). Per tant tenim les següents pèrdues per pressió que afecten al dimensionament de la bomba 1.

$$\begin{aligned} \Delta P_{Total\ Circuit\ ACS + calefacció} &= \Delta P_{Total\ en\ canonades} + \Delta P_{captador} + \\ &+ \Delta P_{int\ercambiador\ int\ ern} + \Delta P_{int\ercambiador\ extern} = \\ &= 74,66 + 40 + 30 + 27 = 171,66\ mbar \end{aligned} \quad (24)$$

Un cop calculat aquest nou valor (171,66 mbar = 1,7166 mca), podem saber si es pot aprofitar el mateix tipus de bomba circulatòria de fluid tant pel sistema de producció d'ACS com pel sistema de distribució de calefacció per part dels radiadors de l'alberg.

Tal com es podrà observar en la següent *figura 27*, es pot aprofitar aquesta mateixa bomba UP 20-30 N 150 de Grundfos pels dos casos anteriorment esmentats. Ja que tot i l'augment de pèrdua de càrrega que ha sofert el circuit amb l'intercanviador extern, aquesta augment no és tant significatiu com per canviar la bomba. Com es pot veure, com ja s'ha mencionat el cabal de circulació serà el mateix, però les pèrdues augmenten un poc 27 mbar, però encara ens trobem dintre dels barems de treball de la bomba UP 20-30 N 150.

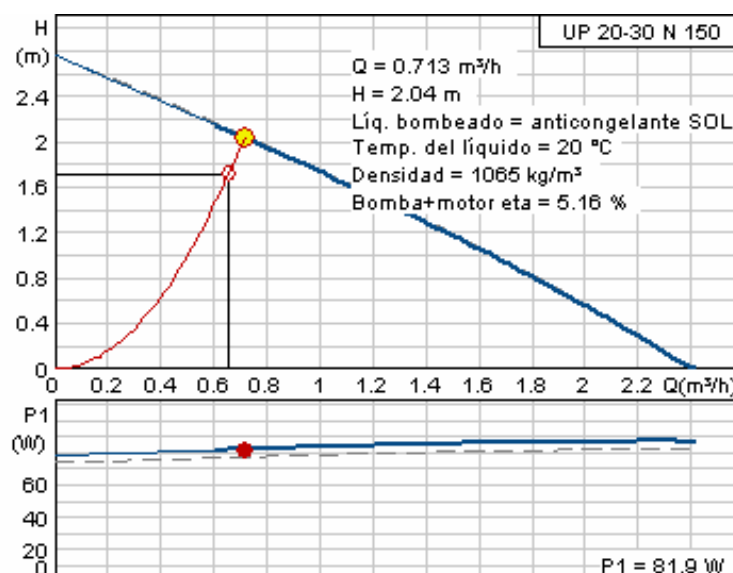


Figura 27: Corba característica amb la nova pèrdua de càrrega

## Pèrdua de pressió bomba 2

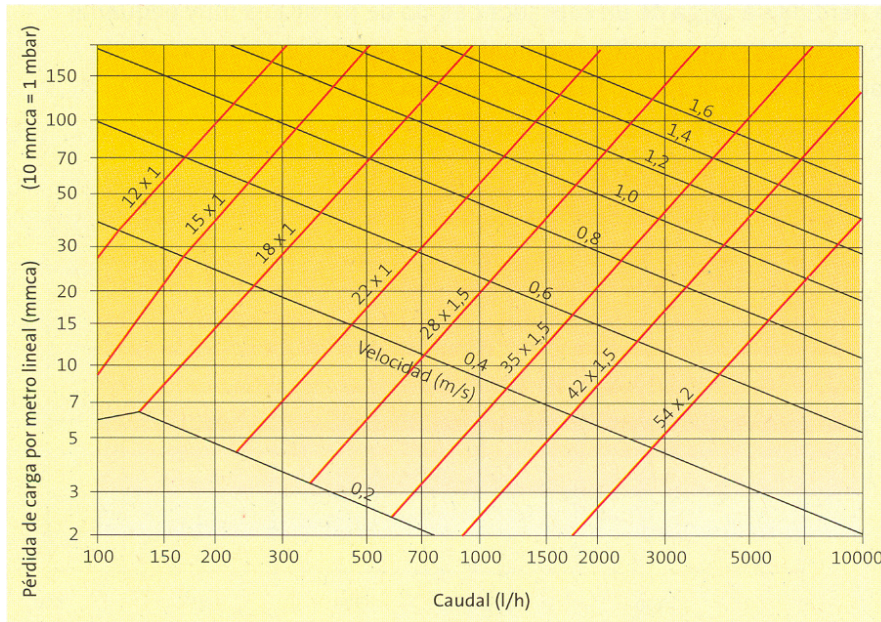
La pèrdua de pressió de la bomba 2 (bomba posterior a l'intercanvi de calor), serà la suma de la pèrdua de pressió en el tram de les canonades i accessoris que va des de l'intercanviador extern fins als radiadors més les pèrdues que es produiran en el secundari de l'intercanviador extern; en el cas de la bomba 2 no es tindrà en compte les pèrdues de càrrega ni dels captadors ni del bescanviador intern ja que no ens afecten.

### ➤ Canonades

Per tal de saber quines són les pèrdues de càrrega en les canonades del circuit posterior a l'intercanviador extern de calor, primer de tot tenim de saber que la pèrdua de pressió màxima que poden tenir aquestes és inferior als 6 mbar/m (< 6mbar/m).

Per saber si les nostres canonades es troben per sota d'aquesta xifra, és necessari comprovar-ho en una taula (veure figura 28), en la qual conflueixen varies variables que ens permeten determinar la pèrdua de càrrega per metre lineal (mmca) que es produirà en la nostra instal·lació de calefacció. En aquesta figura i estan representats les variables: cabal, velocitat del fluid i diàmetre exterior normalitzat de la canonada. Disposem dels següents valors:

Cabal de la bomba = 654 l / h  
Velocitat de fluid = 0,7 m / s  
Diàmetre de canonada = 22 mm



**Figura 28:** Pèrdua de càrrega per metre lineal (mmca)

Si es va a la *figura 28* amb els valors anteriorment comentats el procediment a seguir és el següent: primer de tot tenim d'agafar el valor del cabal de la bomba (654 l/h) i pujar cap amunt fins que es tallin les línies de velocitat (la velocitat de 0,7 m/s es trobarà a la meitat de la de 0,6 i 0,8) i la del diàmetre (22 mm). En el punt en que es tallin aproximadament, llavors es té de mirar a l'eix d'ordenades (y) on es troben representats els valors de pèrdua de càrrega per metre lineal en mmca; com podem observar el valor en que es troba el sistema de canonades és d'aproximadament uns **40 mmca**, el que són **4 mbar** de pèrdua de càrrega (10 mmca = 1 mbar), per tant les canonades del circuit de calefacció es troben dintre de la normativa que fa referència a que aquestes tenen de tenir una pèrdua de pressió menor als 6 mbar/m.

Aquest valor anteriorment calculat es tracta de la pèrdua de càrrega per metre lineal de canonada, per tant per tal de saber quina és la pèrdua de pressió en el circuit de calefacció es té de multiplicar per la longitud de les canonades d'aquest circuit. La longitud del circuit és de 25 metres, ja que tan sols s'escalfarà la primera planta de l'alberg, ja que el calor igualment que l'aigua quan s'escalfa tendeix a tirar cap amunt.

Longitud del circuit de distribució de calefacció = 25 m

Pèrdues de pressió circuit primari = 4 mbar/m

$$\Delta P_{\text{Canonades distr. calefacció}} = \Delta P_{\text{metre de canonada}} \cdot L = 4 \cdot 25 = 100 \text{ mbar} \quad (25)$$

En conclusió, les pèrdues de pressió que es produiran en les canonades de distribució del circuit de calefacció seran de 100 mbar.

➤ **Accessoris**

En el circuit de distribució de calefacció, a part de les ja calculades pèrdues de càrrega en les canonades, també existeixen pèrdues en els diversos accessoris que

conformen una instal·lació solar tèrmica, aquests accessoris són vàlvules, colzes... Aquestes pèrdues es calculen mitjançant la següent fórmula:

$$\Delta P_{\text{Accessoris distr. calefacció}} = \frac{1}{3} \cdot \Delta P_{\text{Canonades distr. calefacció}} = \frac{1}{3} \cdot 100 = 33,33 \text{ mbar} \quad (26)$$

Les pèrdues de càrrega que es produiran en les canonades de distribució de calefacció degut als diversos accessoris serà de 33,33 mbar.

#### ➤ Pèrdues de càrrega de pressió totals canonades

Un cop tenim calculades les pèrdues de pressió a les canonades i als accessoris, ja podem sumar-les per tal de saber quina és la pèrdua de càrrega total de pressió en les canonades del circuit de distribució de calefacció de la instal·lació solar tèrmica de l'alberg. La fórmula que utilitzem és la següent:

$$\begin{aligned} \Delta P_{\text{totals en canonades}} &= \Delta P_{\text{canonades distr. calefacció}} + \Delta P_{\text{Accessoris distr. calefacció}} = \\ &= 100 + 33,33 = 133,33 \text{ mbar} \end{aligned} \quad (27)$$

#### ➤ Pèrdues de càrrega bescanviador extern

Les pèrdues de càrrega de pressió en el secundari del bescanviador extern es poden veure en la *figura 26* amb la referència “druckverlust sekundar”, que són les pèrdues de pressió en el circuit secundari. Aquestes pèrdues són d'un valor de **25 mbar**, és a dir 0,025 bar, i per tant **0,25 mca**.

#### ➤ Pèrdues totals en el circuit de distribució de calefacció

Les pèrdues totals que es produeixen en el circuit de distribució de calefacció de la instal·lació de l'alberg i que ens permetran dimensionar la bomba que ha de moure el fluid pel aquest circuit, tenen els següents valors:

$$\begin{aligned} \Delta P_{\text{totals}} &= \Delta P_{\text{totals en canonades}} + \Delta P_{\text{bescanviador extern}} = \\ &= 133,33 + 25 = 158,33 \text{ mbar} \end{aligned} \quad (28)$$

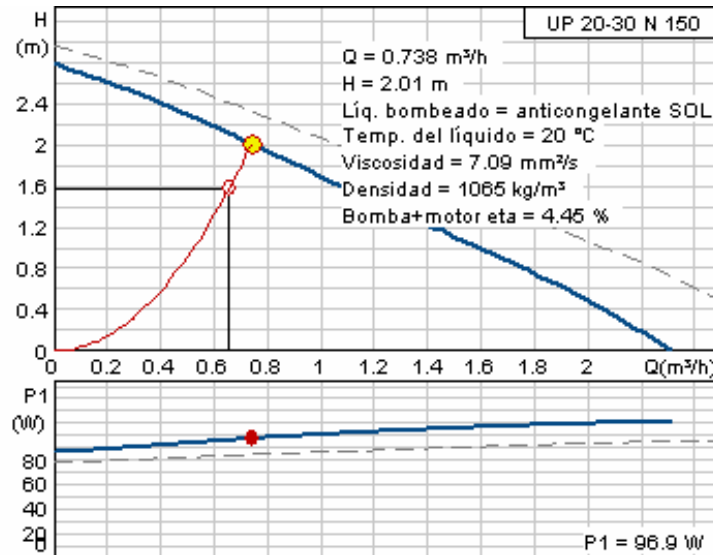
#### 3.1.13.4 Bomba del circuit de calefacció

Una vegada ja es tenen calculades les pèrdues totals en el circuit de distribució de calefacció i sabent el cabal que aquesta bomba ha de moure per aquest circuit, ja es pot dimensionar la bomba més adequada per realitzar aquesta funció.

Els valors anteriorment calculats que he tingut en compte per tal de dimensionar la bomba són els següents:

- Pèrdues en el circuit de distribució de calefacció = 158,33 mbar = 0,15833 bar = **1,5833 mca**
- Cabal de la bomba = 654 l/h = **0,654 m<sup>3</sup>/h**

La bomba seleccionada (igualment que l'altra bomba) és el model UP 20-30 N 150 de la firma comercial de bombes Grundfos. Tot seguit en la *figura 29* s'observa la corba característica d'aquesta bomba.



**Figura 29:** Corba característica de la bomba

### 3.1.14 Elements de seguretat de la instal·lació

Els elements de seguretat de la instal·lació seran els vas d'expansió, les pertinents vàlvules de seguretat dels circuits primari i secundari, i els purgadors d'aire.

#### 3.1.14.1 Càlcul del vas d'expansió

Tal com ja s'ha explicat més detalladament en la memòria del projecte, el vas d'expansió es tracta d'un element utilitzat en els circuits d'ACS i calefacció per tal d'absorbir l'augment de volum que es produeix a l'expandir-se, per calentament, el fluid que transcorre pel circuit.

Per tal de poder calcular el volum del vas d'expansió, anteriorment tenim de saber les següents dades:

#### Volum dels captadors

El volum dels captadors el calcularem multiplicant el contingut de fluid que hi pot haver dintre del nostre captador (1,6 litres) pel nombre de captadors que tinguéssim en la instal·lació solar (5 captadors).

$$\text{Volum Captadors} = \text{Contingut de fluid unitari} \cdot \text{Núm captadors} = 1,66 \cdot 5 = 8,31 \quad (29)$$

### Volum de les canonades

El volum de les canonades és en funció de la longitud i el diàmetre d'aquestes, recordem que el diàmetre normalitzat de les nostres canonades és de 22 mm i la longitud de les canonades és de 14 metres. En la següent *figura 30* es veu quin és el volum unitari (l/m) d'una canonada de diàmetre 22 mm de coure (volum unitari = 0,311) i el volum total de les canonades és de 4,35 litres.

#### 3 Volumen agua tuberías de cobre

Diàmetro (mm)	Longitud (m)	Volumen unitario (l/m)	Volumen total (l)
12	0	0,093	0,00
15	0	0,151	0,00
16	0	0,254	0,00
22	14	0,311	4,35
26	0	0,531	0,00
35	0	0,809	0,00
42	0	1,15	0,00
54	0	2,03	0,00
63	0	3,09	0,00
80	0	4,4	0,00
100	0	7,73	0,00

Figura 30: Volum de les canonades

$$Volum\ Canonades = Volum\ unitari_{(Diàmetre\ 22mm)} \cdot longitud = 0,311 \frac{l}{m} \cdot 14m = 4,354\ l \quad (30)$$

### Volum de l'intercanviador intern de serpenti

El volum de l'intercanviador de serpenti és de 13,2 litres, aquest valor s'ha extret de la documentació tècnica de l'acumulador solar *ELBR 750* de *Sonnenkraft*.

### Volum de l'intercanviador extern

El volum del primari de l'intercanviador extern es pot observar en la *figura 26* on es pot observar quin aquest volum. Aquest valor és de 0,6 litres "Flussigkeitsinhalt primar".

### Volum total de la instal·lació

El volum total de la instal·lació és la suma dels quatre volums anteriorment calculats: el dels captadors, el de les canonades, el de l'intercanviador de serpenti i l.

$$V_{Total} = V_{Captadors} + V_{Canonades} + V_{intercanviador\ intern} + V_{intercanviador\ extern} = 8,3 + 4,354 + 13,2 + 0,6 = 26,454\ l \quad (31)$$

Un cop ja sabem el volum total de la instal·lació procedirem al càlcul del volum del vas d'expansió. Això ho realitzarem mitjançant les formules següents:

$$V_{Vas\ Expansió} = V_d \cdot \left( \frac{P_{\max} + 1}{P_{\max} - P_{tr}} \right) = \text{litres} \tag{32}$$

$$V_d = V_{captador} + 0,1 \cdot V_{Total} = 8,3 + 0,1 \cdot 26,454 = 10,9454\ l \tag{33}$$

$$P_{est} = h \cdot 0,1 \frac{\text{bar}}{\text{m}} = 4,5 \cdot 0,1 = 0,45\ \text{bar} \tag{34}$$

On,

h = Altura manomètrica

$$P_{tr} = 0,5\ \text{bar} + P_{est} = 0,5 + 0,45 = 0,95\ \text{bar} \tag{35}$$

$$P_{\max} = P_{macVS} - 0,3\ \text{bar} = 6 - 0,3 = 5,7\ \text{bar} \tag{36}$$

Un cop calculades aquestes expressions, ja podem calcular seguint la fórmula 32 el volum que tindrà de tenir el nostre vas d'expansió.

$$V_{Vas\ Expansió} = 10,9454 \cdot \left( \frac{5,7 + 1}{5,7 - 0,95} \right) = 15,43\ l \tag{37}$$

Tal com es podrà observar en la següent figura 31, el volum del vas d'expansió normalitzat de que disposarem en la instal·lació solar tèrmica de l'alberg és de 18 litres.

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y DIMENSIONES**

Código	Tipo	Capacidad lts.	Presión máx. trabajo bar	Dimensiones aproximadas		Conexión de agua Ø	Presión precarga bar	Dimensiones del embalaje mm
				D (mm)	H (mm)			
AC 04 041	5 AMR-B	5	10	200	245	3/4"	3	200x200x245
AC 04 042	8 AMR-B	8	10	200	345	3/4"	3	200x200x345
AC 04 043	11 AMR-B	11	10	270	320	3/4"	3	270x270x320
AC 04 044	18 AMR-B	18	10	270	420	3/4"	3	270x270x420
AC 04 045	25 AMR-E-B	24	8	350	410	1"	3	350x350x415

Figura 31: Característiques del vas d'expansió

El vas d'expansió seleccionat es tracta del model **18 AMR-B** del fabricant Salvador Escoda.

### 3.1.14.2 Vàlvules de seguretat

Pel que fa referència a la instal·lació de les vàlvules de seguretat en la instal·lació solar tèrmica de l'alberg, es té de mencionar que d'aquestes n'hi haurà dos, una en el circuit primari i l'altra en el circuit secundari.

#### Circuit Primari

La vàlvula de seguretat del circuit primari ve determinada per les pèrdues de càrrega o pressió que tinguéssim en el circuit. En el cas de la nostra instal·lació, i tal com s'ha calculat en l'apartat 3.1.13.3 les pèrdues de càrrega màxima són de 171,66 mbar.

Per tal d'escollir la vàlvula de seguretat adient, es disposa d'una taula on, en funció del valor de les pèrdues de càrrega del primari, ens diuen que utilitzéssim una vàlvula de seguretat. Aquesta taula es pot observar seguidament en la *figura 32*.

<b>Pressió de Treball (Bar)</b>	1	1,5	3	6
<b>Pressió vàlvula de seguretat (Bar)</b>	2,5	4	6	10

**Figura 32:** Taula de pressió de seguretat en el circuit primari

Com que en el circuit primari de la nostra instal·lació la pèrdua de càrrega és inferior a 1 bar ( $171,66 \text{ mbar} < 1 \text{ bar}$ ), escollim com a pressió de la vàlvula de seguretat del circuit primari 2,5 bar.

#### Circuit Secundari

La vàlvula de seguretat del circuit secundari sempre estarà regulada a una pressió mínima de 6 bar, per tant adoptem aquest valor com a vàlvula de seguretat.

### 3.1.14.3 Purgador d'aire

Els purgadors d'aire s'instal·laran en els punts alts de la sortida de la bateria de captadors i en aquells altres punts de la instal·lació on s'hagi pogut quedar aire acumulat (acumulador), es col·locaran sistemes de purga constituïts per flascons de desaireig i purgador manual o automàtic.

### 3.1.15 Sistema de regulació i control

El sistema de regulació i control, com ja s'ha comentat en la memòria, es tracta del sistema que ens assegurarà el correcte funcionament de les instal·lacions, procurant obtenir un bon aprofitament de l'energia solar captada i assegurant un ús adequat de

l'energia auxiliar. El sistema de regulació i control, tindrà el control del funcionament dels circuits i els sistemes de protecció i seguretat contra sobrecalfaments, gelades...

En la nostra instal·lació solar tèrmica, al tenir una circulació forçada, el control de funcionament normal de les bombes del circuit dels captadors, tindrà de ser sempre del tipus diferencial, i com que en la nostra instal·lació hi ha un dipòsit d'acumulació solar, aquest sistema de regulació i control, tindrà d'actuar en funció de la diferència de temperatura del fluid termòfor a la sortida de la bateria de captadors i a la sortida del dipòsit d'acumulació. El sistema de control actuarà i estarà ajustat de manera que les bombes no estiguin en funcionament quan la diferència de temperatures sigui menor de 2 °C, i no estiguin aturades quan la diferència sigui major de 7 °C. La diferència de temperatures entre els punts d'engegada i parada del termòstat diferencial no serà menor que 2 °C.

El sistema de regulació i control que utilitzarem en la nostra instal·lació solar tèrmica, es tracta de la centraleta solar **SKSC3** del fabricant Sonnenkraft. Aquesta centraleta de control disposa de: control de 3 circuits, 3 sortides amb regulació de rev. I una sortida lliure de potència, 8 entrades de sensos i 13 conceptes seleccionables de la instal·lació (volum de subministrament: 6 sondes).

Les diverses opcions que pot consultar aquesta centraleta solar, són les següents: funció de temperatura excessiva i de temperatura mínima, sol·licitud d'actuar del sistema auxiliar, desconnexió d'emergència del captador, funció contra la legionel·la, opcionalment calorímetre i mesura de la radiació global, anàlisi automàtic d'errades del sistema, funció de recirculació integrada i compatible amb connexió bus. En la següent *figura 33* es visualitza una imatge de la centraleta solar SKSC3 de Sonnenkraft.



**Figura 33:** Centraleta solar SKSC3

### 3.1.16 Sistema energètic auxiliar

El sistema energètic auxiliar utilitzat en la instal·lació solar tèrmica, es tracta d'un termos elèctric que ja existeix a l'alberg, i que fins ara és l'encarregat d'escalfar l'aigua per tal de que els usuaris de l'alberg es puguin dutxar, escurar...

Aquest termos elèctric té una capacitat de 100 litres i una potència de 3000 W. Com ja s'ha explicat en la part d'anàlisi de solucions de la memòria descriptiva, també hi havia la possibilitat d'utilitzar com a sistema auxiliar la caldera de gas-oil que actualment hi ha a l'alberg i que alimenta l'aigua que circula pel sistema de calefacció de l'edifici. Aquesta última alternativa, però no es va considerar oportuna ja que, en la majoria de mesos de l'any tenim una bona aportació solar i l'actual sistema (termos

elèctric) pot subministrar correctament la demanda d'aigua calenta que hi ha anualment a l'alberg. A més a més un cop instal·lat el sistema solar tèrmic aquest termos elèctric no funcionarà molt (tan sols quan les condicions meteorològiques no permetin generar energia al sistema de captació) i per tant el seu consum serà poc comparat amb l'actual.

Més concretament el termos elèctric que s'utilitzarà com a sistema energètic auxiliar és el model NILO del grup Fleck. En la següent *figura 34* es mostra el termos elèctric NILO.



**Figura 34:** Termos elèctric NILO

El termos elèctric NILO, està recobert amb un sistema SPS i l'efecte Joule es produeix amb una resistència envainada. Aquest termos ha estat reconegut com el millor escalfador del mercat. El "nilo" disposa d'una protecció rilsanitzada, la única capaç d'assegurar un màxim nivell d'estabilitat i higiene. Als beneficis del "rilsan", el "nilo" aporta una resistència ceràmica envainada, la qual redueix la adhesió de calç i pot ser fàcilment controlada sense la necessitat de buidar el producte. Per tal d'aconseguir la màxima flexibilitat de treball, el "nilo", també es presenta en multiposició per tal d'adaptar-se bé amb posició vertical o bé amb posició horitzontal. Es té de recordar que aquest termos elèctric es troba situat sobre un altell en la primera planta de l'alberg, tot just sobre les escales que pugen fins aquesta planta de l'alberg (es pot veure representat en el plànol 9).

### **3.1.17 Aïllament de les canonades**

Per poder aïllar correctament les canonades de la instal·lació solar tèrmica de l'alberg, tenim de recórrer a les taules que ens proporciona el RITE sobre els espessors mínims d'aïllament (mm) de canonades i accessoris que transporten fluids calents per l'interior dels edificis.

Es té de recordar que el diàmetre de les canonades utilitzades en la instal·lació de l'alberg eren de 22 mm de diàmetre. En la *figura 35* es veu representada aquesta taula que ens proporciona el RITE sobre aïllaments.

Tabla 1.2.4.2.1: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el interior de edificios

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido ( °C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
$D \leq 35$	25	25	30
$35 < D \leq 60$	30	30	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40
$90 < D \leq 140$	30	40	50
$140 < D$	35	40	50

**Figura 35:** Taula d'espessors mínimes d'aïllament

Com que la nostra instal·lació té un diàmetre exterior inferior a 35 mm i la temperatura màxima del fluid al transcórrer per les canonades es trobarà entre els 40 i els 60 °C, l'espessor mínim d'aïllament serà de 25 mm. En el cas de la nostra instal·lació tèrmica, s'ha adoptat, però, un gruix d'aïllament superior; aquest gruix serà de **40 mm**. El fet de que s'hagi adoptat aquesta mesura, és per què tant la temperatura de xarxa de l'aigua com la temperatura ambient de l'alberg és bastant baixa, i per això i degut a que l'aïllament tèrmic no es especialment car s'ha adoptat per tirar endavant aquesta mesura, que segurament al cap del temps ens repercutirà positivament en quan al descens de l'energia perduda en les canonades.

### 3.1.18 Estudi de viabilitat econòmica

Un cop ja tenim del tot dimensionat i disposem de la partida de pressupost de la nostra instal·lació solar tèrmica és l'hora de fer l'estudi de viabilitat econòmica, que serà l'encarregat de fer-nos veure si la instal·lació és o no rentable.

L'estudi que es realitza serà un estudi de recuperació de la inversió, és a dir, un cop calculat el pressupost de la inversió de la instal·lació solar tèrmica, després mirarem el temps que tardem en recuperar aquesta inversió amb l'energia que hem aprofitat però que no l'hem pagada (energia coberta pels captadors).

Les dades fonamentals per tal de que es pugui realitzar aquest estudi econòmic són les següents:

Pel que fa al pressupost total de la partida de la instal·lació solar tèrmica aquest ascendeix a la quantitat de dotze mil dos-cents cinquanta-quatre euros amb noranta-quatre cèntims (12.254,94 €), més detalls en l'apartat de pressupostos (7).

En quan a l'estalvi energètic que aconseguim gràcies a la instal·lació tèrmica de l'alberg, podem dir que la producció energètica del sistema d'ACS és de 7.636 kWh/any (producció solar del camp, veure simulació TRANSOL); mentre que el preu de l'energia substituïda (el sistema de producció d'ACS substituirà a l'actual sistema d'escalfament de l'aigua, el qual es tracta d'un termos elèctric) és de 0,112480 €/kWh,

que es tracta de la tarifa de l'any 2009 que té la companyia elèctrica a la qual es contracta el servei per alimentar elèctricament l'alberg per a instal·lacions no superiors als 10 kW de potència contractada (actualment l'alberg té una potència contractada de 5.750 W).

$$\begin{aligned} \text{Estalvi Energètic} &= \text{Producció energètica (kWh/any)} \cdot \text{Preu energia substituïda (€/kWh)} = \\ &= 7.636 \frac{\text{kWh}}{\text{any}} \cdot 0,112480 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 858,89 \text{ €/any} \end{aligned} \quad (38)$$

Un cop ja disposem dels valors del pressupost total i de l'estalvi energètic anual, ja podem calcular quin serà el temps necessari en recuperar la inversió. Aquest càlcul de retorn de la inversió es realitzarà mitjançant un full de càlcul econòmic adequat a les instal·lacions solars tèrmiques.

Tenim de tenir en compte que en el cas de la nostra instal·lació solar tèrmica, com que l'alberg ja es troba construït, podem optar a la subvenció que ens ofereix l'ICAEN i que és del valor d'un 37% del pressupost inicial (4.534 €), fet que ens ajudarà a recuperar la nostra inversió amb un menor període de temps.

En aquest estudi s'ha considerat el cost d'oportunitat en un valor del 4,5 %, aquest valor es pren tenint com a referència els bons de l'estat més un 1 o 2 % més. La taxa de creixement anual (inflació) del cost de l'energia convencional es valora en un 5 %.

La legislació contempla deduccions fiscals per a les inversions en energies renovables. Com que aquest fet representarà un estalvi en els impostos, es té de tenir en compte en el moviment de fons, encara que aquest fet es produirà tan sols en el primer any. D'acord amb el Real Decret legislatiu 4/2002 sobre l'impost de Societats, la deducció fiscal en aquest tipus d'instal·lacions és del 10 % de l'import de la inversió no subvencionada (772 €).

El cost del manteniment d'aquest tipus d'instal·lació, s'ha considerat d'un 0,05 % de la inversió realitzada (61 €/any), ja que aquest tipus d'instal·lacions gairebé no requereixen cap tipus de manteniment durant la seva vida útil.

Les amortitzacions de la instal·lació s'han considerat a 10 anys, és a dir, en aquest període de temps es tindrà d'abonar a l'entitat que ens hagi subministrat l'hipotètic crèdit la quantitat de diners que ens ha deixat per pagar la instal·lació.

Finalment, el VAN (Valor Actual Net) serà de 7.228 €, el valor del TIR (Taxa Interna de Rendibilitat) serà del 12,19 % i el VIR del 0,94 %.

Tal com es podrà observar en les posteriors imatges, el retorn de la inversió que tindriem de la instal·lació solar tèrmica de l'alberg serà de deu anys, ja que a partir d'aquest període (color verd) el moviment de fons actualitzat acumulat és positiu. Per tant, com a conclusió, i tenint en compte que la vida útil d'una instal·lació d'aquestes característiques és de 25 anys, podem afirmar que es tracta d'una bona inversió; ja que a partir d'aquests 10 anys sols tindriem de pagar aquella energia elèctrica que consumiria l'equip auxiliar (termos elèctric) de l'alberg.

**PROJECTE:**

**Instal·lació solar tèrmica de l'alberg**

	ANY	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4,5 % act.		1,0000	0,9569	0,9157	0,8763	0,8386	0,8141	0,7904	0,7674	0,7451	0,7234	0,7023
5 % inflació		1,0000	0,9524	0,9070	0,8638	0,8227	0,7835	0,7462	0,7107	0,6768	0,6446	0,6139

INV.NOMINAL	€	-12.255										
INV. NOM.ACUMUL.	€	-12.255										
INV.REAL	€	-12.255										
INV.REAL.ACUM.	€	-12.255										
<b>FONS ABSORBIT</b>		<b>-12.255</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Estavi	Kwh	7.636										
Preu	€/kwh	0,11248										
Deducció Fiscal *		772,065										
<b>INGRESOS</b>	€	<b>4.534</b>	<b>902</b>	<b>947</b>	<b>994</b>	<b>1.044</b>	<b>1.096</b>	<b>1.151</b>	<b>1.209</b>	<b>1.269</b>	<b>1.332</b>	<b>1.399</b>
Energ auxiliar PF=50	€	17,177946	18	19	20	21	22	23	24	25	27	28
MTM (0,05%)	€	61,275	64	68	71	74	78	82	86	91	95	100
Amortitzacions(10 anys) s/	€	<b>7.721</b>	772	772	772	772	772	772	772	772	772	772
<b>BaII</b>	€		47	88	131	177	224	274	326	381	439	499
Impost 33%	€		16	29	43	58	74	90	108	126	145	165
<b>BDI*</b>	€		32	59	88	118	150	183	218	255	294	334
<b>FONS GENERAT *</b>	€	<b>4.534</b>	<b>804</b>	<b>831</b>	<b>860</b>	<b>890</b>	<b>922</b>	<b>956</b>	<b>991</b>	<b>1.027</b>	<b>1.066</b>	<b>1.107</b>
<b>MOVIMENT FONS</b>	€	<b>-7.721</b>	<b>1.576</b>	<b>831</b>	<b>860</b>	<b>890</b>	<b>922</b>	<b>956</b>	<b>991</b>	<b>1.027</b>	<b>1.066</b>	<b>1.107</b>
<b>MFAct.</b>	€	<b>-7.721</b>	<b>1.508</b>	<b>761</b>	<b>754</b>	<b>747</b>	<b>751</b>	<b>755</b>	<b>760</b>	<b>765</b>	<b>771</b>	<b>777</b>
<b>MFActAcum</b>	€	<b>-7.721</b>	<b>-6.213</b>	<b>-5.451</b>	<b>-4.698</b>	<b>-3.951</b>	<b>-3.200</b>	<b>-2.445</b>	<b>-1.685</b>	<b>-919</b>	<b>-148</b>	<b>629</b>
<b>MFA simple</b>	€	<b>-7.721</b>	<b>-6.145</b>	<b>-5.313</b>	<b>-4.453</b>	<b>-3.563</b>	<b>-2.641</b>	<b>-1.685</b>	<b>-695</b>	<b>333</b>	<b>1.399</b>	<b>2.505</b>
<b>VAN</b>	k€	<b>7.288</b>										
<b>TIR</b>	%	<b>12,19%</b>										
<b>VIR</b>		<b>0,94</b>										

7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0,7674	0,7451	0,7234	0,7023	0,6818	0,6620	0,6427	0,6240	0,6058	0,5882	0,5710	0,5544	0,5382	0,5226
0,7107	0,6768	0,6446	0,6139	0,5847	0,5568	0,5303	0,5051	0,4810	0,4581	0,4363	0,4155	0,3957	0,3769
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.209	1.269	1.332	1.399	1.469	1.542	1.620	1.701	1.786	1.875	1.969	2.067	2.170	2.279
24	25	27	28	29	31	32	34	36	37	39	41	43	46
86	91	95	100	105	110	116	121	127	134	140	147	155	163
772	772	772	772										
326	381	439	499	1.335	1.402	1.472	1.545	1.622	1.704	1.789	1.878	1.972	2.071
108	126	145	165	440	463	486	510	535	562	590	620	651	683
218	255	294	334	894	939	986	1.035	1.087	1.141	1.198	1.258	1.321	1.387
991	1.027	1.066	1.107	894	939	986	1.035	1.087	1.141	1.198	1.258	1.321	1.387
991	1.027	1.066	1.107	894	939	986	1.035	1.087	1.141	1.198	1.258	1.321	1.387
760	765	771	777	610	622	634	646	659	671	684	698	711	725
-1.685	-919	-148	629	1.238	1.860	2.494	3.140	3.798	4.470	5.154	5.852	6.563	7.288
-695	333	1.399	2.505	3.399	4.338	5.324	6.360	7.447	8.588	9.787	11.045	12.366	13.754

## 3.2 Càlculs i dimensionat del sistema solar fotovoltaic

### 3.2.1 Introducció

En el moment en que es pretén dissenyar una instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa de distribució, es tenen de tenir molt en compte els següents aspectes:

- Superfície disponible, orientació, inclinació i ombres.
- Capital propi i extern de que es disposa.
- Exigències estètiques del client.

Un cop es coneixen aquests aspectes, ja es pot començar a determinar quin és el tipus d'instal·lació solar fotovoltaica que més s'ajusta a les característiques de l'entorn, econòmiques, del client...

Pel que fa a la superfície disponible de que es disposa per instal·lar el sistema de captació fotovoltaic, aquesta ve determinada per la superfície de captació que hem necessitat per tal d'arribar a la fracció solar necessària que ens marca el CTE (10,9 m<sup>2</sup>), per tant aquesta superfície ha estat condicionada pel sistema solar tèrmic de captació.

L'orientació, la inclinació i les ombres que poguéssim tenir també ens afectaran en la seva mesura a la instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa. Com ja s'ha comentat en el decurs de la memòria d'aquest projecte, els valors més adequats per una instal·lació solar fotovoltaica són azimuth 0 (Sud), inclinació 25 – 30° i que no hi hagin ombres. Aquests valors són els més adients, ja que en els mesos d'estiu que és quan realment generarem i vendrem més energia, aquests valors són els òptims.

En quan a les exigències estètiques del client i el seu capital, el responsable de l'alberg ens ha comentat que li interessaria poder generar i vendre el màxim d'energia possible tot adaptant-se a les circumstàncies tècniques, per tant vol realitzar una inversió considerable però que després li sigui rentable. Les exigències estètiques seran mínimes ja que l'alberg es troba situat en una zona muntanyosa i aquestes en aquest sentit són molt poques.

### 3.2.2 Superfície de captació

Tal com ja s'ha mencionat en l'anterior punt, la superfície disponible de la instal·lació solar fotovoltaica és en funció de la superfície que ens ha ocupat el sistema de captació de la instal·lació solar tèrmica (10,9 m<sup>2</sup>). S'ha adoptat el criteri d'emplenar amb el màxim nombre de panells fotovoltaics la superfície de teulada restant, tot deixant una superfície de treball i seguretat per poder realitzar les tasques de muntatge i manteniment de la instal·lació. Aquest serà el mètode d'integració dels mòduls fotovoltaics.

Igualment que en el cas del sistema de captació tèrmic, el panells fotovoltaics tan sols els podrem integrar a la teulada que té una orientació sud – est, ja que aquesta és la

que ens produirà menys pèrdues en quan a orientació, es té de recordar que el sud és la millor orientació possible en l'hemisferi nord per generar el màxim d'energia.

Es té de recordar que la teulada de l'alberg té unes dimensions de 8,65 x 21,4 m, (185,11 m<sup>2</sup>) però la superfície que ens interessa (part de la teulada que està orientada al sud – est i on podem instal·lar el panells) és de 4,325 x 21,4 m (92,555 m<sup>2</sup>). D'aquests més de 92 m<sup>2</sup>, tenim de restar els 10,9 m<sup>2</sup> que ens ha ocupat la instal·lació solar tèrmica.

El primer que es té de saber per determinar quina serà la superfície de mòduls fotovoltaics de l'alberg, són les dimensions del pannel fotovoltaic empleat. Aquest mòdul fotovoltaic es tracta del **SW 165 mono** de la marca **SolarWorld** (165 W<sub>p</sub>), i presenta unes dimensions de **1.610 x 810 mm**, és a dir té una superfície de **1,3041 m<sup>2</sup>**. Un cop sabem aquesta dada i tenint en compte la superfície neta de teulada (superfície que no generi perills a l'hora de realitzar el muntatge i manteniment del sistema de captació) de que disposem, és el moment de determinar quants mòduls fotovoltaics disposarem a la instal·lació i quina serà la seva superfície.

Al final s'ha adoptat per un conjunt de 32 mòduls fotovoltaics (4 cadenes de 8 mòduls per cadena, veure plànol 8) ja que d'aquesta forma i tal com es demostrarà més endavant, amb aquesta superfície de captació i les característiques tècniques d'aquests captadors, aquesta es tracta de la solució més idònia en quan a superfície i característiques de l'inversor a seleccionar. En el plànol 8 també es pot observar la distància de seguretat que s'ha deixat entre les cadenes de captadors i entre aquests últims i els límits de la teulada sud – est de l'alberg. Tot seguit es calcula quina serà la superfície total de captació fotovoltaica de l'alberg.

$$\text{Súp. captació} = \text{Núm. mòduls} \cdot \text{súp. unitària} = 32 \cdot 1,3041 = 41,7312 \text{ m}^2 \quad (39)$$

Tal com podem observar en l'anterior fórmula la superfície de captació que disposarà el nostre sistema fotovoltaic serà de **41,7312 m<sup>2</sup>**. Amb la suma de la darrera superfície més la del sistema solar tèrmic, la superfície captadora de la teulada serà d'uns 43 m<sup>2</sup>, aproximadament aquest valor representa el 50 % de superfície de la teulada orientada al sud – est; es té de recordar que no s'ha volgut incrementar la superfície de captació fotovoltaica per tal d'assegurar les mesures de seguretat a l'hora de realitzar els deguts manteniments siguin les adequades, ja que és perillós treballar en una superfície inclinada tot i utilitzar les eines de seguretat adequades.

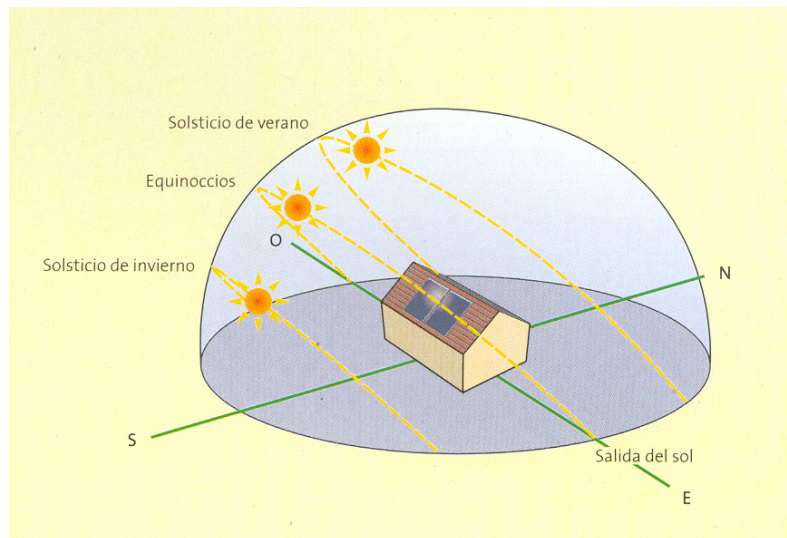
### 3.2.3 Inclinació i orientació dels mòduls fotovoltaics

Fent referència a la inclinació que presentaran els mòduls fotovoltaics aquests es trobaran integrats, igualment que els captadors tèrmics, a la teulada de l'alberg a una **inclinació de 25°** respecte l'horitzontal. Aquests panells disposaran d'un sistema de fixació per tal de que estiguin ben subjectes a la teulada.

S'havia pensat, també, en la possibilitat de que s'augmentés un poc la inclinació dels captadors (uns 5°), però aquesta alternativa s'ha descartat degut a que aquesta diferència de 5° entre la inclinació de la teulada de l'alberg i els 30° que en la nostra

latitud es consideren els ideals per aquest tipus d'instal·lacions, no és tan gran per tal d'instal·lar unes estructures que augmentessin tan sols 5° la inclinació dels captadors i que ens augmentaria la partida econòmica.

En la següent *figura 36* es pot visualitzar la trajectòria que té el Sol en funció de les estacions de l'any i l'hora del dia.



**Figura 36:** Posició del Sol en funció de les estacions i hora del dia

Tal com es mostra en l'anterior figura es pot observar que en els mesos d'estiu la posició del Sol està més gran que en els mesos d'hivern i per tant en els mesos d'estiu ens arriba a la superfície terrestre més radiació solar que en els mesos d'hivern, ja que disposem de més hores de sol. En quan a l'hora del dia on el Sol arriba al seu punt més àlgic, aquesta és vora les hores del mig dia, on el Sol durant la seva trajectòria (Est - Oest) es troba al Sud, per aquest fet les instal·lacions solars fixes, sempre que sigui possible, tenen d'estar orientades al Sud, ja que és en aquesta direcció geogràfica quan podem aprofitar més hores el sol i per consegüent obtenir més radiació solar i irradiància.

Pel que fa a l'orientació dels mòduls fotovoltaics de l'alberg, aquesta tindrà com en el cas dels captadors tèrmics un azimuth de **-60°**, és a dir, l'orientació dels panells serà **sud – est**, amb 60° respecte l'orientació sud. Aquesta es tracta de la millor alternativa possible, encara que hi hagin pèrdues per orientació, ja que la teulada de l'alberg és inclinada i seria més complicat i car poder orientar els panells al sud.

En el cas de la nostra instal·lació fotovoltaica no ens és necessari calcular la distància entre files consecutives de mòduls, ja que tots els panells es trobaran superposats a la teulada de l'alberg (amb una inclinació de 25°) i per tant no hi haurà cap tipus d'incidència d'ombres entre aquests.

### 3.2.4 Energia solar disponible i pèrdues per orientació i ombres

L'energia solar de la qual podrem disposar serà un dels principals factors que ens determinarà el dimensionat de la instal·lació solar fotovoltaica. Tal com ja s'ha comentat en la memòria (2.6 Requisits de disseny), les referències més pròximes que s'han trobat de radiació global en superfícies inclinades a l'alberg són les de l'observatori de L'Ebre, que est troba ubicat a Roquetes a aproximadament uns 20 km de l'alberg. Es recorda que les dades de radiació global de l'EMA del P. N. dels Ports no ens serveixen ja que es tracten de valors sobre una superfície horitzontal, i no inclinades com es troben els captadors solars tèrmics.

Un altre dels factors determinants en el disseny de les instal·lacions solars fotovoltaïques són les pèrdues que es puguin produir degut a una mala orientació o bé a les ombres produïdes per obstacles circumdants als mòduls fotovoltaïcs. El Plec de Condicions Tècniques d'Instal·lacions Fotovoltaïques Connectades a la Xarxa, té una sèrie de percentatges límits que no es poden superar, és a dir té fixats uns límits de pèrdues per orientació, inclinació i ombres segons el tipus d'integració arquitectònica dels captadors en la instal·lació. En el nostre cas, recordem que els captadors es troben superposats a la coberta de l'alberg, i que la inclinació d'aquests és de 25°. En quan a les ombres, aquestes no seran un impediment per a la nostra instal·lació, ja que les ombres que produeixen els arbres circumdants a l'alberg no arriben fins dalt de tot de l'edifici. Pel que fa a la orientació, aquesta com ja hem esmentat és de -60°.

En la següent *figura 37* s'observen els percentatges límits de pèrdues per orientació, inclinació i ombres que no poden superar les instal·lacions que es basen amb el CTE.

Límites de pérdidas por orientación, inclinación y sombras:

	<b>Orientación e inclinación OI</b>	<b>Sombras S</b>	<b>Total OI+S</b>
<b>General</b>	<b>10 %</b>	<b>10 %</b>	<b>15 %</b>
<b>Superposición</b>	<b>20 %</b>	<b>15 %</b>	<b>30 %</b>
<b>Integración arquitectónica</b>	<b>40 %</b>	<b>20 %</b>	<b>50 %</b>

La orientación óptima el sur.

**Figura 37:** Percentatges límits d'orientació, inclinació i ombres

Per tal de saber quines seran aproximadament les pèrdues per orientació de la instal·lació solar tèrmica de l'alberg, es pot visualitzar en la següent *figura 38* quina és la radiació solar que ens arribarà aproximadament en la nostra instal·lació. Es té de recordar que la nostra instal·lació es troba a una orientació de -60° i a una inclinació de 25°.

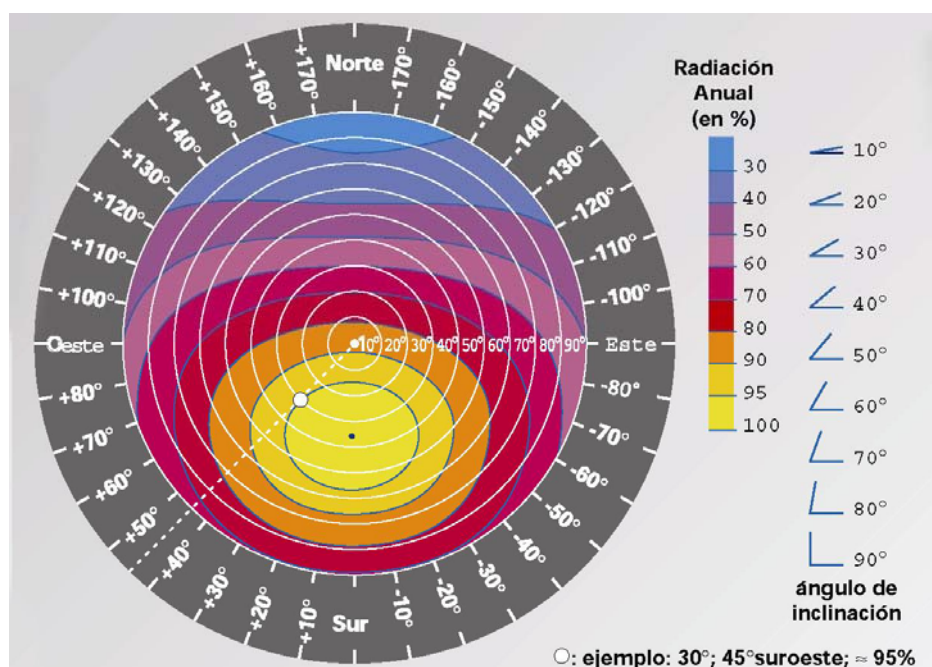


Figura 38: Diagrama de pèrdues per orientació i inclinació

Tal com es pot apreciar en l'anterior imatge, amb una orientació de  $-60^\circ$  i una inclinació de la coberta de l'alberg de  $25^\circ$ , les pèrdues orientació i inclinació que tindrem a la instal·lació seran d'aproximadament un 10 – 15 %, ja que la radiació anual que ens arribarà amb aquestes característiques serà d'un 85 – 90 %. Per tant, la nostra instal·lació es troba dintre dels barems de límits de pèrdues per orientació i inclinació que dicta el Plec de Condicions Tècniques d'Instal·lacions Fotovoltaïques Connectades a la Xarxa i que en el nostre cas (superposició dels captadors a la coberta de l'edifici) és d'un 20 %.

Tal com ja s'ha esmentat anteriorment, en quan a les pèrdues per ombres entre files de captadors, aquestes no es produiran ja que tal com es comprovarà més endavant en els plànols, els captadors estan superposats a la teulada de l'alberg i col·locats un al costat de l'altre.

### 3.2.5 Producció anual esperada

En quan al càlcul de la producció anual d'energia esperada, s'han seguit les indicacions del Plec de Condicions Tècniques d'Instal·lacions Fotovoltaïques Connectades a la Xarxa. En aquest apartat de producció anual esperada s'inclouran les produccions mensuals màximes en funció de la irradiància i la potència fotovoltaica instal·lada.

#### 3.2.5.1 Mitjana dels valors d'irradiació $G_{dm}(0)$

En aquest apartat s'obtidran els valors de la mitjana mensual i anual de la irradiació diària sobre superfície horitzontal en  $\text{kWh/m}^2$  al dia. Aquestes dades s'han obtingut de "l'Atlas de radiació solar a Catalunya" de l'edició de l'any 2.000. Aquestes dades ja s'han presentat i comentat en l'apartat 2.6 (requisits de disseny) de la memòria del present projecte.

Els valors que es faran servir en el present projecte es tracten de les dades d'irradiància referents a l'estació meteorològica de l'observatori de l'Ebre, situada a Roquetes i que es troba a una distància d'uns 20 km de l'alberg. Tot seguit en la *figura 39* es podran observar aquests valors amb azimut  $-60^\circ$  i sobre superfície horitzontal. Per tal de poder passar de MJ / m<sup>2</sup>/dia a kWh / m<sup>2</sup> dia es té de dividir per 3,6; és a dir 3,6 MJ / m<sup>2</sup>/dia és igual a 1 kWh / m<sup>2</sup> · dia.

Mes	G <sub>dm</sub> (MJ / m <sup>2</sup> /dia)	G <sub>dm</sub> (kWh / m <sup>2</sup> dia)
Gener	7,29	2,025
Febrer	9,97	2,769
Març	13,96	3,877
Abril	18,35	5,097
Maig	21,84	6,066
Juny	23,52	6,533
Juliol	22,90	6,361
Agost	20,12	5,588
Setembre	16,00	4,444
Octubre	11,62	3,227
Novembre	8,16	2,266
Desembre	6,57	1,825
<b>Mitjana</b>	<b>15,05</b>	<b>4,173</b>

**Figura 39:** Taula d'irradiància en superfícies horitzontals

Els valor de la mitjana d'irradiància en azimut  $-60^\circ$  i inclinació  $0^\circ$  és de 4,173 kWh/m<sup>2</sup> i dia.

### 3.2.5.2 Mitjana dels valors d'irradiació sobre el pla de captació G<sub>dm</sub> (α, β)

En aquest apartat obtindrem els valors de la mitjana mensual i anual de la irradiació sobre el plana generador (superfície de captació fotovoltaica) en kWh/m<sup>2</sup> · dia. Aquests valors també s'han extret de "l'Atlas de radiació solar a Catalunya", però aquesta vegada ens hem de fixar en el cas de la nostra instal·lació, és a dir, tenim d'escollir els valors de d'inclinació i azimut referents a l'alberg. Aquests valors són els següents:

- Azimut de l'alberg =  $-60^\circ$  (sud – est)
- Inclinació dels captadors =  $25^\circ$ .

Aquests calors anteriorment esmentats són els anomenats  $\alpha$  i  $\beta$ ;  $\alpha$  correspon a l'azimut o orientació que té l'alberg respecte el Sud ( $-60^\circ$ ) i  $\beta$  correspon a la inclinació del sistema de captació fotovoltaic, que com ja sabem és de  $25^\circ$ .

En la següent *figura 40* es podrà veure quins són els valors de mitjos d'irradiació que presenta la nostra instal·lació solar fotovoltaica de l'alberg.

Per tal de poder passar de MJ / m<sup>2</sup>/dia a kWh / m<sup>2</sup> dia es té de dividir per 3,6; és a dir 3,6 MJ / m<sup>2</sup>/dia és igual a 1 kWh / m<sup>2</sup> · dia.

Mes	G <sub>dm</sub> (MJ / m <sup>2</sup> /dia)	G <sub>dm</sub> (kWh / m <sup>2</sup> dia)
Gener	9,38	2,605
Febrer	11,79	3,275
Març	15,46	4,294
Abril	19,19	5,330
Maig	21,79	6,052
Juny	22,92	6,366
Juliol	22,55	6,263
Agost	20,65	5,736
Setembre	17,20	4,777
Octubre	13,31	3,697
Novembre	10,25	2,847
Desembre	8,74	2,427
<b>Mitjana</b>	<b>16,12</b>	<b>4,472</b>

Figura 40: Taula d'irradiància de l'alberg

### 3.2.5.3 Rendiment energètic de la instal·lació

El rendiment global de la instal·lació fotovoltaica o “Performance Ratio”, PR, es defineix com la relació entre l'energia alterna anual injectada a la xarxa i la que s'injectaria si el sistema fos ideal, és a dir, sense cap tipus de pèrdues en els diversos elements que conformen una instal·lació fotovoltaica.

El Plec de Condicions Tècniques d'Instal·lacions Fotovoltaiques Connectades a la Xarxa del “Institut para la Diversificación y el Ahorro de Energia”, fa referència a aquest terme (PR) tot dient que es tracta de l'eficiència en condicions reals de treball de la instal·lació i que té en compte els següents aspectes:

- La dependència de l'eficiència amb la temperatura.
- L'eficiència dels conductors.
- Les pèrdues per dispersió de paràmetres i brutícia.
- Les pèrdues per errors en el seguiment del punt de màxima potència.
- L'eficiència energètica de l'inversor.
- Altres.

Com es pot observar el “Performance Ratio” es tracta d'un paràmetre molt complicat de calcular degut als nombrosos aspectes que afecten en el seu càlcul, el Plec de Condicions Tècniques d'Instal·lacions Fotovoltaiques Connectades a la Xarxa però facilita mitjançant una taula quins són aquests valors en condicions estàndards. Aquests valors es poden observar en la següent figura 41.

Mes	PR	Mes	PR
Gener	0,851	Juliol	0,753
Febrer	0,844	Agost	0,757
Març	0,801	Setembre	0,769
Abril	0,802	Octubre	0,807
Maig	0,796	Novembre	0,837
Juny	0,768	Desembre	0,850

Figura 41: Taula de valors "Performance Ratio"

### 3.2.5.4 Estimació de l'energia a produir

L'estimació de l'energia injectada a la xarxa per part de les instal·lacions fotovoltaïques connectades a la xarxa, es realitzarà d'acord amb la següent fórmula.

$$E_p = \frac{G_{dm}(\alpha, \beta) \cdot P_{mp} \cdot PR}{G_{CEM}} \quad (kWh / dia) \tag{40}$$

On,

$P_{mp}$  = Potència pic del sistema generador  
 $G_{CEM} = 1 \text{ kW/m}^2$

La potència pic del sistema generador la calcularem sabent que tenim 32 panells d'una potència de 165  $W_p$  cadascun. La potència pic del sistema serà la següent:

$$P_{instal·lació} = \text{Núm. panells} \cdot \text{Potència pannel} = 32 \cdot 165 W_p = 5.280 W_p \tag{41}$$

Un cop ja sabem aquesta última dada, ja podem calcular quina serà l'estimació d'energia produïda pel sistema fotovoltaic instal·lat a l'alberg amb azimuth  $-60^\circ$ , inclinació de  $25^\circ$  i potència de la instal·lació de 5,28  $kW_p$ .

Mes	$G_{dm} 0^\circ$ (kWh / m <sup>2</sup> dia)	$G_{dm} (-60,25)$ (kWh / m <sup>2</sup> dia)	PR	$E_p$ (kWh/dia)
Gener	2,025	2,605	0,851	11,704
Febrer	2,769	3,275	0,844	14,594
Març	3,877	4,294	0,801	18,160
Abril	5,097	5,330	0,802	22,570
Maig	6,066	6,052	0,796	25,435
Juny	6,533	6,366	0,768	25,814
Juliol	6,361	6,263	0,753	24,900
Agost	5,588	5,736	0,757	22,926
Setembre	4,444	4,777	0,769	19,396
Octubre	3,227	3,697	0,807	15,752
Novembre	2,266	2,847	0,837	12,581
Desembre	1,825	2,427	0,850	10,892
<b>Mitjana</b>	<b>4,173</b>	<b>4,472</b>	<b>0,794</b>	<b>18,727</b>

Figura 42: Taula d'estimació d'energia

Tal com es pot observar en la darrera taula, aquesta ens mostra l'estimació de l'energia injectada a la xarxa de la instal·lació solar fotovoltaica de l'alberg. La mitjana d'aquesta energia al llarg de l'any es de **18, 727 kWh / dia (6.835,35 kWh / any)**. Aquests valors anteriorment calculats també ens serviran per tal de realitzar l'estudi de viabilitat de i retorn de la nostra instal·lació solar.

Es té de mencionar que aquesta es tracta d'una obtenció de dades estimada i per tant els resultats poden variar un poc, ja que no es consideren diverses pèrdues. En el decurs d'aquesta part sobre càlcul i dimensionament de la instal·lació fotovoltaica, també hi haurà una simulació amb el programa informàtic PVSYST que ens podrà donar uns valors més aproximats de l'energia produïda pel sistema fotovoltaic al llarg de l'any.

### 3.2.6 Mòdul fotovoltaic i inversor utilitzats

El mòdul solar fotovoltaic utilitzat en la instal·lació solar fotovoltaica de l'alberg es tracta del model **SW 165 mono** del fabricant **SolarWorld**. Aquest pannel solar té una potència pic de 165 W i unes dimensions de 1.610 x 810 mm; és a dir 1,3041 m<sup>2</sup>.

Un cop ja sabem quin és el mòdul fotovoltaic i quin serà el nombre de mòduls i superfície de captació que disposarem en la teulada de l'alberg (32 mòduls i una superfície de 41,7312 m<sup>2</sup>) és el moment de realitzar els diversos càlculs que ens portaran a conèixer quin és l'inversor més adequat a les característiques que presenta la nostra instal·lació fotovoltaica. Un cop sabem quin és el nombre de mòduls fotovoltaics a instal·lar i la seva potència pic, ja podem determinar quina serà la potència pic fotovoltaica de la nostra instal·lació (no és la nominal).

$$P_{pic\ instal\cdot lació} = Núm. pannels \cdot Potència pannel = 32 \cdot 165 W_p = 5.280 W_p \quad (42)$$

El primer que s'ha realitzat per tal de dimensionar l'inversor adequat per la nostra instal·lació, ha sigut realitzar una simulació amb un programa informàtic d'inversors de la marca Fronius. En aquest programa s'han introduït les diverses dades referents a: inclinació dels mòduls (25°), azimut (-60), nombre de mòduls de la instal·lació (32) i potència de cada mòdul (165 W<sub>p</sub>). Un cop emplenades aquestes dades, el programa informàtic de simulació, ens ha proporcionat diverses alternatives, sent la millor la de l'inversor **IG 40** de **Fronius**. El rang de tensió d'entrada en corrent continua d'aquest inversor per tal de poder obtenir el punt de màxima potència (M<sub>pp</sub>) és de 150V – 400 V.

Finalment s'ha adoptat per utilitzar aquest últim inversor amb una configuració de quatre cadenes de 8 mòduls fotovoltaics connectats en sèrie, ja que aquesta disposició, segons el programa és l'òptima. Es té de recordar que l'inversor és l'element encarregat de transformar la corrent continua generada pel sistema fotovoltaic en corrent alterna, que és com es té d'injectar a la xarxa de distribució amb la mateixa freqüència que treballa aquesta última.

Per tal de poder corroborar les dades que ens ha proporcionat el programa informàtic, tot seguit es realitzaran una sèrie de càlculs per tal d'entendre millor aquest dimensionament de 4 cadenes de 8 mòduls fotovoltaics.

El primer càlcul que es realitzarà, ens determinarà si amb la configuració de 8 panells en sèrie per cada cadena, l'inversor utilitzat es trobarà dintre de la tensió d'entrada per la qual ha estat fabricat. Es té de mencionar que en les connexions en sèrie dels panells es sumen les tensions.

$$V_{inversor} = C_{sèrie} \cdot V_p = 8 \cdot 35,3 = 282,4 V \quad (43)$$

On,

$V_{inversor}$  = Tensió d'entrada a l'inversor (tensió d'una cadena)  
 $C_{sèrie}$  = Nombre de captadors connectats en sèrie  
 $V_p$  = Tensió en el punt de màxima potència ( $M_{pp}$ ) del pannel

Com es pot observar, l'anterior resultat es troba dintre dels barems de tensió d'entrada de l'inversor utilitzat (150 – 400 V).

El següent pas és saber quina és la potència nominal a la qual pot treballar l'inversor. La potència nominal de l'inversor és inferior a la potència pic de la instal·lació per tal de poder mantenir uns valors el més bons possibles en dies de poca radiació solar, dies en els quals la potència generada pels panells és més reduïda. Segons els càlculs del software de la marca Fronius, la relació entre la potència fotovoltaica i la potència màxima en corrent continu de l'inversor és d'un 119 %. Per tal de poder calcular la potència nominal a la qual pot treballar l'inversor, necessitem saber la potència pic de la instal·lació fotovoltaica i la relació anteriorment calculada. Tenim que:

$$P_{nominal} = \frac{P_{instal·lació}}{1,19} = \frac{5,28 kW}{1,19} = 4,436 kW \quad (44)$$

Un cop ja disposem de la potència nominal de treball de l'inversor seleccionat, és el moment de calcular quina serà la corrent que han de generar els panells fotovoltaics. S'utilitzarà la següent fórmula:

$$I_{ECC} = \frac{P_{nominal}}{V_{inversor}} = \frac{4.436 W}{282,4 V} = 15,70 A \quad (45)$$

On,

$V_{inversor}$  = Tensió d'entrada a l'inversor  
 $P_{nominal}$  = Potència nominal de treball de l'inversor  
 $I_{ECC}$  = corrent d'entrada a l'inversor en c.c.

Quan ja es sap la intensitat d'entrada a l'inversor en c.c., és el moment de calcular quin és el número de cadenes de 8 captadors que es tenen de connectar en paral·lel. Es farà servir la següent fórmula:

$$Cadenes_{paral·lel} = \frac{I_{ECC}}{I_{MPP}} = \frac{15,70 A}{4,68 A} = 3,35 \rightarrow 4 \quad (46)$$

On,

$Cadenes_{\text{paral·lel}}$  = Número de cadenes en paral·lel de la instal·lació  
 $I_{ECC}$  = corrent d'entrada a l'inversor en c.c.  
 $I_{MPP}$  = Intensitat màxima del pannel

Com es pot veure, el resultat de l'anterior fórmula ens dona un resultat decimal, per tant s'escull l'opció immediatament superior (nombre natural, 4 cadenes en paral·lel de 8 mòduls en sèrie).

Com que ja sabem que hi haurà connectades quatre cadenes en paral·lel, la corrent de que disposarem en la instal·lació fotovoltaica serà la següent:

$$I_{Total} = Cadenes_{\text{paral·lel}} \cdot I_{MPP} = 4 \cdot 4,68 = 18,72 \text{ A} \quad (47)$$

On,

$Cadenes_{\text{paral·lel}}$  = Número de cadenes en paral·lel de la instal·lació  
 $I_{Total}$  = Intensitat de la instal·lació  
 $I_{MPP}$  = Intensitat màxima del pannel

Per comprovar que l'inversor escollit pot assumir aquesta corrent total d'entrada de la instal·lació, tenim de dir que la corrent màxima d'entrada de l'inversor IG 40 de Fronius és de 29,4 A, per tant no tindrem cap tipus de problema en quan a la  $I_{Total}$  de la instal·lació ja que aquesta és inferior a la  $I_{M\grave{a}x}$  d'entrada de l'inversor seleccionat.

Per últim, per tal de saber si els càlculs realitzats són correctes, el que es farà és multiplicar la  $I_{Total}$  de la instal·lació pel valor calculat de la tensió d'entrada de l'inversor, aquest resultat ens donarà per tal de que estigui bé, un valor pròxim a la potència pic de la instal·lació (5.280 W). S'utilitzarà la següent fórmula:

$$P_{\text{instal·lació}} = V_{\text{inversor}} \cdot I_{Total} = 282,4 \cdot 18,72 = 5.286,52 \text{ W} \approx 5.280 \text{ W} \quad (48)$$

Tal com es pot observar amb el resultat de l'anterior fórmula, tenim que el primer valor de la potència pic instal·lada que hem calculat 5.280 W és gairebé el mateix que l'últim valor calculat, això ens indica que el dimensionat de la instal·lació amb una disposició de quatre cadenes de vuit mòduls fotovoltaics per cadena, és adequat segons les característiques i exigències tècniques tant del captador (SW 165 mono de SolarWorld) com l'inversor (IG 40 Fronius) utilitzats.

Un altre dels aspectes que es té de considerar en el moment d'escollir l'inversor de la instal·lació és el rang de potències en el qual pot estar treballant tenint cura de la instal·lació fotovoltaica, en el nostre cas (inversor IG 40 de Fronius) aquest rang de potències és de 3.500 - 5.500  $W_p$ , la qual cosa ens indica que amb la potència fotovoltaica pic de la nostra instal·lació, ens trobem dintre d'aquests barems de potència que té l'inversor seleccionat. Finalment, la tensió màxima d'entrada (a 1.000  $W/m^2$ ; -10°) que pot arribar a presentar l'inversor seleccionat és de 500 V, en el cas de la nostra instal·lació, però, aquesta tensió d'entrada a circuit obert a -10°, és de 393 V; per tant ens trobem dintre dels valors recomanats. En conclusió, s'ha pogut comprovar que amb una disposició de 4 cadenes de 8 mòduls en sèrie amb les pertinents característiques del pannel i inversor, la instal·lació fotovoltaica de l'alberg no tindrà problemes tècnics.

### 3.2.7 Càlcul de secció de les línies elèctriques

En quan al càlcul de secció de les línies elèctriques que transportaran la corrent generada des de els mòduls fotovoltaics fins la xarxa elèctrica, el primer que es té de saber són els requisits que el Plec de Condicions Tècniques de les Instal·lacions Solars Fotovoltaïques connectades a Xarxa ens indica; aquests són els següents:

- El cables positius i negatius de cada grup de mòduls es conduiran per separat i protegits d'acord amb la normativa vigent (REBT).
- Els conductors seran de coure i tindran la secció adequada per tal d'evitar caigudes de tensió i escalfaments. Concretament, per qualsevol condició de treball, les conductors de la part de CC tindran una secció suficient per tal de que la caiguda de tensió sigui inferior del 1,5%, i els de la part de CA per a que la caiguda de tensió sigui inferior al 2%, tenint com a referència en els dos casos les tensions corresponents a les caixes de connexions.
- S'inclourà tota la longitud de cable de CC i CA, i es tindrà en compte la longitud necessària per tal de no generar esforços en els diversos elements ni la possibilitat de caigudes en el trànsit normal de les persones.
- Tot el cablatge de continua serà de doble aïllament i adequat per a utilitzar-se a la intempèrie, a l'aire o enterrat, d'acord amb la norma UNE 21123.

Com ja s'ha explicat en el decurs del present projecte, es disposa de dos tipus de corrent en la instal·lació solar fotovoltaica: la corrent continua (C.C) que és la que tenim des dels mòduls fotovoltaics, passant per la caixa de connexió de contínua i fins a l'inversor; i de la corrent alterna (C.A., ens afectarà el factor de potència) que la tindrem des de l'inversor i fins que l'energia s'injecta a la xarxa. Per tant tindrem de calcular la secció del cablatge de la instal·lació monofàsica mitjançant dos fórmules diferents; aquestes es presenten a continuació:

➤ **Corrent Continua:**

$$S_R = \frac{2 \cdot L_R \cdot I_{CC(MPP)}}{1\% \Delta V \cdot \kappa} \text{ (mm}^2\text{)} \quad (49)$$

On,

$S_R$  = Secció del cable

$L_R$  = Longitud del cable

$I_{CC(MPP)}$  = Corrent de curtcircuit del ramal

$\Delta V$  = Tensió del ramal o cadena

$\kappa$  = Conductivitat del coure = 56 m / ( $\Omega \cdot \text{mm}^2$ )

1% = Caiguda de tensió màxima

➤ **Corrent alterna:**

$$S_R = \frac{2 \cdot L_R \cdot I_{CC(MPP)} \cdot \cos \varphi}{1\% \Delta V \cdot \kappa} \text{ (mm}^2\text{)} \quad (50)$$

On,

$S_R$  = Secció del cable

$L_R$  = Longitud del cable

$I_{CC(MPP)}$  = Corrent de curtcircuit del ramal

$\cos \varphi$  = Factor de potència

$\Delta V$  = Tensió del ramal o cadena

$\kappa$  = Conductivitat del coure

2% = Caiguda de tensió màxima

### 3.2.7.1 Secció del circuit de corrent continua

Tal com ja s'ha esmentat anteriorment, el cablatge en corrent continua de la instal·lació solar fotovoltaica, anirà des de la sortida del generador (mòduls fotovoltaics), fins les caixes de connexió en continua, i d'aquestes fins l'inversor. Com totes les instal·lacions elèctriques es tenen de realitzar els càlculs amb el cas més desfavorable que tinguéssim. Les dades del circuit de corrent continua de la instal·lació fotovoltaica de l'alberg són les següents:

Longitud cadena 1 = 20 m.	Tensió d'un ramal = 282,4 V
Longitud cadena 2 = 20 m.	I <sub>cc</sub> d'un ramal = I <sub>cc</sub> mòdul = 5,1 A
Longitud cadena 3 = 18 m.	I <sub>cc</sub> 4 ramals = 4 · 5,1 A = 20,4 A
Longitud cadena 4 = 18 m.	
Longitud caixa de connexió C.C.- inversor = 16 m.	

Caiguda de tensió màxima = 1 %

Les longituds anteriorment nomenades es corresponen a la distància que hi ha des de els 4 ramals o cadenes de 8 mòduls fotovoltaics, la caixa de connexió en corrent continua.

Un cop ja disposem dels diferents valors referents al circuit fotovoltaic de corrent continua, és el moment de calcular la secció d'aquests cables mitjançant la fórmula 49. Els diferents resultats es poden observar en la següent taula (*figura 43*):

Cadenes	L (m)	I <sub>cc</sub> (A)	V (V)	C.D.T.(V)	$\kappa$ (m / $\Omega \cdot \text{mm}^2$ )	Secció calculada (mm <sup>2</sup> )	Secció normalitzada (mm <sup>2</sup> )
1	30	5,1	282,4	2,824	56	1,93	2,5
2	30	5,1	282,4	2,824	56	1,93	2,5
3	28	5,1	282,4	2,824	56	1,80	2,5
4	28	5,1	282,4	2,824	56	1,80	2,5

**Figura 43:** Taula de càlcul de seccions

Tal com es pot observar en l'anterior figura el càlcul de la secció dels cablatge de la part de corrent continua de la instal·lació fotovoltaica ens ha donat uns valors normalitzats de secció de **2,5 mm<sup>2</sup>**.

Un cop ja sabem quina és la secció del cable que va des de les quatre cadenes fotovoltaïques fins l'inversor, és el moment d'establir quina serà la secció del cable que va des de la caixa de connexió en C.C. fins l'inversor. Aquesta secció la calcularem amb la mateixa fórmula que s'ha utilitzat anteriorment, però canviant els valors de  $I_{cc}$  (serà quatre vegades superior a l'anterior) i de longitud del cable (16 m). La secció d'aquest conductor serà de:

Caixa connexió - inversor	L (m)	$I_{cc}$ (A)	V (V)	C.D.T.(V)	$\kappa$ (m / $\Omega \cdot \text{mm}^2$ )	Secció calculada ( $\text{mm}^2$ )	Secció normalitzada ( $\text{mm}^2$ )
1	16	20,4	282,4	2,824	56	4,12	6

Figura 44: Taula de càlcul de secció

La secció del cable que anirà des de la caixa de connexions en corrent continua fins l'inversor serà de  $6 \text{ mm}^2$ .

Un cop ja sabem quines són les seccions dels conductors utilitzats en la part de corrent continua de la instal·lació solar fotovoltaica, és el moment de saber quin serà el diàmetre dels tubs per on passen els conductors que utilitzarem en la nostra instal·lació. S'ha escollit l'opció dels tubs en canalització encastada, ja que són aquests els més comuns en els tipus d'instal·lació com l'alberg. Tot seguit en la figura 45 s'observa la taula que ens mostra els diàmetres exteriors mínims dels tubs en funció del nombre i la secció dels cables a conduir.

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

Figura 45: Taula d'elecció del diàmetre exterior dels tubs

Un cop disposem d'aquesta taula de valors, és el moment d'indicar quin serà el diàmetre exterior dels tubs per a les dues seccions anteriorment calculades. En el primer dels casos (cablatge que va des dels mòduls fins la caixa de connexió en C.C.) tenim que es necessita un cable de  $2 \times 2,5 \text{ mm}^2$  per cadascuna de les quatre cadenes de mòduls (2 = per què hi ha un negatiu i un positiu), per tant com indica la taula anterior, en aquest cas necessitarem un diàmetre exterior (mm) de tubs de **16 mm**. En l'altre cas en el qual ens trobem, cable que va des de la caixa de connexió fins a l'inversor (encara treballem en corrent continua), tenim que la secció del conductor és de  $6 \text{ mm}^2$ , per tant

el diàmetre exterior del tub per on passarà el conductor que va a l'inversor, també serà de 16 mm<sup>2</sup>.

### 3.2.7.2 Secció del circuit de corrent alterna

La secció del cablatge de corrent alterna de la instal·lació solar fotovoltaica, anirà des de la sortida de l'inversor, fins el punt d'interconnexió a la xarxa de distribució elèctrica pública. Com totes les instal·lacions elèctriques es tenen de realitzar els càlculs amb el cas més desfavorable que tinguéssim. Segons el REBT (ITC-BT40), "Los cables de conexión deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la máxima intensidad del generador y la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión a la Red de Distribución Pública o a la instalación interior, no será superior al 1,5%, para la intensidad nominal". Es seguirà, igualment que en el cas anterior (secció del circuit de C.C.) el mètode de caiguda de tensió per trobar la secció del conductor. Les dades necessàries per tal de calcular la secció del cable del circuit de corrent alterna de la instal·lació fotovoltaica de l'alberg, són:

Longitud del conductor = 20 m.

Tensió del circuit = 230 V.

Caiguda de tensió = 1 %

Factor de potència (cos φ) = 1

Potència màxima de sortida inversor a la xarxa = 4.100 W

Per tal de saber quina és la corrent que circularà pel conductor, utilitzem la següent fórmula:

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi} = \frac{4.100 \text{ W}}{230 \cdot 1} = 17,82 \text{ A} \quad (51)$$

Un cop sabem la intensitat que circularà pel conductor, és el moment de calcular la secció del cablatge del circuit de corrent alterna de la instal·lació fotovoltaica de l'alberg. Per tal de calcular aquesta secció es farà servir la fórmula número 50. El resultat obtingut es mostra en la següent taula:

Inversor – Xarxa de distribució	L (m)	I (A)	V (V)	C.D.T.(V)	$\kappa$ (m / Ω · mm <sup>2</sup> )	Secció calculada (mm <sup>2</sup> )	Secció normalitzada (mm <sup>2</sup> )
1	20	17,82	230	2,3	56	5,53	6

Figura 46: Taula de càlcul de secció

La secció del cable que anirà des de l'inversor fins el punt d'interconnexió a la xarxa de distribució elèctrica pública serà de 6 mm<sup>2</sup>.

Un cop sabem quina és la secció de l'anterior cable, és el moment de determinar quin diàmetre tindrà el tub de protecció del conductor. Es seguirà el mateix mètode que el realitzat pel cablatge de corrent continua. Tal com es pot observar en la figura 45 per dos conductors de core de secció nominal 6 mm<sup>2</sup>, tenim que el diàmetre exterior dels tubs serà de **16 mm**.

### 3.2.8 Proteccions del sistema fotovoltaic

Un cop tenim dimensionada la instal·lació solar fotovoltaica monofàsica, és el moment de determinar quines són les proteccions que tenen de tenir tant el circuit de corrent continua com el d'alterna de la instal·lació fotovoltaica de l'alberg.

Pel que fa al circuit de **corrent continua**, es col·locarà un fusible en el conductor positiu a cadascuna de les quatre cadenes de mòduls fotovoltaics a l'entrada de l'inversor. Els fusibles es posen al circuit de C.C. per què normalment hi ha varies sèries de mòduls en paral·lel per a un inversor (en el nostre cas 4), si es crees un curtcircuit a una de les cadenes o sèries de mòduls, la corrent que circularia pel cablatge d'aquella rama seria molt més elevada que per la que està dimensionada i per tant els cables es podrien cremar. Per tal de protegir la nostra instal·lació dels anteriors problemes, es col·locarà un fusible per cada cadena. El dimensionament d'aquests fusibles generalment es realitza tenint en compte que la intensitat d'aquests té de ser d'aproximadament uns 1,5 cops la  $I_{CC}$  de la cadena de panells. Es recorda que la  $I_{CC}$  de cada cadena és de 5,1 A. Per dimensionar aquest fusible utilitzarem la següent fórmula:

$$I_{fusible} = 1,5 \cdot I_{CC} = 1,5 \cdot 5,1 = 7,65 \text{ A} \quad (52)$$

Per tant, utilitzarem uns fusibles de **10 A** per tal de que no es produeixi cap incident en la part del cablatge de continua de la instal·lació.

En quan a les proteccions del circuit de **corrent alterna**, la instal·lació disposarà d'un interruptor magnetotèrmic i d'un interruptor diferencial per tal de protegir a les persones d'un possible contacte.

Per tal de dimensionar aquests sistemes es té de saber quina és la corrent monofàsica que circula pel circuit que va des de l'inversor fins el punt d'interconnexió amb la línia, aquesta corrent ja l'hem calculada en la fórmula 51, i aquest valor és de 17,82 A. Per tant escollirem un interruptor magnetotèrmic de dos pols i d'un amperatge de **20 A**. Pel que fa a l'interruptor diferencial utilitzat, aquest serà del tipus A.C., de dos pols i d'un amperatge de 25 A amb una sensibilitat de 30 mA (**25 A / 30 mA, 2 pols**).

### 3.2.9 Posta a terra de la instal·lació fotovoltaica

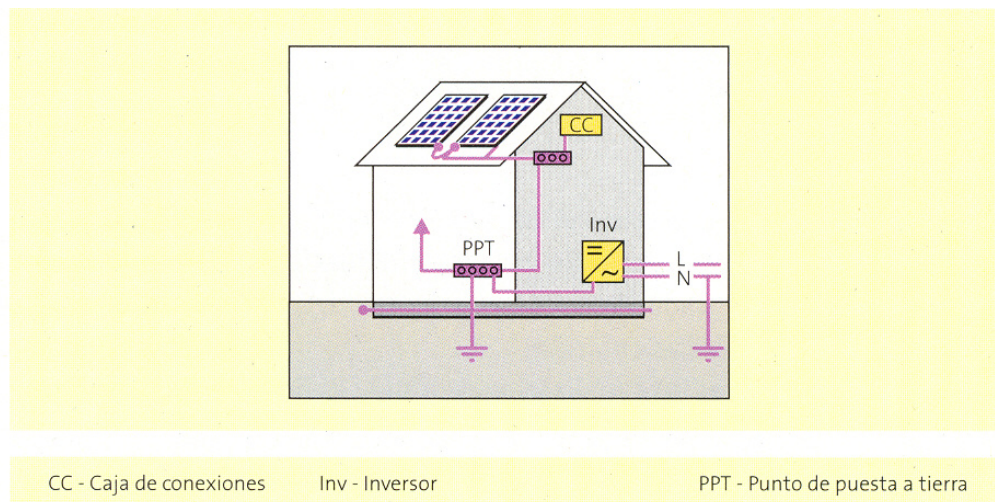
La posta o connexió a terra és la unió elèctrica directa, sense fusibles ni cap tipus de protecció, d'una part del circuit elèctric o d'una part conductora que no pertany al mateix circuit mitjançant una toma de terra amb un elèctrode o grups d'elèctrodes enterrats al terra. Mitjançant la instal·lació de la posta a terra es tindrà d'aconseguir que en el conjunt d'instal·lacions no apareguin diferències de potencial perilloses, i que, al mateix temps, permeti el pas a terra de les corrents de defecte o les de descàrrega d'origen atmosfèric.

Pel que fa al càlcul de la posta a terra de la instal·lació fotovoltaica de l'alberg, aquesta s'ha seguit amb les instruccions de l'article 12 que hi ha en el Real Decret

1663/2000 i que porta com a títol: “*Condiciones de puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas*”. En aquest Real Decret se'ns diu que es té de complir el següent:

- “*La puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas interconectadas se hará siempre de forma que no se alteren las condiciones de puesta a tierra de la red de la empresa distribuidora, asegurando que no se produzcan transferencias de defectos a la red de distribución*”.
- “*La instalación deberá disponer de una separación galvánica entre la red de distribución de baja tensión y las instalaciones fotovoltaicas, bien sea por medio de que cumpla las mismas funciones, con base en el desarrollo tecnológico*”.
- “*Las masas de la instalación fotovoltaica estarán conectadas a una tierra independiente de la del neutro de la empresa distribuidora de acuerdo con el REBT, así como de las masas del resto del suministro*”.

En la següent figura 47 es pot visualitzar la posta a terra d'una instal·lació solar fotovoltaica.



**Figura 47:** Posta a terra

Per realitzar els càlculs, s'han seguit les indicacions de la ITC-BT-18 del REBT, en el qual s'expliquen els diversos mètodes que es poden seguir per calcular la posta a terra d'una instal·lació elèctrica. El cas que seguirem és el d'utilitzar un elèctrode de pica vertical. Per trobar la resistència del terra ( $\Omega$ ), utilitzarem la següent fórmula:

$$R = \frac{\rho}{n \cdot L} \quad (53)$$

On,

R = Resistència del terra ( $\Omega$ )

$\rho$  = Resistivitat del terreny ( $\Omega \cdot m$ )

n = Número de piques clavades verticalment

L = Longitud de les piques

Un cop sabem quin mètode utilitzarem, és el moment de determinar quins seran els valors utilitzats en la nostra instal·lació. La resistivitat del terreny serà de  $500 \Omega \cdot m$ , ja que el terreny on es clavaràn les piques es tracta d'un "*terraplen cultivable poco fertil y otros terraplenes*" veure taula 4 de l'ITC-BT-18 del REBT. El número de piques clavades verticalment serà de 2, i la longitud més general d'aquestes piques és de 2 metres, per tant escollirem aquest valor com a l'adequat. Un cop disposem d'aquestes dades ja podem calcular la resistència del terreny, tot aplicant la fórmula 53.

$$R = \frac{500 \Omega \cdot m}{2 \cdot 2 m} = 125 \Omega \quad (54)$$

Un cop coneixem la resistència que ens ofereix el terra, i segons el que diu el REBT, es té de conèixer que la resistència de terra té de ser tal que qualsevol massa pugui donar lloc tensions de contacte superiors a 24 V en un local o emplaçament conductor. Com que ja hem vist que disposem d'un sistema de protecció diferencial de 30 mA de sensibilitat, tindrem una tensió de:

$$V = R \cdot I = 125 \cdot 0,03 = 3,75 V \quad (55)$$

Com que la tensió anteriorment calculada és inferior al valor màxim de 24 V en un local o emplaçament conductor, es pot dir que ens trobem dintre dels barems permesos.

Per últim cal dir que, segons el REBT, la secció mínima que té de tenir la línia principal de terra amb un conductor de coure protegit contra la corrosió (cas del nostre cable de terra), és de **16 mm<sup>2</sup>**.

### 3.2.10 Connexió a la xarxa elèctrica

#### 3.2.10.1 Normativa aplicable

La connexió a la xarxa elèctrica de l'empresa distribuïdora per tal d'injectar l'energia generada en la instal·lació fotovoltaica, es realitzarà seguint les següents indicacions:

Segons el Real Decret 1663/2000, de 29 de Setembre, sobre la connexió de instal·lacions fotovoltaïques a la xarxa de baixa tensió, tenim de seguir les següents instruccions:

- Es podran interconnectar instal·lacions fotovoltaïques en baixa tensió sempre que la suma de les seva potència nominal no excedeixi dels 100 kVA (en el nostre cas ens trobem dintre de la normativa aplicable).
- També es comenta que si la potència nominal de la instal·lació fotovoltaica a connectar a la xarxa de distribució és superior als 5 kW, la connexió de la instal·lació fotovoltaica a la xarxa serà trifàsica. En el cas del nostre alberg la potència nominal és de 4,436 kW; per tant en el nostre cas la connexió amb la xarxa serà monofàsica.

- En la connexió d'una instal·lació fotovoltaica, la variació de tensió provocada per la connexió i desconnexió de la instal·lació fotovoltaica no podrà ser superior al 5 % i no tindrà de provocar, en cap dels usuaris connectats a la xarxa, la superació dels límits indicats al REBT.
- El factor de potència de l'energia subministrada a l'empresa distribuïdora té de ser el més pròxim possible a la unitat. Les instal·lacions fotovoltaïques connectades en paral·lel amb la xarxa tindran d'agafar les mesures d'energia necessàries, o bé arribar a un acord amb l'empresa distribuïdora de l'energia.

Pel que fa a les condicions que imposa l'empresa distribuïdora de l'energia (FECSA – ENDESA) la qual ens comprarà l'energia produïda en el nostre sistema fotovoltaic, aquestes condicions es detallen a continuació:

### **Punt de connexió de la instal·lació fotovoltaica**

La instal·lació fotovoltaica es connectarà directament a la xarxa de distribució en BT d'ENDESA en l'anomenat "punt de connexió", que serà determinat per ENDESA, d'acord amb el Reial Decret 1663/2000, procurant que sigui el més proper possible al lloc de la ubicació de l'esmentada instal·lació; si bé deuen complir-se en tot cas les següents condicions:

- La suma de les potències de les instal·lacions en règim especial connectades a una línia de baixa tensió no podrà superar la meitat de la capacitat de transport de l'esmentada línia en el punt de connexió. Si el punt de connexió és en un centre de transformació, la suma de les potències connectades a aquest centre no podrà superar la meitat de la capacitat de transformació. En xarxes trifàsiques 3 x 220/127 V, no es podran connectar instal·lacions fotovoltaïques de potència nominal superior a 60 kVA i, en aquests casos, tota la instal·lació haurà d'estar preparada per a un funcionament futur a 3 x 400 / 230 V.
- La variació de tensió en el seu propi punt de connexió, provocada per la connexió i desconnexió de la instal·lació fotovoltaica, no podrà ser superior al 5%. A més, no haurà de provocar, en cap usuari dels connectats a la xarxa, la superació del límit reglamentari del +/- 7% en la seva instal·lació respectiva.

Com sigui que la proposta de punt de connexió efectuada per ENDESA manté la seva vigència durant el termini d'un any des de la data de notificació al titular de la instal·lació, s'ha d'assegurar que les anteriors condicions es podran mantenir durant aquell termini en el punt de connexió proposat. En el cas que sigui necessari modificar, ampliar o estendre la Xarxa de Distribució existent per facilitar un punt de connexió en BT de la instal·lació fotovoltaica, aquestes instal·lacions costejades pel generador, hauran de ser cedides en propietat a l'empresa distribuïdora.

### **Instal·lació d'enllaç amb la xarxa d'ENDESA**

A més a més dels elements i proteccions que pugui tenir la pròpia instal·lació fotovoltaica i els seus equips annexes (inversor...), la instal·lació elèctrica que uneixi la instal·lació fotovoltaica amb la xarxa d'ENDESA té de tenir els següents elements:

- **Separació galvànica:** La instal·lació té de tenir una separació galvànica entre la xarxa de distribució d'ENDESA i la instal·lació fotovoltaica per mig d'un transformador de seguretat que compleixi amb la norma UNE 60742.
- **Quadre de sortida:** Aquest quadre estarà ubicat a la sortida de la instal·lació fotovoltaica, en un indret accessible a l'empresa distribuïdora, abans de la mesura i contarà amb els següents elements:
  - **Interruptor general manual:** Interruptor general manual: interruptor magnetotèrmic omnipolar amb intensitat de curtcircuit de 6 kA. Aquest interruptor serà accessible a ENDESA a tota hora, per tal de poder realitzar la desconexió manual. Així mateix, aquest interruptor haurà de poder ser bloquejat per ENDESA en la seva posició d'obert, a fi de garantir la desconexió de la instal·lació fotovoltaica en cas necessari.
  - **Interruptor automàtic diferencial:** Amb les característiques adequades per protegir les persones en el cas de derivació d'algun element.
  - **Interruptor automàtic de la interconnexió:** interruptor omnipolar per a la desconexió - connexió automàtica de la instal·lació fotovoltaica en cas de pèrdua de tensió o freqüència nominals de la xarxa, accionat per relès de tensió màxima i mínima (1,1 i 0,85 Um, respectivament, i menys de 0,5 segons de temps d'actuació) i de freqüència màxima i mínima (51 i 49 Hz, respectivament durant més de 5 períodes). Aquestes proteccions, una vegada comprovades, han de quedar precintades per ENDESA; i, per la seva part, el rearmament del sistema de commutació i, per tant, de la connexió amb la xarxa de BT de la instal·lació fotovoltaica, serà automàtic una vegada restablerta la tensió per ENDESA.
  - **NOTA:** Aquest interruptor pot ser eliminat en el cas que les proteccions de freqüència i tensió estiguin integrades a l'inversor i el titular aporti les certificacions especificades a l'article 11 apartat 7 del RD 1663/2000.
- **Caixa general de protecció:** El punt de connexió de la instal·lació fotovoltaica a la xarxa de distribució d'ENDESA s'establirà amb una caixa general de protecció (CGP) exclusivament destinada a aquesta funció, que complirà amb la norma ENDESA NNL010.

### 3.2.10.2 Mesura i facturació de l'energia

Pel que fa als equips de mesura i facturació de l'energia que tindrem de disposar en la instal·lació fotovoltaica de l'alberg, el Real Decret 1663 / 2000 ens menciona el següent al respecte d'aquesta qüestió:

- Quan existeixin consums elèctrics al mateix emplaçament que la instal·lació fotovoltaica (cas del nostre alberg), aquests es situaran en circuits independents dels circuits elèctrics de l'esmentada instal·lació fotovoltaica i dels seus equips de mesura. La mesura d'aquets consums es realitzarà amb equips propis i independents, que serviran de base per a la seva facturació. El comptador de sortida tindrà capacitat de mesurar en ambdós sentits, i, en el seu defecte, es connectarà entre el comptador de sortida i

l'interruptor general un comptador d'entrada. L'energia elèctrica que el titular de la instal·lació facturarà a l'empresa distribuïdora serà la diferència entre l'energia elèctrica de sortida menys la d'entrada a la instal·lació fotovoltaica. En el cas d'instal·lació de dos comptadors no serà necessari contracte de subministrament per a la instal·lació fotovoltaica. Tots els elements integrants de l'equip de mesura, tant els d'entrada com els de sortida d'energia, seran precintats per l'empresa distribuïdora. L'instal·lador autoritzat només podrà obrir els precintes amb el consentiment escrit de l'empresa distribuïdora. No obstant això, en cas de perill poden retirar-se els precintes sense consentiment de l'empresa elèctrica, sent en aquest cas obligatori informar l'empresa distribuïdora amb caràcter immediat.

L'empresa distribuïdora (ENDESA) també ens diu la normativa que es té de seguir en el seu cas, sobre els sistemes de mesura i facturació de l'energia fotovoltaica produïda. Aquests són els trets que té de complir la nostra instal·lació:

- Els elements per a la mesura de l'energia neta produïda per la instal·lació fotovoltaica estaran ubicats en el "mòdul de sortida". Aquest mòdul s'instal·larà a la sortida de la instal·lació fotovoltaica, el més a prop possible de l'escomesa i es trobarà degudament identificat; aquest no estarà dotat de fusibles. El mòdul de sortida serà de tipus armari per a la seva instal·lació en intempèrie i serà precintable.
- El comptador d'energia neta fotovoltaica produïda tindrà la capacitat de mesurar en ambdós sentits o, en el seu defecte, es connectaran en el propi mòdul de sortida dos comptadors en sèrie, un en cada sentit. En la nostra instal·lació tan sols hi haurà 1 comptador de sortida, ja que tan sols es ven l'energia no es consumeix a l'interior de l'alberg. En el nostre cas ens trobem dintre de les especificacions d'ENDESA que ens diuen que per a instal·lacions fotovoltaïques monofàsiques de potència nominal inferior als 5 kW, es tenen de seguir les següents instruccions: Disposar d'un comptador d'activa direccional monofàsic de classe 2 o millor. L'envoltant d'aquest té de complir amb la norma ONSE 33.70-10, tipus C.P.M. 1-D2 sense bases fusibles; la connexió es realitzarà directament als borns de connexió situats a l'interior de l'envoltant.

### 3.2.11 Estructura de suport

L'estructura de suport que disposaran els mòduls fotovoltaïcs de la instal·lació de l'alberg serà la recomanada per la firma SolarWorld. Aquest fabricant recomana el sistema de muntatge per a cobertes inclinades de SolarWorld que s'anomena **Sunfix**.

Tots els sistemes de muntatge Sunfix poden ser adaptats a qualsevol coberta inclinada, per tant es garanteix una utilització òptima de la superfície de muntatge. L'elecció i la utilització de components de la màxima qualitat garanteixen un funcionament de l'estructura sense que hi pugui haver inconvenients a la instal·lació fotovoltaica.

Es té de recordar que aquestes estructures estaran superposades a la teulada de l'alberg, la qual té una inclinació de 25° i es deixarà una distància entre la teulada i el pannel fotovoltaic d'uns 15 cm per tal de que el mòdul es refrigereï el màxim possible

gràcies al vent o a la mateixa temperatura ambient que i pugui haver als voltants de l'alberg.

Per tant s'ha escollit un conjunt de 32 sistemes estructurals amb tots els seus elements per tal de que l'estructura de suport dels mòduls fotovoltaics no produeixi cap tipus de problema a la producció d'energia de la instal·lació.

### 3.2.12 Simulació del sistema fotovoltaic

Un cop ja estava dimensionada tota la instal·lació solar fotovoltaica, s'ha realitzat una simulació mitjançant el software informàtic PVSYST per tal de poder comprovar amb més detall la producció de la instal·lació i les pèrdues que es produeixen segons les característiques que defineixen el nostre sistema fotovoltaic.

En la primera pàgina de l'informe realitzat pel software PVSYST, es poden observar els trets que caracteritzen la instal·lació fotovoltaica, aquests són: la localització geogràfica, la situació, orientació, ombres, característiques del camp fotovoltaic com ara els panells i l'inversor utilitzats.

En la següent pàgina ja se'ns mostra quins són els resultats principals de la simulació del sistema. La dada més característica es tracta de l'energia produïda pel sistema fotovoltaic durant tot una any, aquest valor és de **6.580 kWh / any**, amb un índex de rendiment "*Performance Ratio*" del 78%. L'energia produïda específica del sistema es tracta de la relació que hi ha entre l'energia produïda pel sistema (6.580 kWh/any) i la potència pic del sistema fotovoltaic (5.280 kW<sub>p</sub>); si realitzem aquesta operació tenim que l'energia específica del sistema és de 1.246 kWh / kW<sub>p</sub> / any. En els dos gràfics que s'observen en aquesta mateixa pàgina, es pot comprovar que, com és lògic, els valors màxims de l'energia útil produïda (la que surt de l'inversor) es produeixen en els mesos on hi ha més radiació i hores de sol (mesos d'estiu). Es té de recordar que s'ha calculat l'energia produïda pel sistema de dos mètodes diferents, seguint els passos del Plec de Condicions Tècniques d'Instal·lacions Solars Connectades a la Xarxa i amb aquesta simulació; amb el primer mètode s'ha obtingut un valor de 6.835,35 kWh / any i amb la segon un valor de 6.580 kWh / any; aquesta diferència és deguda a les diverses pèrdues que es produeixen en el sistema fotovoltaic; per tant es considera com a més correcte el valor calculat amb la simulació, ja que aquest sí que té en compte les pèrdues del sistema. Per tant en l'estudi de viabilitat econòmica, utilitzarem el valor de 6.580 kWh / any com a valor de referència.

En la tercera i última pàgina de l'informe, es visualitza quin és el diagrama de pèrdues que es produeix en la instal·lació solar fotovoltaica de l'alberg. En aquest diagrama es pot observar quines són aquestes pèrdues que ens afecten, les més importants es mencionen a continuació: pèrdues de l'inversor durant el seu funcionament (eficiència), pèrdues fotovoltaïques degut al nivell d'irradiància, pèrdua per la qualitat del mòdul, pèrdua fotovoltaïca deguda a la temperatura...

Tot seguit es pot observar els resultats obtinguts amb la simulació del programa PVSYST de la instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa de l'alberg ubicat al P. N. dels Ports de Tortosa – Beseit.

PVSYST V4.33		Page 1/3	
<b>Sistema conectado a la red: Parámetros de simulación</b>			
<b>Proyecto : Alberg Caro</b>			
<b>Lugar geográfico</b>	<b>Roquetes</b>	<b>País</b>	<b>España</b>
<b>Situación</b>	Latitud 40.8N	Longitud	0.3E
Hora definida como	Hora legal Zona horaria UT+1	Altitud	1050 m
	Albedo 0.20		
<b>Datos meteorológicos :</b> Roquetes , synthetic hourly data			
<b>Variante de simulación : Projecte Alberg</b>			
	Fecha de simulación	23/04/09 10h33	
<b>Parámetros de simulación</b>			
<b>Orientación de plano de colector</b>	Inclinación 25°	Azimut	-60°
<b>Horizonte</b>	Horizonte libre		
<b>Sombras próximas</b>	Sin sombras		
<b>Características de campo FV</b>			
<b>Módulo FV</b>	Si-mono	Modelo	<b>SW 165 Mono</b>
		Fabricante	SolarWorld
Número de módulos FV	En serie	8 módulos	En paralelo 4 cadenas
Total número de módulos FV	Nº módulos	32	Potencia nom. un. 165 Wp
Potencia total campo	Nominal (STC)	<b>5.3 kWp</b>	En cond. funcionamiento 4.7 kWp (50°C)
Condiciones de operación del campo (50°C)	U mpp	250 V	I mpp 19 A
Superficie total	Superficie de módulo	<b>41.7 m²</b>	
<b>Factores de pérdida de campo FV</b>			
Factor de pérdida de calor	ko (const)	29.0 W/m²K	kv (viento) 0.0 W/m²K / m/s
=> Temp. nom. func. col. (800 W/m², Tamb=20°C, viento 1 m/s)			NOCT 45 °C
Pérdida óhmica de cables	Res. campo total	124.7 mOhm	Fracción de pérdida 0.8 % en STC
Pérdida de diodos serie	Caída de tensión	0.7 V	Fracción de pérdida 0.3 % en STC
Pérdida de calidad de módulo			Fracción de pérdida 3.0 %
Pérdida de desadaptación de módulo			Fracción de pérdida 2.0 % en MPP
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE	IAM =	1-bo (1/cos i - 1)	Parámetro bo 0.05
<b>Parámetro del sistema</b>	Tipo de sistema	<b>Sistema conectado a la red</b>	
<b>Inversor</b>	Modelo	<b>IG 40 EI</b>	
	Fabricante	Fronius	
Características de inversor	Tensión de funcionamiento	150-400 V	Potencia nom. un. 3.5 kW AC
<b>Necesidades de los usuarios :</b> Carga ilimitada (red)			

Traducción sin garantía. Sólo es normativo el texto inglés.

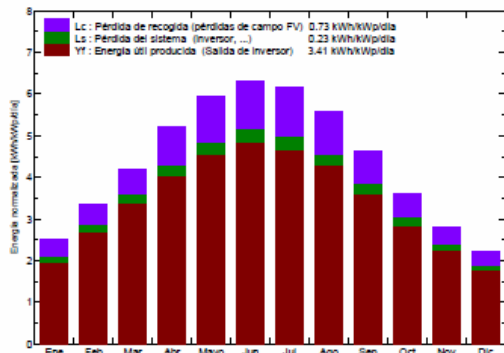
**Sistema conectado a la red: Resultados principales**

**Proyecto :** Alberg Caro  
**Variante de simulación :** Projecte Alberg

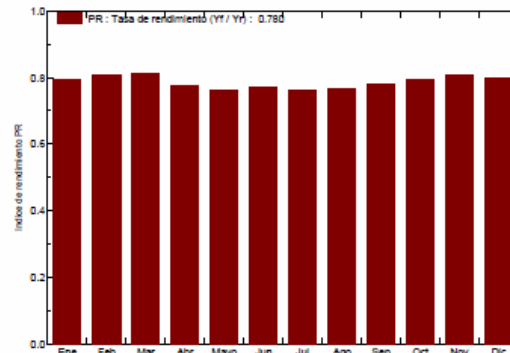
<b>Parámetros principales del sistema</b>		<b>Tipo de sistema</b>	<b>Conectado a la red</b>	
Orientación de campo FV	inclinación	25°	azimut	-60°
Módulos FV	Modelo	SW 165 Mono	Pnom	165 Wp
Campo FV	Nº de módulos	32	Pnom total	<b>5.3 kWp</b>
Inversor	Modelo	IG 40 EI	Pnom	3.5 kW ac
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)			

<b>Resultados de simulación principales</b>				
Producción del sistema	<b>Energía producida</b>	<b>6580 kWh/año</b>	Específico	1246 kWh/kWp/año
	Índice de rendimiento PR	78.0 %		

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 5.3 kWp



Índice de rendimiento PR



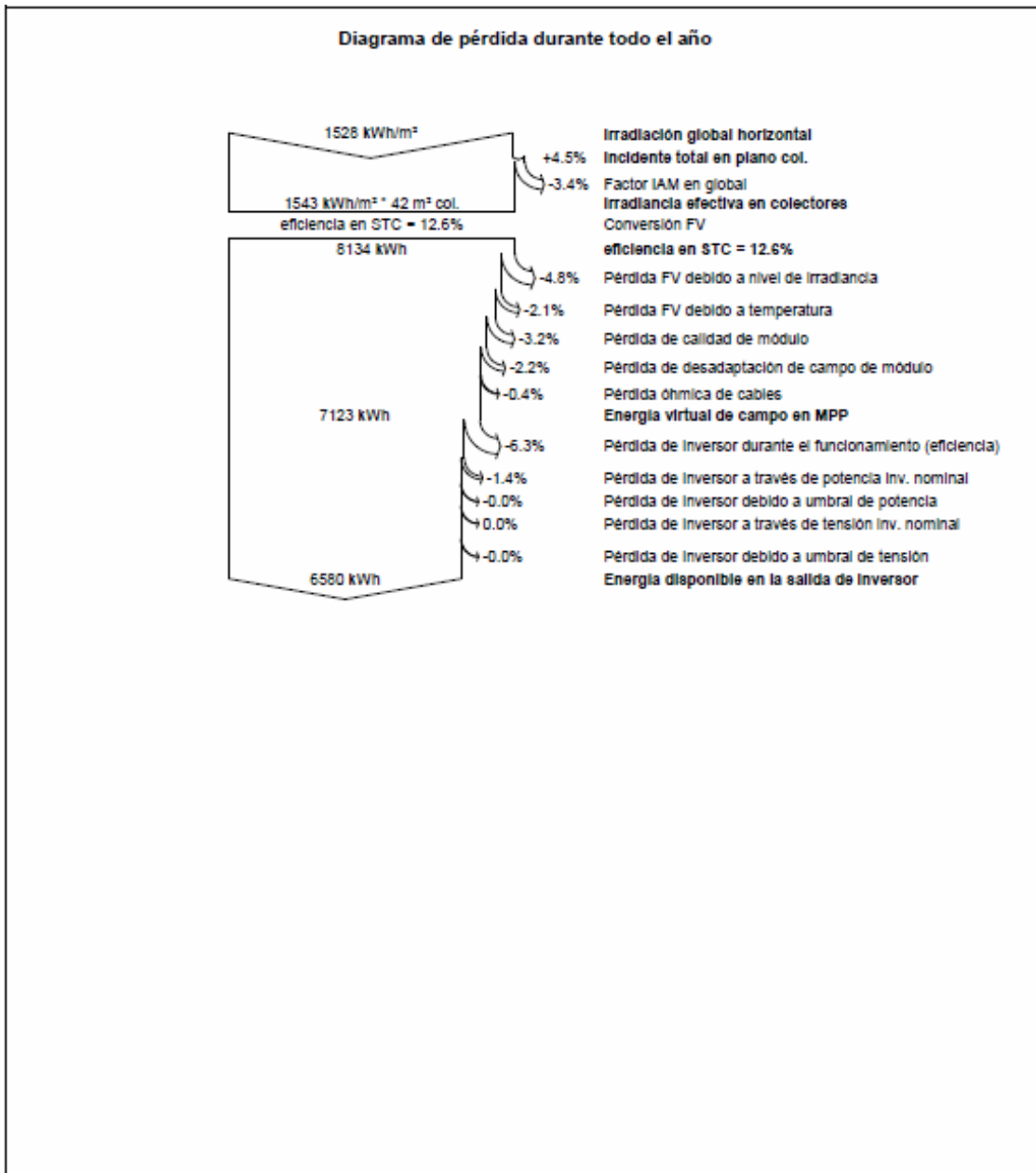
**Projecte Alberg**  
**Balances y resultados principales**

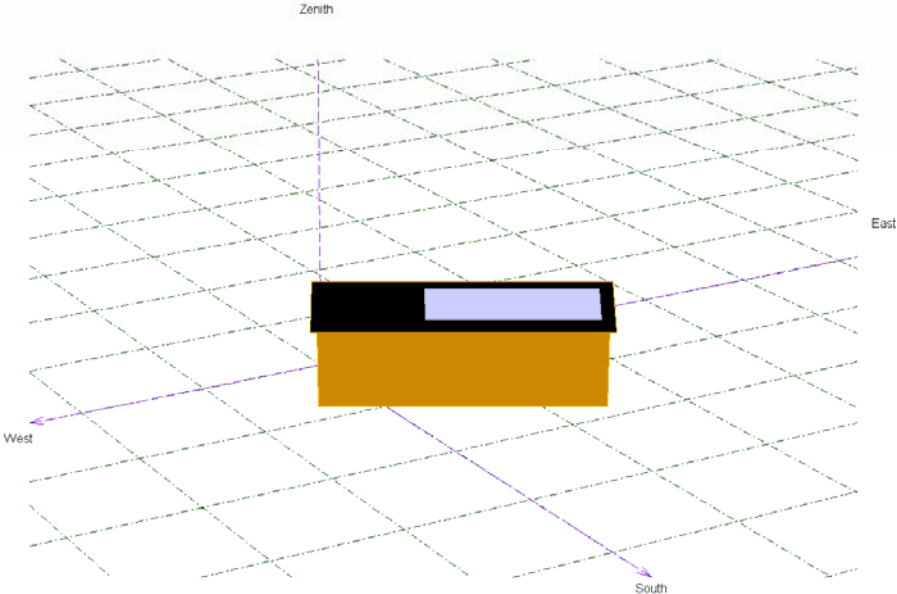
	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	T Amb °C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	EArray kWh	EOutInv kWh	EffArrR %	EffSysR %
Enero	62.8	5.50	77.2	73.6	346.1	323.8	10.75	10.06
Febrero	80.3	5.80	93.7	90.1	426.2	399.2	10.90	10.21
Marzo	120.2	5.70	129.3	125.1	591.4	553.9	10.96	10.26
Abril	152.9	9.20	156.0	151.0	682.7	639.2	10.49	9.82
Mayo	188.1	12.20	184.4	178.9	794.1	743.1	10.32	9.66
Junio	196.0	16.40	188.8	183.2	821.9	770.1	10.43	9.77
Julio	197.2	19.60	190.9	185.2	817.3	765.6	10.26	9.61
Agosto	173.2	19.10	173.2	167.7	747.8	700.5	10.34	9.69
Septiembre	133.3	14.80	139.4	134.8	611.4	573.0	10.51	9.85
Octubre	99.2	10.40	111.3	107.1	497.2	465.6	10.70	10.02
Noviembre	68.0	5.20	83.7	80.3	380.2	355.9	10.89	10.19
Diciembre	56.6	3.50	68.9	65.7	310.4	290.4	10.80	10.10
<b>Año</b>	<b>1527.9</b>	<b>10.65</b>	<b>1596.8</b>	<b>1542.6</b>	<b>7026.5</b>	<b>6580.4</b>	<b>10.54</b>	<b>9.88</b>

Leyendas:	GlobHor Irradiación global horizontal	EArray Energía efectiva en la salida del campo
	T Amb Temperatura ambiente	EOutInv Energía disponible en la salida de inversor
	GlobInc Incidente total en plano col.	EffArrR Efic. campo Esal / sup. bruta
	GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombras	EffSysR Efic. sistema Esal / sup. bruta

Traducción sin garantía. Sólo es normativo el texto inglés

PVSYST V4.33			Page 3/3
<b>Sistema conectado a la red: Diagrama de pérdidas</b>			
<b>Proyecto :</b>		<b>Alberg Caro</b>	
<b>Variante de simulación :</b>		<b>Projecte Alberg</b>	
<b>Parámetros principales del sistema</b>	<b>Tipo de sistema</b>	<b>Conectado a la red</b>	
Orientación de campo FV	inclinación	25°	azimut -60°
Módulos FV	Modelo	SW 165 Mono	Pnom 165 Wp
Campo FV	Nº de módulos	32	Pnom total <b>5.3 kWp</b>
Inversor	Modelo	IG 40 EI	Pnom 3.5 kW ac
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)		



PVSYST V4.33			
<b>Near shading situation</b>			
<b>Near Shadings :</b>	New shading scene		
<b>Geographical Site</b>	<b>Roquetes</b>	<b>Country</b>	<b>Spain</b>
<b>Defined active PV fields</b>	(Multi) Rectangular field no 1	area	42 m <sup>2</sup>
Orientation:	Tilt 25°	Azimuth	30°
Constant shading factors	Diffuse Factor 1.000	Albedo Factor	1.000
			

### 3.2.13 Estudi de viabilitat econòmica

Un cop ja tenim del tot dimensionat i disposem de la partida de pressupost de la nostra instal·lació solar fotovoltaica és el moment de realitzar l'estudi de viabilitat econòmica, que serà l'encarregat de fer-nos veure si la instal·lació és o no rentable.

L'estudi que es realitza serà un estudi de recuperació de la inversió, és a dir, un cop calculat el pressupost de la inversió de la instal·lació solar fotovoltaica, després mirarem el temps que tardem en recuperar aquesta inversió amb l'energia que hem venut a la empresa distribuïdora de l'energia (aquesta té l'obligatorietat de comprar-nos aquesta energia).

El Real Decret 1578/2008, de 26 de Setembre, és l'encarregat de dir quina és la retribució de l'activitat de producció d'energia elèctrica mitjançant tecnologia solar fotovoltaica per a instal·lacions posteriors a la data límit de manteniment de la retribució del Real Decret 661/2007, de 25 de maig, per aquesta tecnologia. Aquest mateix decret ens indica la tipologia de les instal·lacions fotovoltaïques, en el nostre cas ens trobem dintre del tipus I, que són aquelles instal·lacions que es troben ubicades en cobertes o fatxades de construccions fixes, tancades, fetes de materials resistents, dedicades a ús residencial, de serveis, comercial o industrial. Les instal·lacions d'aquest tipus, a la vegada, s'agrupen en dos sub-tipus: 1 amb potències iguals o inferiors als 20 kW i 2 amb potències superiors als 20 kW. Per tant la nostra instal·lació fotovoltaica com que té una potència inferior als 20 kW, es troba dintre del tipus I. 1.

En quan a les tarifes que es seguiran segons la tipologia de la instal·lació tenim que en el nostre cas, tipus I. 1, la tarifa regulada en (cèntims d'€ / kWh) és de 34,00. Per tant aquesta serà la nostra retribució per kWh d'energia útil (injectada a la xarxa de distribució) produïda.

Per tant, sabent quina és l'energia produïda pel nostre sistema solar fotovoltaic al llarg de l'any (6.580 kWh / any, simulació PVSYST) i la tarifa la qual la companyia distribuïdora d'energia ens comprarà l'energia produïda (0,34 € / kWh) podem saber quina serà la retribució anual que obtindrem. Aquesta retribució la calculem mitjançant la següent fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Retribució econòmica} &= \text{Producció energètica (kWh / any)} \cdot \text{Preu energia (€ / kWh)} = \\ &= 6.580 \frac{\text{kWh}}{\text{any}} \cdot 0,34 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 2.237,2 \text{ € / any} \end{aligned} \quad (56)$$

Els diners que generarà la instal·lació fotovoltaica de l'alberg en un any ascendeixen a la quantitat de **2.237,2 € a l'any**.

En quan al pressupost de la partida referent a la instal·lació solar fotovoltaica, aquest ascendeix a la quantitat de vint-i-quatre mil quatre-cents quinze euros amb un cèntim (24.415,01 €), veure més detalls en l'apartat sobre el pressupost d'aquest present projecte.

Un cop ja disposem dels valors del pressupost total i de la retribució econòmica que obtindrem, ja podem calcular quin serà el temps necessari en recuperar la inversió. Aquest càlcul de retorn de la inversió es realitzarà mitjançant un full de càlcul econòmic adequat a les instal·lacions solars fotovoltaïques.

Al contrari que en el cas de la instal·lació solar tèrmica en la qual hem pogut obtenir una subvenció, en el cas de les instal·lacions solars fotovoltaïques connectades a la xarxa de distribució no podem optar a cap tipus de subvenció econòmica per part de l'administració, ja que actualment aquestes subvencions tan sols es donen en les instal·lacions fotovoltaïques aïllades.

En aquest estudi s'ha considerat el cost d'oportunitat en un valor del 4,5 %, aquest valor es pren tenint com a referència els bons de l'estat més un 1 o 2 % més. La taxa de creixement anual (inflació) del cost de l'energia convencional es valora en un 2,5 %.

La legislació contempla deduccions fiscals per a les inversions en energies renovables. Com que aquest fet representarà un estalvi en els impostos, es té de tenir en compte en el moviment de fons, encara que aquest fet es produirà tan sols en el primer any. D'acord amb el Real Decret legislatiu 4/2002 sobre l'impost de Societats, la deducció fiscal en aquest tipus d'instal·lacions és del 12 % de l'import de la inversió no subvencionada, en aquest cas, però, la deducció fiscal es realitzarà en tres períodes anuals, el primer any amb una deducció del 6%, i en el segon i el tercer any es disposarà d'una deducció del 4 i el 2 % respectivament.

El cost del manteniment d'aquest tipus d'instal·lació, s'ha considerat d'un 2% de la inversió realitzada (488 €/any), ja normalment és aquest percentatge el que s'aplica en les instal·lacions solars fotovoltaïques connectades a la xarxa de distribució.

Les amortitzacions de la instal·lació s'han considerat a 10 anys, és a dir, en aquest període de temps es tindrà d'abonar a l'entitat que ens hagi subministrat l'hipotètic crèdit la quantitat de diners que ens ha deixat per pagar la instal·lació.

Finalment, el VAN (Valor Actual Net) serà de 19,772 €, el valor del TIR (Taxa Interna de Rendibilitat) serà del 13,13 % i el VIR del 0,81 %.

Tal com es podrà observar en les posteriors imatges, el retorn de la inversió que tindriem de la instal·lació solar tèrmica de l'alberg serà de nou anys, ja que a partir d'aquest període (color verd) el moviment de fons actualitzat acumulat és positiu. Per tant, com a conclusió, i tenint en compte que la vida útil d'una instal·lació d'aquestes característiques és de 25 anys, podem afirmar que es tracta d'una bona inversió; ja que a partir d'aquests 9 anys obtindriem els primers beneficis i retribucions de la instal·lació fotovoltaïca.

**PROJECTE:**

**Instal·lació solar fotovoltaica de l'alberg**

4,5 % act.

2,5 % inflació

ANY	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
4,5 % act.	1,0000	0,9569	0,9157	0,8763	0,8386	0,8141	0,7904	0,7674	0,7451	0,7234
2,5 % inflació	1,0000	0,9756	0,9518	0,9286	0,9060	0,8839	0,8623	0,8413	0,8207	0,8007

INV.NOMINAL	€	-24.415								
INV. NOM.ACUMUL.	€	-24.415								
INV.REAL	€	-24.415								
INV.REAL.ACUM.	€	-24.415								
<b>FONS ABSORBIT</b>		<b>-24.415</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Ingresos	Kwh	6.580								
Preu	€/kwh	0,34								
Deducció Fiscal *		1.465	977	488						
<b>INGRESOS</b>	€		<b>2.293</b>	<b>2.350</b>	<b>2.409</b>	<b>2.469</b>	<b>2.531</b>	<b>2.594</b>	<b>2.659</b>	<b>2.726</b>
	€									
MTM+Otros (2%)	€	488	501	513	526	539	552	566	580	595
Amortitzacions(10 anys) s/	€	<b>24.415</b>	2.442	2.442	2.442	2.442	2.442	2.442	2.442	2.442
<b>BaII</b>	€		-649	-604	-558	-511	-463	-413	-363	-311
Impost 25%	€									
<b>BDI*</b>	€		-649	-604	-558	-511	-463	-413	-363	-311
<b>FONS GENERAT *</b>	€	<b>1.465</b>	<b>1.793</b>	<b>2.326</b>	<b>1.883</b>	<b>1.930</b>	<b>1.979</b>	<b>2.028</b>	<b>2.079</b>	<b>2.131</b>
<b>MOVIMENT FONS</b>	€	<b>-22.950</b>	<b>11.243</b>	<b>2.326</b>	<b>1.883</b>	<b>1.930</b>	<b>1.979</b>	<b>2.028</b>	<b>2.079</b>	<b>2.131</b>
	€									
<b>MFAct.</b>	€	<b>-22.950</b>	<b>10.758</b>	<b>2.130</b>	<b>1.650</b>	<b>1.619</b>	<b>1.611</b>	<b>1.603</b>	<b>1.595</b>	<b>1.588</b>
<b>MFActAcum</b>	€	<b>-22.950</b>	<b>-12.192</b>	<b>-10.062</b>	<b>-8.411</b>	<b>-6.793</b>	<b>-5.182</b>	<b>-3.579</b>	<b>-1.983</b>	<b>1.184</b>
<b>MFA simple</b>	€	<b>-22.950</b>	<b>-11.707</b>	<b>-9.382</b>	<b>-7.498</b>	<b>-5.568</b>	<b>-3.589</b>	<b>-1.561</b>	<b>518</b>	<b>2.649</b>
<b>VAN</b>	k€	<b>19.772</b>								
<b>TIR</b>	%	<b>13,13%</b>								
<b>VIR</b>		<b>0,81</b>								

9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
0,7234	0,7023	0,6818	0,6620	0,6427	0,6240	0,6058	0,5882	0,5710	0,5544	0,5382	0,5226	0,5073	0,4926	0,4782	0,4643	0,4508
0,8007	0,7812	0,7621	0,7436	0,7254	0,7077	0,6905	0,6736	0,6572	0,6412	0,6255	0,6103	0,5954	0,5809	0,5667	0,5529	0,5394
<hr/>																
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<hr/>																
2.794	2.864	2.935	3.009	3.084	3.161	3.240	3.321	3.404	3.489	3.577	3.666	3.758	3.851	3.948	4.046	4.148
<hr/>																
610	625	641	657	673	690	707	725	743	762	781	800	820	841	862	883	905
2.442	2.442															
-257	-203	2.295	2.352	2.411	2.471	2.533	2.596	2.661	2.728	2.796	2.866	2.937	3.011	3.086	3.163	3.242
		574	588	603	618	633	649	665	682	699	716	734	753	772	791	811
-257	-203	1.721	1.764	1.808	1.853	1.900	1.947	1.996	2.046	2.097	2.149	2.203	2.258	2.315	2.372	2.432
<hr/>																
2.184	2.239	1.721	1.764	1.808	1.853	1.900	1.947	1.996	2.046	2.097	2.149	2.203	2.258	2.315	2.372	2.432
<hr/>																
2.184	2.239	1.721	1.764	1.808	1.853	1.900	1.947	1.996	2.046	2.097	2.149	2.203	2.258	2.315	2.372	2.432
<hr/>																
1.580	1.572	1.173	1.168	1.162	1.156	1.151	1.145	1.140	1.134	1.129	1.123	1.118	1.112	1.107	1.102	1.096
1.184	2.756	3.930	5.098	6.260	7.416	8.567	9.712	10.852	11.986	13.115	14.238	15.356	16.468	17.575	18.676	19.772
4.833	7.072	8.793	10.557	12.365	14.218	16.118	18.065	20.061	22.107	24.204	26.353	28.556	30.814	33.129	35.501	37.933

### 3.3 Càlculs i dimensionat de la instal·lació elèctrica de B.T.

#### 3.3.1 Introducció

L'alberg on es realitza el present projecte ja està construït i, per tant, compta amb totes les instal·lacions d'un lloc de concurrència (aigua potable, electricitat, calefacció, sistema contra incendis...). El que es realitzarà en aquest projecte sobre el càlcul i dimensionat de la instal·lació elèctrica de baixa tensió, és ampliar la potència de l'alberg; la potència s'ampliarà degut a que es col·locaran noves línies d'enllumenat i endolls. Més exactament s'ampliarà la potència per tal de que ens permeti disposar d'una rentadora i una assecadora a la zona de la cuina (planta baixa, veure plànol 14) i també poder electrificar una part de l'alberg que actualment està en obres per tal d'albergar una sala d'activitats, aquesta sala s'electrificarà amb una línia per l'enllumenat de la sala i l'altra per connectar qualsevol receptor als endolls. Per tant el que es realitzarà és una previsió de la nova potència a contractar i tot el que això suposarà en quan als elements de la instal·lació elèctrica (proteccions, seccions del cablatge...).

Per tal de realitzar els diferents càlculs elèctrics, tal com ja s'ha comentat en l'apartat 2.4.3 sobre programes de càlcul utilitzats en el projecte, s'ha utilitzat el software informàtic per a càlcul d'instal·lacions elèctriques CIEBT de l'empresa dmElect. Aquest es tracta d'un programa el qual a partir d'un esquema i potència del quadre i línies et calcula les seccions i proteccions que té de tenir cadascun dels elements de la instal·lació projectada. En tot moment es seguiran les indicacions del REBT, per a cadascun dels aspectes a tractar (línies, seccions, proteccions...).

El grau d'electrificació a aplicar ve especificat en el REBT en la ITC-BT-10 que tracta sobre la previsió de càrregues per a subministres en baixa tensió. Cal esmentar que actualment l'alberg disposa d'una potència contractada de 5.750 W; per tant aquest valor augmentarà un cop calculéssim les noves càrregues anteriorment esmentades. El REBT diu el següent:

- Càrrega corresponent a serveis generals: Serà la suma de la potència prevista en ascensors, aparells elevadors, centrals de calor i fred, grups de pressió, enllumenat del portal, caixa de l'escala i espais comuns i en tot el servei elèctric en general de l'edifici sense aplicar cap factor de reducció per simultaneïtat, per tant el factor de simultaneïtat serà igual a 1.
- Els locals comercials i oficines, però, la previsió de càrrega és de  $100 \text{ W/m}^2$ , amb un mínim de previsió de 3.450 W a 230 V i un coeficient de simultaneïtat igual a 1.

En les zones de les diverses instal·lacions elèctriques on no és coneix la potència dels receptors que es tenen d'instal·lar, es tindrà de realitzar un estudi més detallat sobre les línies d'enllumenat i línies de receptors.

### 3.3.2 Demanda de potència

Abans de començar a estimar les demandes de potència que tindrà la nova instal·lació elèctrica de l'alberg, es té de recordar que la potència actual contractada per l'alberg és de 5.750 W.

Un cop disposem d'aquesta dada és el moment de determinar quina serà la estimació de la nova potència de l'alberg; abans de començar amb això, tenim de recordar les noves línies que pretenem introduir en el sistema elèctric de l'alberg, aquestes són: una línia per a la rentadora (presa de corrent), una altra per la assecadora (presa de corrent), la tercera per l'enllumenat de la sala d'activitats i la última per a la dels endolls d'aquesta mateixa sala.

En aquesta primera previsió de potència es tindrà de tenir en compte un coeficient anomenat de majoració ( $K_m$ ), aquest coeficient es fa servir en les línies d'enllumenat i pren un valor de 1,8. En aquesta primera previsió de potències el coeficient de simultaneïtat ( $K_s$ ) prendrà el valor de la unitat (1); més tard ja aplicarem aquest coeficient o factor de correcció segons el REBT i l'ús que es faci d'aquestes línies.

En la previsió de potència s'han adoptat els següents valors, tot seguint les instruccions de la taula 1 sobre característiques elèctriques dels circuits de la ITC-BT-25 sobre instal·lacions interiors en habitatges:

- Preses de corrent d'ús general = 3.450 W (sala activitats)
- Enllumenat sala activitats = 6 fluorescents de 58 W de potència = 348 W
- Presa de corrent circuit rentadora = 3.450 W
- Presa de corrent circuit assecadora = 3.450 W

Un cop disposem d'aquestes dades ja podem calcular la relació de potències que tindrem en funció de si la línia és d'enllumenat o bé si és solament de preses de corrent (endolls). Utilitzarem la següent fórmula:

$$P_{Calculada} = P_{instal·lada} \cdot K_m \cdot K_s \quad (57)$$

On,

$P_{Calculada}$  = Potència calculada final

$P_{instal·lada}$  = Potència nominal línies

$K_m$  = Coeficient de majoració (enllumenat = 1,8)

$K_s$  = Coeficient de simultaneïtat (en aquest cas = 1)

Tot seguit en la *figura 48* s'observa el quadre de previsió de potència calculada:

Punts de consum	$P_{instal·lada}$ (W)	Tensió (V)	$K_m$	$K_s$	$P_{calculada}$ (W)
P. de C. sala activitats	3.450	230	1	1	3.450
Enllumenat sala activitats	348	230	1.8	1	626,4
Presa de corrent rentadora	3.450	230	1	1	3.450
Presa de corrent assecadora	3.450	230	1	1	3.450
<b>Total</b>	<b>10.698</b>	-	-	-	<b>10.976,4</b>

Figura 48: Previsió de la nova potència

Un cop disposem del valor de la previsió de la nova potència, és el moment d'aplicar el pertinent coeficient de simultaneïtat a cadascuna de les línies i receptors nous que disposarem a la instal·lació elèctrica de l'alberg. Recordem que el coeficient de simultaneïtat es tracta d'un factor de correcció inferior a la unitat, i que es fa servir per reduir la potència de consum en un circuit o grups de circuits, partint de la premissa de que no tots els receptors estan funcionant a la vegada.

Per tal d'establir el coeficient de simultaneïtat i el factor d'utilització de cada circuit que electrificarem, ens hem basat en el REBT, i més concretament en la ITC-BT-25 sobre instal·lacions interiors en habitatges. Dintre d'aquest apartat del reglament es troba la taula 1, on se'ns mostren els diversos valors comuns segons el circuit d'utilització elèctric. Els factors que ens incumbeixen són els següents:

- Circuit d'enllumenat: 0,75
- Circuit de presa de corrent d'ús general: 0,2
- Circuit rentadora: 0,66
- Circuit assecadora: 1

Un cop disposem d'aquests valors sobre els coeficients de simultaneïtat que es tenen d'aplicar, ja els podrem aplicar a les potències anteriorment calculades; els resultats es poden observar a la *figura 49*.

Punts de consum	$P_{calculada}$ (W)	$K_s$	$P_{final}$ (W)
Presa de corrent sala activitats	3.450	0,2	690
Enllumenat sala activitats	626,4	0,75	469,8
Presa de corrent rentadora	3.450	0,66	2.277
Presa de corrent assecadora	3.450	1	3.450
<b>Total</b>	<b>10.976,4</b>		<b>6.886,8</b>

Figura 49: Previsió de la potència final

Com ja tenim el valor de la potència final havent-hi aplicat els pertinents coeficients de simultaneïtat, és el moment de sumar aquesta potència a la de la ja

existent a l'alberg (5.750 W) per tal de poder determinar quina serà la nova potència a contractar de l'alberg. Si realitzem aquesta operació obtindrem els següents valors:

$$P_{a\text{ contractar}} = P_{actual} + P_{final} = 5.750\text{ W} + 6.886,8\text{ W} = 12.636,8\text{ W} \quad (58)$$

Una vegada realitzada aquesta operació, és el moment de decidir quina serà la nova potència a contractar a l'alberg, s'ha considerat oportú contractar una potència de 14.490 W (monofàsics), ja que d'aquesta forma si algun dia es volgués realitzar una ampliació de la instal·lació elèctrica de l'alberg ja es disposaria d'un petit marge de potència.

En quan a les característiques de la línia exterior que alimenta l'alberg, aquesta ve des d'un centre de transformació de 160 kVA propietat de la companyia FECSA – ENDESA i que es troba situat a uns 2 km de l'alberg.

### 3.3.3 Dimensionament de la instal·lació

#### 3.3.3.1 Fórmules utilitzades

A continuació es presenten les diverses fórmules que ha estat utilitzades per tal de realitzar el càlcul i dimensionament de la instal·lació elèctrica.

➤ **Sistema Trifàsic:**

$$I = \frac{P_c}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi \cdot R} = (A) \quad (59)$$

$$e = \frac{L \cdot P_c}{k \cdot U \cdot n \cdot S \cdot R} + \frac{L \cdot P_c \cdot X_u \cdot \sin \varphi}{1000 \cdot U \cdot n \cdot R \cdot \cos \varphi} = (V) \quad (60)$$

➤ **Sistema Monofàsic:**

$$I = \frac{P_c}{U \cdot \cos \varphi \cdot R} = (A) \quad (61)$$

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot P_c}{k \cdot U \cdot n \cdot S \cdot R} + \frac{2 \cdot L \cdot P_c \cdot X_u \cdot \sin \varphi}{1000 \cdot U \cdot n \cdot R \cdot \cos \varphi} = (V) \quad (62)$$

On,

PC = Potència de Càlcul en [kW]

L = Longitud de Càlcul en metres

$e$  = Caiguda de tensió en Volts  
 $K$  = Conductivitat  
 $I$  = Intensitat en Ampers  
 $U$  = Tensió de Servei en Volts (Trifàsica o Monofàsica)  
 $S$  = Secció del conductor en  $\text{mm}^2$   
 $\cos \varphi$  = Cosinus de fi. Factor de potència  
 $R$  = Rendiment. (Per a línies motor)  
 $n$  = nombre de conductors per fase  
 $X_u$  = Reactància per unitat de longitud en  $\text{m } \Omega/\text{m}$

➤ **Fórmula de la conductivitat elèctrica**

$$K = \frac{1}{\rho} \quad (63)$$

$$\rho = \rho_{20} [1 + \alpha(T - 20)] \quad (64)$$

$$T = T_0 + [(T_{\max} - T_0)(I / I_{\max})^2] \quad (65)$$

On,

$K$  = Conductivitat del conductor a la temperatura  $T$   
 $\rho$  = Resistivitat del conductor a la temperatura  $T$   
 $\rho_{20}$  = Resistivitat del conductor a  $20^\circ\text{C}$ : Cu = 0,018; Al = 0,029  
 $\alpha$  = Coeficient de temperatura: Cu = 0,00392; Al = 0,00403  
 $T$  = Temperatura del conductor ( $^\circ\text{C}$ )  
 $T_0$  = Temperatura ambient ( $^\circ\text{C}$ ): Cables soterrats =  $25^\circ\text{C}$ ; Cables a l'aire =  $40^\circ\text{C}$   
 $T_{\max}$  = Temperatura màxima admissible del conductor ( $^\circ\text{C}$ ): XLPE, EPR =  $90^\circ\text{C}$ ;  
 PVC =  $70^\circ\text{C}$   
 $I$  = Intensitat prevista pel conductor (A)  
 $I_{\max}$  = Intensitat màxima admissible del conductor (A)

➤ **Fórmula del curtcircuit**

$$I_{pccI} = \frac{C_t \cdot U}{\sqrt{3} \cdot Z_t} \quad (66)$$

On,

$I_{pccI}$  = intensitat permanent de c.c. en inici de la línia en c.a.  
 $C_t$  = Coeficient de tensió  
 $U$  = Tensió trifàsica en V  
 $Z_t$  = Impedància total en mohm, aigües dalt del punt de c.c. (sense incloure la línia o circuit en estudi)

$$I_{pccF} = \frac{C_t \cdot U_F}{2 \cdot Z_t} \quad (67)$$

On,

$I_{pccF}$  = Intensitat permanent de c.c. en fi de línia en c.a.

$C_t$  = Coeficient de tensió

$U_F$  = Tensió monofàsica en V

$Z_t$  = Impedància total en mohm, incloent la pròpia de la línia o circuit (per tant és igual a la impedància en origen més la pròpia del conductor o línia)

La impedància total fins el punt de curtcircuit serà:

$$Z_t = \left( R_t^2 + X_t^2 \right)^{1/2} \quad (68)$$

On,

$R_t = R_1 + R_2 + \dots + R_n$  (suma de les resistències de les línies aigües dalt fins al punt de c.c.)

$X_t = X_1 + X_2 + \dots + X_n$  (suma de les reactàncies de les línies aigües dalt fins al punt de c.c.)

$R = L \cdot 1000 \cdot CR / K \cdot S \cdot n$  (mohm)

$X = X_u \cdot L / n$  (mohm)

$R$  = Resistència de la línia en mohm

$X$  = Reactància de la línia en mohm

$L$  = Longitud de la línia en m

$CR$  = Coeficient de resistivitat

$K$  = Conductivitat del metall

$S$  = Secció de la línia en mm<sup>2</sup>

$X_u$  = Reactància de la línia, en mohm per metre

$n$  = núm. de conductors per fase

$$T_{mcicc} = \frac{C_c \cdot S^2}{I_{pccF}^2} \quad (69)$$

On,

$T_{mcicc}$  = Temps màxim en segons que un conductor suporta una  $I_{pcc}$

$C_c$  = Constant que depèn de la naturalesa del conductor i del seu aïllament

$S$  = Secció de la línia en mm<sup>2</sup>

$I_{pccF}$  = Intensitat permanent de c.c. en final de línia en A

$$T_{ficc} = \frac{cte \text{ fusible}}{I_{pccF}^2} \quad (70)$$

On,

$T_{ficc}$  = temps de fusió d'un fusible per a una determinada intensitat de curtcircuit

$I_{pccF}$  = Intensitat permanent de c.c. en fi de línia en A

$$L_{max} = \frac{0,8 \cdot U_F}{2 \cdot I_{F5} \cdot \sqrt{(1,5 / K \cdot S \cdot n)^2 + (X_u / n \cdot 1000)^2}} \quad (71)$$

On,

$L_{\max}$  = Longitud màxima de conductor protegit a c.c. (m) (per a protecció per fusibles)

$U_F$  = Tensió de fase (V)

$K$  = Conductivitat

$S$  = Secció del conductor ( $\text{mm}^2$ )

$X_u$  = Reactància per unitat de longitud (mohm/m). En conductors aïllats sol ser 0,1

$n$  = núm. de conductors per fase

$C_t = 0,8$ ; és el coeficient de tensió

$CR = 1,5$ ; és el coeficient de resistència

IF5 = Intensitat de fusió en ampers de fusibles en 5 segons

- Corbes vàlides per a protecció d'interruptors automàtics dotats de relé electromagnètic:

- Corba B                       $IMAG = 5 I_n$
- Corba C                       $IMAG = 10 I_n$
- Corba D i MA               $IMAG = 20 I_n$

### ➤ Fórmules dels embarrats

- Càlcul electrodinàmic:

$$\sigma_{\max} = \frac{I_{pcc^2} \cdot L^2}{(60 \cdot d \cdot W_y \cdot n)} \quad (72)$$

On,

$\sigma_{\max}$  = Tensió màxima en les pletines ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

$I_{pcc}$  = Intensitat permanent de c.c. (ca)

$L$  = Separació entre suports (cm)

$d$  = Separació entre pletines (cm)

$n$  = núm. de pletines per fase

$W_y$  = Mòdul resistent per pletina eix yy ( $\text{cm}^3$ )

$\sigma_{\text{adm}}$  = Tensió admissible material ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

- Comprovació per sollicitació tèrmica en curtcircuit:

$$I_{ccs} = \frac{K_c \cdot S}{(1000 \cdot \sqrt{T_{cc}})} \quad (73)$$

On,

$I_{ccs}$  = Intensitat de c.c. suportada pel conductor durant el temps de duració del c.c

$S$  = Secció total de les pletines ( $\text{mm}^2$ )

$T_{cc}$  = Temps de duració del curtcircuit (s)

$K_c$  = Constant del conductor: Cu = 164; Al = 107

### 3.3.3.2 *Escomesa*

- Tensió de servei: 400 V
- Canalització: Enterrats baix tub (R. Subt.)
- Longitud: 5 m; Cos: 0.8;  $X_u$  (m $\Omega$ /m): 0;
- Potència a instal·lar: 14.490 W
- Potència de càlcul: 12.636,8 W (aplicant els coeficients de simultaneïtat)

$$I = \frac{12636,8}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = 22,79 \text{ A} \quad (74)$$

- S'elegeixen conductors unipolars de 4x16mm<sup>2</sup> Al.
- Aïllament, nivell d'aïllament: XLPPE, 0,6/1kV
- I. ad. a 25°C ( $F_c = 0,8$ ) 77,8 A, segons ITC-BT-07
- Diàmetre tub: 63 mm.

Caiguda de tensió:

- Temperatura cable (°C): 34,83

$$e = \frac{5 \cdot 12636,8}{32,54 \cdot 400 \cdot 16} = 0,3 \text{ V} = 0,1 \% \quad (75)$$

- e (total) = 0.1% ADMIS (2% MAX.)

### 3.3.3.3 *Línia general d'alimentació*

- Tensió de servei: 230 V
- Canalització: B-Unip.Tubs Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 0,5 m; Cos: 0.8;  $X_u$  (m $\Omega$ /m): 0;
- Potència a instal·lar: 14.490 W
- Potència de càlcul: 12.636,8 W (aplicant els coeficients de simultaneïtat)

$$I = \frac{12636,8}{230 \cdot 0,8} = 68,67 \text{ A} \quad (76)$$

- S'elegeixen conductors unipolars de 2x25+TTx16mm<sup>2</sup> Cu
- Aïllament, nivell d'aïllament: RZ1-K(AS)
- No propagador d'incendis, i emissió de fums i opacitat reduïda.
- I. ad. a 40°C ( $F_c = 1$ ) 116 A, segons ITC-BT-07
- Diàmetre tub: 110 mm.

Caiguda de tensió:

- Temperatura cable (°C): 70,71

$$e = \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 12636,8}{46,34 \cdot 230 \cdot 25} = 0,048 \text{ V} = 0,02 \% \quad (77)$$

- e (total) = 0.02% ADMIS (2% MAX.)

- Protecció tèrmica, fusibles int. de 100 A

#### 3.3.3.4 *Derivació individual*

- Tensió de servei: 230 V

- Canalització: B-Unip.Tubs Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 1 m; Cos: 0.8; Xu (mΩ/m): 0;

- Potència a instal·lar: 14.490 W

- Potència de càlcul: 12.636,8 W (aplicant els coeficients de simultaneïtat)

$$I = \frac{12636,8}{230 \cdot 0,8} = 68,67 \text{ A} \quad (78)$$

- S'elegeixen conductors unipolars de 2x16+TTx16mm<sup>2</sup> Cu

- Aïllament, nivell d'aïllament: RZ1-K(AS)

- No propagador d'incendis, i emissió de fums i opacitat reduïda.

- I. ad. a 40°C (Fc = 1) 116 A, segons ITC-BT-07

- Diàmetre tub: 50 mm.

Caiguda de tensió:

- Temperatura cable (°C): 89,99

$$e = \frac{2 \cdot 1 \cdot 12636,8}{43,61 \cdot 230 \cdot 16} = 0,15 \text{ V} = 0,068 \% \quad (79)$$

- e (total) = 0.068% ADMIS (2% MAX.)

- Protecció tèrmica:

I. Aut./Bip. In.: 100 A. Térmico reg. Int.Reg.: 91 A.

#### 3.3.3.5 *Línia potència actual*

- Tensió de servei: 230 V

- Canalització: B-Unip.Tubs Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 30 m; Cos: 0.8; Xu (mΩ/m): 0;
- Potència a instal·lar: 5750 W
- Potència de càlcul: 5750 W (aplicant els coeficients de simultaneïtat)

$$I = \frac{5750}{230 \cdot 0,8} = 31,25 \text{ A} \quad (80)$$

- S'elegeixen conductors unipolars de 2x6+TTx6mm<sup>2</sup> Cu
- Aïllament, nivell d'aïllament: PVC, 450/750 V
- I. ad. a 40°C (Fc = 1) 36 A, segons ITC-BT-19
- Diàmetre tub: 25 mm.

Caiguda de tensió:

- Temperatura cable (°C): 62,61

$$e = \frac{2 \cdot 30 \cdot 5750}{47,6 \cdot 230 \cdot 6} = 5,25 \text{ V} = 2,28 \% \quad (81)$$

- e (total) = 2,4% ADMIS (6,5% MAX.)

- Protecció tèrmica:

I. Mag. Bipolar Int. 32 A

Protecció diferencial: Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA.

### 3.3.3.6 Línia sala d'activitats

- Tensió de servei: 230 V
- Canalització: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 1 m; Cos: 0.8; Xu (mΩ/m): 0;
- Potència a instal·lar: 3798 W
- Potència de càlcul: 1159,8 W (Surt de 690 W + 469,8 W, veure figura 49, Ks)

$$I = \frac{1159,8}{230 \cdot 0,8} = 6,3 \text{ A} \quad (82)$$

- S'elegeixen conductors unipolars de 2x2,5+TTx2,5mm<sup>2</sup> Cu
- Aïllament, nivell d'aïllament: PVC, 450/750 V
- I. ad. a 40°C (Fc = 1) 22 A, segons ITC-BT-19

Caiguda de tensió:

- Temperatura cable (°C): 42,74

$$e = \frac{2 \cdot 1 \cdot 1159,8}{51,01 \cdot 230 \cdot 2,5} = 0,079 \text{ V} = 0,34 \% \quad (83)$$

- e (total) = 0,5% ADMIS (4,5% MAX.)

- Protecció tèrmica:

I. Mag. Bipolar Int. 20 A

Protecció diferencial: Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA.

### ➤ Càlcul línia endolls sala activitats

- Tensió de servei: 230 V
- Canalització: B-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 20 m; Cos: 0.8; Xu (mΩ/m): 0;
- Potència a instal·lar: 3450 W
- Potència de càlcul: 3450 W

$$I = \frac{3450}{230 \cdot 0,8} = 18,75 \text{ A} \quad (84)$$

- S'elegeixen conductors unipolars de 2x2,5+TTx2,5mm<sup>2</sup> Cu
- Aïllament, nivell d'aïllament: PVC, 450/750 V
- I. ad. a 40°C (Fc = 1) 21A, segons ITC-BT-19
- D. Tub: 20 mm.

Caiguda de tensió:

- Temperatura cable (°C): 63,92

$$e = \frac{2 \cdot 20 \cdot 3450}{47,4 \cdot 230 \cdot 2,5} = 5,06 \text{ V} = 2,2 \% \quad (85)$$

- e (total) = 2,36% ADMIS (6,5% MAX.)

- Protecció tèrmica:

I. Mag. Bipolar Int. 20 A

### ➤ Càlcul línia enllumenat sala activitats

- Tensió de servei: 230 V
- Canalització: B-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 20 m; Cos: 0.8; Xu (mΩ/m): 0;
- Potència a instal·lar: 348 W
- Potència de càlcul:  $348 \cdot 1,8 \text{ (Km)} = 626,4 \text{ W}$

$$I = \frac{626,4}{230 \cdot 1} = 2,72 \text{ A} \quad (86)$$

- S'elegeixen conductors unipolars de  $2 \times 1,5 + TT \times 1,5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$
- Aïllament, nivell d'aïllament: PVC, 450/750 V
- I. ad. a 40°C (Fc = 1) 15 A, segons ITC-BT-19
- D. Tub: 16 mm.

Caiguda de tensió:

- Temperatura cable (°C): 40,99

$$e = \frac{2 \cdot 20 \cdot 626,4}{51,33 \cdot 230 \cdot 1,5} = 1,41 \text{ V} = 0,62 \% \quad (87)$$

- e (total) = 0,77% ADMIS (4,5% MAX.)

- Protecció tèrmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A

### 3.3.3.7 *Circuits planta baixa*

- Tensió de servei: 230 V
- Canalització: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 1 m; Cos: 0.8; Xu (mΩ/m): 0;
- Potència a instal·lar: 6900 W
- Potència de càlcul: 5727 W (Surt de 2277 W + 3450 W, veure figura 49, Ks)

$$I = \frac{5727}{230 \cdot 0,8} = 31,125 \text{ A} \quad (88)$$

- S'elegeixen conductors unipolars de  $2 \times 4 + TT \times 4 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$
- Aïllament, nivell d'aïllament: PVC, 450/750 V
- I. ad. a 40°C (Fc = 1) 36 A, segons ITC-BT-19

Caiguda de tensió:

- Temperatura cable (°C): 67,79

$$e = \frac{2 \cdot 1 \cdot 5727}{46,79 \cdot 230 \cdot 4} = 0,26 \text{ V} = 0,11 \% \quad (90)$$

- e (total) = 0,23% ADMIS (4,5% MAX.)

- Protecció tèrmica:

I. Mag. Bipolar Int. 32 A

Protecció diferencial: Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA.

### ➤ Càlcul línia rentadora

- Tensió de servei: 230 V
- Canalització: B-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 15 m; Cos: 0.8; Xu (mΩ/m): 0;
- Potència a instal·lar: 3450 W
- Potència de càlcul: 3450 W

$$I = \frac{3450}{230 \cdot 0,8} = 18,75 \text{ A} \quad (91)$$

- S'elegeixen conductors unipolars de 2x2,5+TTx2,5mm<sup>2</sup> Cu
- Aïllament, nivell d'aïllament: PVC, 450/750 V
- I. ad. a 40°C (Fc = 1) 21 A, segons ITC-BT-19
- D. Tub: 20 mm.

Caiguda de tensió:

- Temperatura cable (°C): 63,92

$$e = \frac{2 \cdot 15 \cdot 3450}{47,4 \cdot 230 \cdot 2,5} = 3,8 \text{ V} = 1,65 \% \quad (92)$$

- e (total) = 1,88% ADMIS (6,5% MAX.)

- Protecció tèrmica:

I. Mag. Bipolar Int. 20 A

### ➤ Càlcul línia assecadora

- Tensió de servei: 230 V
- Canalització: B-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 15 m; Cos: 0.8; Xu (mΩ/m): 0;
- Potència a instal·lar: 3450 W
- Potència de càlcul: 3450 W

$$I = \frac{3450}{230 \cdot 0,8} = 18,75 \text{ A} \quad (93)$$

- S'elegeixen conductors unipolars de 2x2,5+TTx2,5mm<sup>2</sup> Cu
- Aïllament, nivell d'aïllament: PVC, 450/750 V
- I. ad. a 40°C (Fc = 1) 21 A, segons ITC-BT-19
- D. Tub: 20 mm.

Caiguda de tensió:

- Temperatura cable (°C): 63,92

$$e = \frac{2 \cdot 15 \cdot 3450}{47,4 \cdot 230 \cdot 2,5} = 3,8 \text{ V} = 1,65 \% \quad (94)$$

- e (total) = 1,88% ADMIS (6,5% MAX.)

- Protecció tèrmica:

I. Mag. Bipolar Int. 20 A

### 3.3.3.8 Resultats obtinguts

En la següent *figura 50* es mostra una taula dels resultats obtinguts en els pertinents càlculs realitzats sobre el quadre general de comandament i protecció amb l'ajut del software CIEBT.

Denominació	P. Càlcul (W)	Dist. Càlc. (m)	Secció (mm <sup>2</sup> )	I. càlcul (A)	I. adm. (A)	C.T. Parc	C.T. Total (%)
Escomesa	12.636,8	5	4x16 Al	22,79	77,8	0,1	0,1
L. Gen. Al.	12.636,8	0,5	2x25+TTx16Cu	68,67	116	0,02	0,02
Derivació I.	12.636,8	1	2x16+TTx16Cu	68,67	116	0,068	0,068
L. Pot. Actual	5.750	30	2x6+TTx6Cu	31,25	36	2,28	2,4
Sala activitats	1.159,8	1	2x2,5+TTx2,5Cu	6,3	22	0,34	0,5
Endolls s. act.	3.450	20	2x2,5+TTx2,5Cu	18,75	21	2,2	2,36
Enllum. s. act.	626,4	20	2x1,5+TTx1,5Cu	2,72	15	0,62	0,77
Planta baixa	5.727	1	2x4+TTx4Cu	31,125	36	0,11	0,23
Rentadora	3.450	15	2x2,5+TTx2,5Cu	18,75	21	1,65	1,88
Assecadora	3.450	15	2x2,5+TTx2,5Cu	18,75	21	1,65	1,88

Figura 50: Taula de resultats obtinguts

I en la *figura 51* s'observa una taula de resultats de l'electrificació de l'alberg però aquest cop en curtcircuit.

Denominació	Longitud (m)	Secció (mm <sup>2</sup> )	I <sub>peccf</sub> (kA)	P. de C. (kA)	I <sub>peccF</sub> (A)	t <sub>mcc</sub> (seg)	Corbes vàlides
L. Gen. Al.	0,5	2x25+TTx16Cu	12	50	5.827,01	0,34	100
Derivació I.	1	2x16+TTx16Cu	11,7	15	5.403,77	0,16	100;B,C,D
L. Pot. Actual	30	2x6+TTx6Cu	10,85	15	747,22	0,85	32;B,C,D
Sala activitats	1	2x2,5+TTx2,5Cu	10,85	15	3.652,34	0,01	20
Endolls s. act.	20	2x2,5+TTx2,5Cu	7,33	10	469,58	0,37	20;B,C,D
Enllum. s. act.	20	2x1,5+TTx1,5Cu	7,33	10	296,61	0,34	10;B,C,D
Planta baixa	1	2x4+TTx4Cu	10,85	15	4.164,47	0,01	30
Rentadora	15	2x2,5+TTx2,5Cu	8,36	10	613,83	0,22	20;B,C,D
Assecadora	15	2x2,5+TTx2,5Cu	8,36	10	613,83	0,22	20;B,C,D

Figura 51: Taula de resultats obtinguts

### 3.3.3.9 Posta a terra

Per realitzar els càlculs, s'han seguit les indicacions de la ITC-BT-18 del REBT, en el qual s'expliquen els diversos mètodes que es poden seguir per calcular la posta a terra d'una instal·lació elèctrica. El cas que seguirem és el d'utilitzar un elèctrode de pica vertical. Per trobar la resistència del terra ( $\Omega$ ), utilitzarem la següent fórmula:

$$R = \frac{\rho}{n \cdot L} \quad (95)$$

On,

R = Resistència del terra ( $\Omega$ )  
 $\rho$  = Resistivitat del terreny ( $\Omega \cdot m$ )  
 n = Número de piques clavades verticalment  
 L = Longitud de les piques

Un cop sabem quin mètode utilitzarem, és el moment de determinar quins seran els valors utilitzats en la nostra instal·lació. La resistivitat del terreny serà de  $500 \Omega \cdot m$ , ja que el terreny on es clavaràn les piques es tracta d'un "*terraplen cultivable poco fertil y otros terraplenes*" veure taula 4 de l'ITC-BT-18 del REBT. El número de piques clavades verticalment serà de 2, i la longitud més general d'aquestes piques és de 2 metres, per tant escollirem aquest valor com a l'adequat. Un cop disposem d'aquestes dades ja podem calcular la resistència del terreny, tot aplicant la fórmula 53.

$$R = \frac{500 \Omega \cdot m}{2 \cdot 2 m} = 125 \Omega \quad (96)$$

Un cop coneixem la resistència que ens ofereix el terra, i segons el que diu el REBT, es té de conèixer que la resistència de terra té de ser tal que qualsevol massa pugui donar lloc tensions de contacte superiors a 24 V en un local o emplaçament conductor. Com que ja hem vist que disposem d'un sistema de protecció diferencial de 30 mA de sensibilitat, tindrem una tensió de:

$$V = R \cdot I = 125 \cdot 0,03 = 3,75 V \quad (97)$$

Com que la tensió anteriorment calculada és inferior al valor màxim de 24 V en un local o emplaçament conductor, es pot dir que ens trobem dintre dels barems permesos.

Per últim cal dir que, segons el REBT, la secció mínima que té de tenir la línia principal de terra amb un conductor de coure protegit contra la corrosió (cas del nostre cable de terra), és de **16 mm<sup>2</sup>**.

## 3.4 Documentació tècnica

### 3.4.1 Instal·lació solar tèrmica

En aquest apartat del projecte es mostra la documentació tècnica dels aparells i sistemes que s'han utilitzat en la realització de la instal·lació solar tèrmica.

#### 3.4.1.1 Captador solar tèrmic

El captador solar tèrmic utilitzat és el model Sk500<sub>N</sub> de Sonnenkraft.

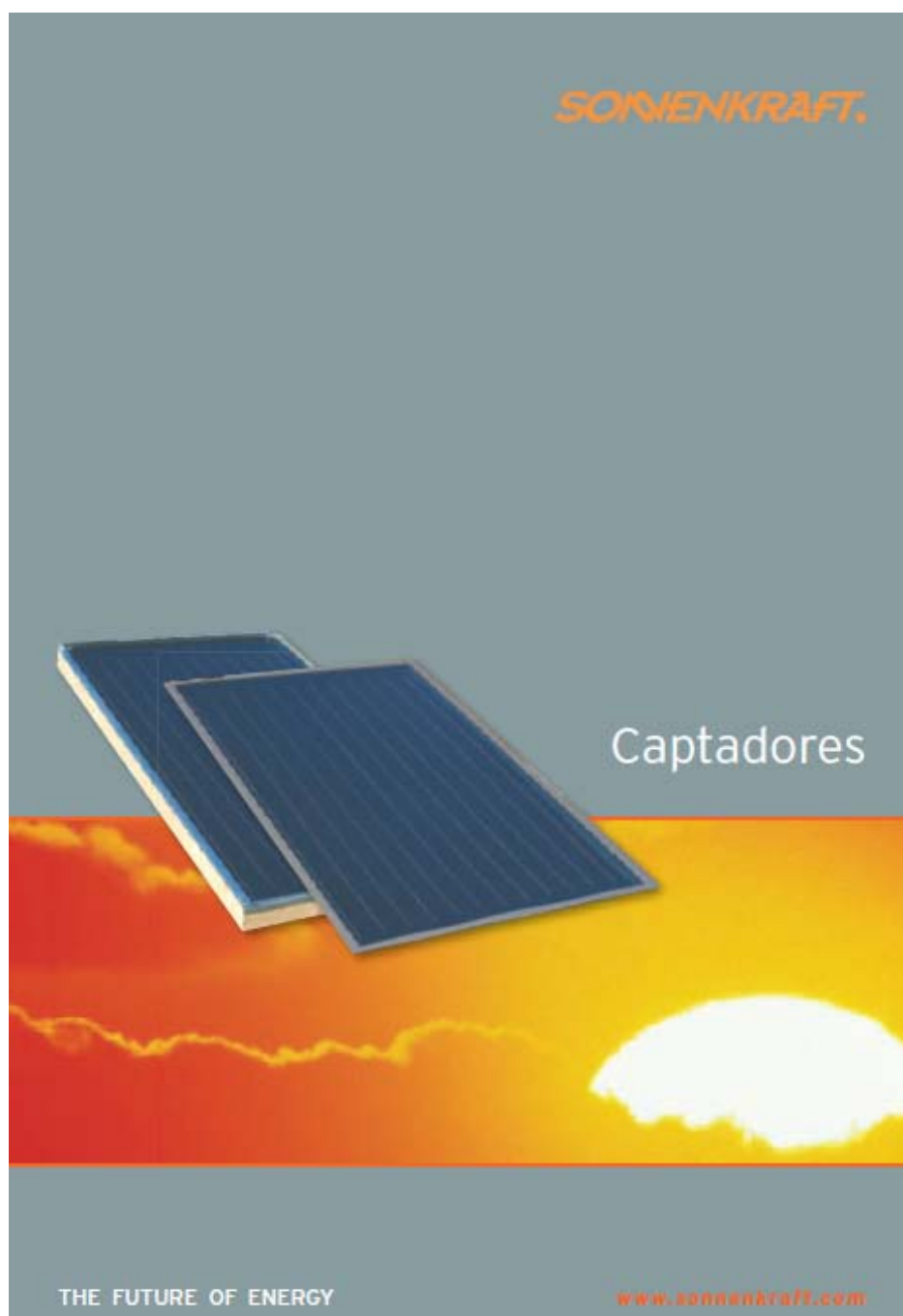


Figura 52: Imatge del captador solar tèrmic

## Captador solar y de absorción SK500

Adapto para cada tipo de tejado, plano o inclinado, y para cada tipo de posición; en el jardín o integrado en una grande instalación, el mayor mérito del SK500 es el de ser un captador universal. El absorbedor estructurado de cobre macizo en toda su superficie con revestimiento de vacío altamente selectivo, la alta calidad del aislamiento, el aislamiento del borde y la bella y resistente cuba de aluminio hacen del SK500 uno de los mejores captadores en su clase.

Datos técnicos SK500		
Denominación	SK500N	SK500L
Tipo de captador	Captador plano	
Tipo de montaje	Sobre tejado	
Superficie bruta	2,51 m <sup>2</sup>	
Superficie de apertura	2,2 m <sup>2</sup>	
Superficie de absorbedor	2,2 m <sup>2</sup>	
Altura	2079 mm	1229 mm
Ancho	1239 mm (incl. conexiones: 1257 mm)	2079 mm (incl. conexiones: 2098 mm)
Profundidad	100 mm	
Peso en vacío	44 kg	
Capacidad del captador	1,6 l	
Disposición	Racores de rosca de 1", siempre arriba a la izquierda y arriba a la derecha	
Absorbedor	Absorbedor de cobre estructurado en toda la superficie con revestimiento de vacío altamente selectivo	
Conexión	Conexión de arpa	
Absorción (α)	0,95	
Emisión (ε)	0,05	
Carcasa	Cuba de aluminio	
Aislamiento térmico	Lana mineral 50 mm, incl. aislamiento del borde	
Acristalado del captador	Vidrio solar endurecido de seguridad de bajo contenido en hierro, 3,2 mm	
Número de cristales	1	
Factor de conversión η <sub>0</sub>	0,82	
Fact. de corr. angul. η <sub>corr</sub>	0,95	
Rendimiento mínimo	525 kWh/(m <sup>2</sup> a)	
Presión máx. de trabajo	10 bares	
Temperatura de pared	180° C más la temperatura ambiente	
Caudal recomendado	15 - 40 l/h por m <sup>2</sup>	
Conexión de módulos	máx. 6 unidades en serie	
Inclin. mín. del captador	15°	
Inclin. máx. del captador	75°	

### Sistemas de fijación SK500



Placa de soporte BDA    Dispositivo de apriete plegado FK.P

### Fijación SK500

SONNENKRAFT preconfecciona todas las piezas de fijación y de chapa y las suministra con todos sus accesorios. Si lo desea, Usted mismo puede realizar el montaje - se suministran unas instrucciones de montaje fáciles de entender.

### Dimensiones SK500

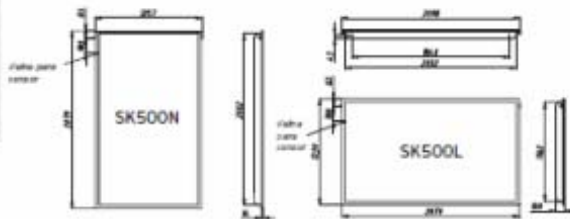


Figura 53: Dades tècniques del captador solar tèrmic Sk500N

### Ventajas del captador SK500

- Módulos de 2,5 m<sup>2</sup>, adecuados para todos los tipos de montaje
- Alta temperatura del agua caliente en poco tiempo gracias al revestimiento de vacío altamente selectivo del absorbedor
- Vidrio solar resistente al granizo
- Larga vida útil gracias a sus materiales, resistentes a los cambios climáticos
- Absorbedor de cobre estructurado macizo, revestimiento altamente selectivo
- Cuba de aluminio embutido de bella forma
- Aislamiento de las paredes laterales
- Aislamiento de la pared posterior de alta calidad de lana mineral no descomponible de 50 mm
- Atornilladuras Holländer de fácil montaje
- Si se desea, se puede suministrar con 4 conexiones para grandes proyectos (SK500N4)

Es posible que haya errores de maquetación o de impresión.  
Reservado el derecho a realizar modificaciones técnicas.

Vers. n°: 2007/12

THE FUTURE OF ENERGY

[www.sonnenkraft.com](http://www.sonnenkraft.com)

Figura 54: Avantatges del captador solar tèrmic Sk500

### 3.4.1.2 Acumulador d'ACS

L'acumulador que s'ha utilitzat és el model ELBR 750 de la marca Sonnenkraft.



Figura 55: Imatge dels acumuladors Sonnenkraft



## Acumulador de agua caliente sanitaria solar ELBR

Los acumuladores de agua caliente sanitaria ELBR de SONNENKRAFT son la solución ideal para cualquier sistema de agua caliente sanitaria solar. Los acumuladores de alta calidad están protegidos contra la corrosión mediante esmaltado y ánodos de protección. Un aislamiento de alta calidad -hasta ELB500R2E espumado in situ, en ELB750R2E y ELB1000R2E desmontable para un transporte más fácil- proporciona un aislamiento térmico óptimo. **NOVEDAD:** Los tipos de acumuladores ELB200-1000R2E-H también están indicados para el montaje rápido del grupo de retorno PSKR15.

Datos técnicos ELBR		unidad	ELB160R2E	ELB200R2E	ELB300R2E	ELB400R2E	ELB500R2E	ELB750R2E	ELB1000R2E
Capacidad	l		160	200	300	400	500	750	1000
Diámetro con aislamiento	mm		560	540	600	700	700	960	960
Diámetro sin aislamiento	mm							790	790
Altura con aislamiento	mm		997	1432	1834	1631	1961	1830	2070
Inclinación	mm		1150	1530	1930	1745	2082	1992	2125
Peso	kg		60	85	120	140	155	195	210
Presión de servicio admis., A.C.S.	bares		10	10	10	10	10	10	10
Presión de servicio admis., calefacción	bares		10	10	10	10	10	10	10
Presión de servicio admis., circuito solar	bares		10	10	10	10	10	10	10
Temp. de servicio admis., A.C.S.	°C		95	95	95	95	95	95	95
Temp. de servicio admis., calefacción	°C		110	110	110	110	110	110	110
Temp. de servicio admis., circuito solar	°C		110	110	110	110	110	110	110
Superficie cal. esp./Serpentín de calentamiento comp.	m <sup>2</sup>			0,70	0,81	1,00	1,28	2,00	2,00
Superficie calefacción Int/ Serpentín solar	m <sup>2</sup>			0,95	1,49	1,83	2,11	2,10	2,10
Cap. del intercambiador de calor del circ. solar	l		5,5	6,4	10,4	12,8	14,7	13,2	13,2
Cap. del intercambiador de calor del circ. dom.	l			4,8	5,6	6,9	8,9	12,6	12,6
Valor nominal de rendimiento NL Sup.	N <sub>L</sub> / kW			2,4 / 25	2,5 / 27	5,7 / 31	8,9 / 40	12 / 59,5	12 / 59,5
valor nominal de rendimiento NL Inf.	N <sub>L</sub> / kW		1,4 / 22	4,2 / 31	4,1 / 45	9,4 / 51	16 / 65	35 / 63	37 / 63
Salida de calefacción HV	R			1"	1"	1"	1"	1"	1"
	mm			1146	1488	1354	1604	1500	1778
Retorno de calefacción HR	R			1"	1"	1"	1"	1"	1"
	mm			786	1120	1006	1114	1095	1373
Salida solar Sv ELBR2E/ELBR2E-H	R		3/4" / -	1" / 1"	1" / 1"	1" / 1"	1" / 1"	1" / 1"	1" / 1"
	mm		1032 / -	686 / 687	1028 / 965	895 / 909	940 / 966	690 / 773	690 / 773
Retorno solar SR ELBR2E/ELBR2E-H	R		3/4" / -	1" / 1"	1" / 1"	1" / 1"	1" / 1"	1" / 1"	1" / 1"
	mm		1032 / -	191 / 687	254 / 965	220 / 909	220 / 966	240 / 773	240 / 773
A.C.S. WW	R		3/4"	3/4"	1"	1"	1"	1 1/4"	1 1/4"
	mm		1032	1366	1725	1523	1855	1600	1880
Aqua fria KW	R		3/4"	3/4"	1"	1"	1"	1 1/4"	1 1/4"
	mm		1032	55	90	55	55	140	140
Circulación Z	R		3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"
	mm		1032	899	1243	1111	1264	1207	1485
valinas de inmersión para sensor	mm		#16x600	#16x200	#16x200	#16x200	#16x200	#16x120	#16x120
Calefacción FH	mm			1011	1353	1223	1409	1320	1598
Solar FS	mm		965	280	403	340	340	467	467
Manguito de 1/2" para resistencia eléct. EHP	mm		965	736	1078	957	1040	880	1100
Termómetro T	mm		1007	1226				1472	1572
Brida F <sub>1</sub> / T <sub>1</sub> / D <sub>1</sub>	mm		85 / 125 / 150	110 / 150 / 180	110 / 150 / 180	110 / 150 / 180	110 / 150 / 180	110 / 150 / 180	110 / 150 / 180
Ánodo A1	mm		#26x480	#26x550	#26x1100	#26x900	#26x1100	1 1/4" #33x680	1 1/4" #33x680
	mm		arriba	arriba	arriba	arriba	arriba	arriba	arriba
Ánodo A2	mm						#8x#33x500	#8x#33x680	
	mm						280	280	

**Esquemas de conexiones**

**ELB160R2E**

**ELB200R2E  
ELB300R2E  
ELB400R2E  
ELB500R2E**

**ELB750R2E  
ELB1000R2E**

\*) Conexiones de ida y de retorno solares elevadas así como manguitos de sujeción para el montaje rápido del grupo de retorno PSKR15 en ELBR2E-H  
Nota: Las medidas de conexión en la tabla de datos técnicos son válidas para acumulador ELBR2E. Las medidas de conexión para ELBR2E-H difieren ligeramente (véase manual ELBR2E-H).

**Ventajas del acumulador de agua caliente sanitaria solar ELBR**

- Ideal para el aprovechamiento de la energía solar gracias a los intercambiadores de calor de gran superficie
- Alta transmisión del calor mediante serpentín de tubo liso
- Larga vida útil gracias a la óptima protección contra la corrosión
- Entrada de agua fría con dispositivo antiturbulencia
- Posibilidades variables de calentamiento complementario
- Óptimo aspecto mediante la combinación de colores del diseño de SONNENKRAFT
- Esmaltado de alta calidad
- Revestimiento resistente con un aspecto adecuado
- Aislamiento espumado in situ hasta ELB500R2E
- Aislamiento de alta calidad, acoplado óptimo y desmontable para un transporte más fácil en ELB750R2E y ELB1000R2E

Es posible que haya errores de maquetación o de impresión. Reservado el derecho a realizar modificaciones técnicas.

Vers. n.º: 2008/01

THE FUTURE OF ENERGY

www.sonnenkraft.com

Figura 56: Dades dels acumuladors Sonnenkraft

### 3.4.1.3 Sistema de fixació

El sistema de fixació utilitzat en els captadors solars tèrmics és el següent:

		<p><b>Montage Dachbügelbefestigungssystem parallel, DBP</b>  <b>Mounting parallel roof bracket attachment system, DBP</b>  <b>Montaggio sistema di fissaggio staffa tetto parallelo, DBP</b>  <b>Montage de la fixation étriers parallèle, DBP</b>  <b>Montaje del sistema de fijación mediante estribos de tejado paralelo, DBP</b></p>
<p><b>1</b></p> 	<p><b>1:</b> A = SK500N: 144 - 186 cm / SK500L: 60 - 102 cm                  Generell gilt: pro SK500N - eine Stütze / pro SK500L - zwei Stützen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>In general, the following applies: per SK500N - one support / per SK500L - two supports</li> <li>In generale si applica: ogni SK500N - un sostegno / ogni SK500L - due sostegni</li> <li>De manière générale, on peut compter: un support par SK500N / deux supports pour SK500L</li> <li>Por norma general, tiene validez: por cada SK500N - un soporte / por cada SK500L - dos soportes</li> </ul>	
<p><b>2</b></p> 	<p><b>2:</b> Dachbügel mit Dachbügelkonsole verbinden                  Reihenfolge: Torbandschraube - Dachbügel - Konsole - Mutter</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Connect the roof bracket to the roof bracket console Sequence: cup square bolt - roof bracket - console - nut</li> <li>Collegare le staffe da tetto all'apposita mensola In successione: vite del cardine - staffa del tetto - mensola - dado</li> <li>Relier les étriers avec la console des étriers Dans l'ordre suivant: boulon à tête bombée - étriers - console - écrou</li> <li>Fijar el estribo de tejado a la consola de estribos Secuencia: tornillo de cabeza redonda con cuello cuadrado - estribo de tejado - consola - tuerca</li> </ul>	
<p><b>3</b></p> 	<p><b>3:</b> Dachbügelkonsole einrichten und mittels Spax auf Sparren befestigen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Set up roof bracket console and attach to rafters using self-tapping screws</li> <li>Collocare la mensola del tetto e fissarla con viti Spax al falso puntone</li> <li>Installer la console des étriers et la fixer au moyen de spax dans les chevrons</li> <li>Ajustar la consola de estribos de tejado y fijarla a los cabrios mediante Spax</li> </ul>	
<p><b>4</b></p> 	<p><b>4:</b> Ziegel einlegen, bei Bedarf bearbeiten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Insert tile, adjust to fit if required</li> <li>Posare le tegole, modificarle se necessario</li> <li>poser les tuiles, ajuster si nécessaire</li> <li>Colocar las tejas, en caso necesario, rectificar</li> </ul>	
<p><b>DBP</b></p>		<p>690220</p>

Figura 57: Sistema de fixació captador solar tèrmic

<p><b>Montage Dachbügelbefestigungssystem parallel, DBP</b>  <b>Mounting parallel roof bracket attachment system, DBP</b>  <b>Montaggio sistema di fissaggio staffa tetto parallelo, DBP</b>  <b>Montage de la fixation étriers parallèle, DBP</b>  <b>Montaje del sistema de fijación mediante estribos de tejado paralelo, DBP</b></p>	<p><b>SONNENKRAFT.</b></p>
<p><b>5: Klemmstücke auf Auflegewinkel beidseitig montieren</b>  <b>Reihenfolge: Schraube - Scheibe - Klemmstück - Auflegewinkel - Mutter</b></p>	<p><b>5</b></p> 
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mount the clamping pieces on both sides of the support brackets              Sequence: screw - washer - clamping piece - base bracket - nut</li> <li>• Su entrambi i lati, montare i giunti sull'angolo di appoggio              In successione: vite - rondella - giunto - angolo di appoggio - dado</li> <li>• monter des pièces de serrage de chaque côté des angles d'appui              Dans l'ordre suivant: vis - plaque - pièce de serrage - angle d'appui - écrou</li> <li>• Montar las piezas de unión a ambos lados del ángulo de soporte              Secuencia: tornillo - arandela - pieza de apriete - ángulo de soporte - tuerca</li> </ul>	<p><b>6</b></p> 
<p><b>6: Auflegewinkel mit Dachbügel verschrauben</b>  <b>Reihenfolge: Schraube - Scheibe - Auflegewinkel - Dachbügel - Mutter</b></p>	<p><b>7a</b></p> 
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Secure the base brackets with screws to the roof brackets              Sequence: screw - washer - base bracket - support bracket - nut</li> <li>• Avvitare l'angolo di appoggio alla staffa              In successione: vite - rondella - angolo di appoggio - staffa - dado</li> <li>• Visser l'angle d'appui au étriers              Dans l'ordre suivant: vis - plaque - angle d'appui - étriers - écrou</li> <li>• Atornillar el ángulo de soporte al estribo de tejado              Secuencia: tornillo - arandela - ángulo de soporte - estribo de tejado - tuerca</li> </ul>	<p><b>7b</b></p> 
<p><b>7: Trageschienen oben und unten ausrichten und mit der gerillten Fläche über die Klemmstücke fixieren</b>  <b>Reihenfolge: Schraube - Scheibe - Klemmstück - Mutter</b></p>	<p><b>DBP</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Align the support rails at the top and bottom and attach to the grooved surface using the clamping pieces              Sequence: screw - washer - clamping piece - nut</li> <li>• Collocare le barre portanti nella giusta posizione in alto e in basso, e fissarle con la superficie scanalata sopra ai giunti              In successione: vite - rondella - giunto - dado</li> <li>• Positionner les rails de support en haut et en bas et les fixer sur la surface rainurée sur les pièces de serrage              Dans l'ordre suivant: vis - plaque - pièce de serrage - écrou</li> <li>• Orientar los carriles portadores arriba y abajo y fijar con la superficie estriada mediante las piezas de apriete              Secuencia: tornillo - arandela - pieza de apriete - tuerca</li> </ul>	<p>690220</p>

Figura 58: Sistema de fixació captador solar tèrmic


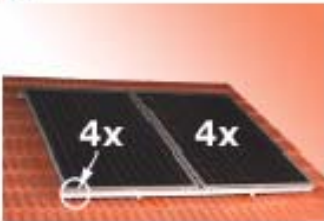


		<p>Montage Dachbügelbefestigungssystem parallel, DBP                  Mounting parallel roof bracket attachment system, DBP                  Montaggio sistema di fissaggio staffa tetto parallelo, DBP                  Montage de la fixation étriers parallèle, DBP                  Montaje del sistema de fijación mediante estribos de tejado paralelo, DBP</p>
<p>8a</p> 	<p>8: Kollektoren einlegen und mit den Trageschienen verschrauben                  Reihenfolge: Schraube - Scheibe - Trageschiene - Kollektor</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Insert the collectors and attach them to the support rails with screws                      Sequence: screw - washer - support rail - collector</li> <li>• Inserire i collettori e avvitarli alle barre portanti                      In successione: vite - rondella - barra - collettore</li> <li>• Poser les capteurs et les visser aux rails de support                      Dans l'ordre suivant: vis - plaque - rail de support - capteur</li> <li>• Colocar los colectores y atornillar con los carriles portadores                      Secuencia: tornillo - arandela - carril portador - colector</li> </ul>	
<p>8b</p> 	<p>9: Verbinden von weiteren Trageschienen                  Reihenfolge: Schraube - Scheibe - Verbinderstück - Mutter</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Connecting other support rails                      Sequence: screw - washer - connecting piece - nut</li> <li>• Collegamento di altre barre portanti                      In successione: vite - rondella - pezzo di transizione - dado</li> <li>• Relier à d'autres rails de support                      Dans l'ordre suivant: vis - plaque - pièce de raccord - écrou</li> <li>• Fijar los demás carriles portadores                      Secuencia: tornillo - arandela - pieza de unión - tuerca</li> </ul>	
<p>9</p> 	<p>10: Kollektoren mit angemessenem Drehmoment miteinander verbinden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Connect the collectors to one another using a suitable amount of torque</li> <li>• Collegare tra di loro collettori con una coppia adeguata</li> <li>• Les capteurs doivent être reliés à l'aide du couple approprié</li> <li>• Fijar los colectores entre ellos con un par de apriete adecuado</li> </ul>	
<p>10</p> 		
<p>DBP</p>		<p>690220</p>

Figura 59: Sistema de fixació captador solar tèrmic

### 3.4.2 Instal·lació solar fotovoltaica

En aquest apartat del projecte es mostra la documentació tècnica dels aparells i sistemes que s'han utilitzat en la realització de la instal·lació solar fotovoltaica.

#### 3.4.2.1 Mòdul solar fotovoltaic

El mòdul solar fotovoltaic utilitzat és el model SW 165 monocristal·lí de SolarWorld.

Actualización Enero 2007



Longitud	1610 mm
Ancho	810 mm
Altura	34 mm
Marco	aluminio
Peso	15 kg

**Sunmodule®**  
SW 160/165/170/175/180/185 mono

Con el Sunmodule Plus, SolarWorld AG presenta un innovador concepto de módulos. La clasificación positiva (según el "Flash report" de SolarWorld) garantiza una máxima eficiencia de la instalación fotovoltaica, haciendo innecesaria la clasificación de los módulos in situ. El proceso de producción completamente automatizado de las fábricas de SolarWorld asegura una calidad superior y homogénea de los módulos, lo que garantiza su elevado rendimiento a largo plazo.

El marco del módulo y el vidrio están firmemente unidos entre sí mediante una unión continua de sílica, lo que asegura una excelente estabilidad mecánica de los módulos, que evita, por ejemplo, el desprendimiento del marco a causa de deslizamientos de nieve. Las pruebas realizadas conforme a la IEC 61215, con cargas de hasta 5,4 kN/m<sup>2</sup>, confirman que el módulo está capacitado para resistir grandes acumulaciones de nieve y hielo.

La caja de conexión patentada, de diseño plano y compacto, protege de la corrosión y ofrece un comportamiento óptimo a temperaturas elevadas, gracias a su elevada disipación de calor. Todas las conexiones están soldadas mediante arco eléctrico y garantizan una conexión eléctrica fiable en el interior de la caja. Adicionalmente, se utilizan cables de conexión de alta calidad y de gran resistencia mecánica, con conectores rápidos preconfeccionados. La garantía de 25 años sobre la potencia y el hecho de que los módulos son reciclables completan este concepto integral de calidad.

SolarWorld. And EveryDay is a SunDay.



www.solarworld.de

Figura 60: Imatge del mòdul solar fotovoltaic



# SW 160/165/170/175/180/185 mono

### Comportamiento bajo condiciones estándar de prueba

		SW 160	SW 165	SW 170	SW 175	SW 180	SW 185
Potencia en el punto de máx. potencia	$P_{max}$	160 Wp	165 Wp	170 Wp	175 Wp	180 Wp	185 Wp
Tensión en vacío	$V_{oc}$	43,8 V	44,0 V	44,2 V	44,4 V	44,6 V	44,8 V
Tensión a potencia máxima	$V_{mpp}$	35,0 V	35,3 V	35,5 V	35,8 V	36,0 V	36,3 V
Corriente de cortocircuito	$I_{sc}$	5,00 A	5,10 A	5,20 A	5,30 A	5,40 A	5,50 A
Corriente a potencia máxima	$I_{mpp}$	4,58 A	4,68 A	4,79 A	4,89 A	5,01 A	5,10 A

### Comportamiento a 800/m<sup>2</sup>, NOCT, AM 1,5

		SW 160	SW 165	SW 170	SW 175	SW 180	SW 185
Potencia en el punto de máx. potencia	$P_{max}$	114,4 Wp	118,0 Wp	121,5 Wp	125,1 Wp	128,7 Wp	132,3 Wp
Tensión en circuito abierto	$V_{oc}$	39,6 V	39,8 V	40,0 V	40,2 V	40,4 V	40,5 V
Tensión a potencia máxima	$V_{mpp}$	31,4 V	31,6 V	31,9 V	32,1 V	32,3 V	32,5 V
Corriente de cortocircuito	$I_{sc}$	4,13 A	4,22 A	4,30 A	4,38 A	4,46 A	4,55 A
Corriente a potencia máxima	$I_{mpp}$	3,64 A	3,73 A	3,81 A	3,90 A	3,98 A	4,06 A

Ligera reducción de la eficiencia en el comportamiento con carga parcial a 25°C: A 200 W/m<sup>2</sup> se alcanza el 95 % (+/- 3 %) de la eficiencia bajo condiciones estándar de prueba (1000 W/m<sup>2</sup>).

### Materiales empleados

Células por módulo	72
Tipo de célula	Silicio monocristalino
Medidas de la célula	125 x 125 mm <sup>2</sup>

### Parámetros característicos para la integración óptima en el sistema

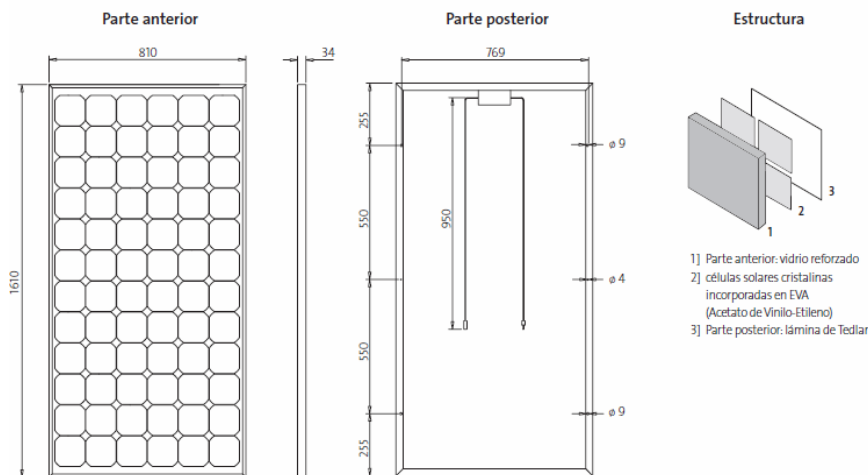
Tensión máxima del sistema clase II	1.000 V <sub>DC</sub>
Carga máxima de corriente inversa	no aplicar tensiones externas al módulo mayores que el valor de V <sub>oc</sub>

### Parámetros térmicos característicos

NOCT	46°C
TK I <sub>sc</sub>	0,036 %/K
TK V <sub>oc</sub>	-0,33 %/K

### Otros datos

Tolerancia de potencia	+/- 3 %
Caja de conexión	IP 65
Enchufe	MC tipo 4



Los módulos están certificados según:



SolarWorld AG se reserva el derecho de cambiar las especificaciones. Esta hoja de datos satisface las exigencias de la norma EN 50380. Esta hoja de datos también está disponible en inglés.

Figura 61: Dades tècniques del mòdul fotovoltaic SW 165 mono

### 3.4.2.2 Inversor solar

L'inversor utilitzat en el sistema fotovoltaic és l'inversor IG 40 de Fronius.



**FRONIUS IG Inversor fotovoltaico**

Datos técnicos

- Pantalla informativa para vigilar todas las funciones del sistema.
- Instalación fácil y rápida.
- Máxima fiabilidad en el modo de trabajo.
- La tecnología de transformadores de alta frecuencia (HF) ofrece el máximo rendimiento en el mínimo espacio.
- El proceso inteligente del Module-Manager™ optimiza las ganancias.
- Aumento en la producción de energía en el área de carga parcial gracias al concepto MIX™.
- Visualización y monitorización fiable y sencilla através de los diversos componentes del sistema FRONIUS IG DatCom.



**Fronius**  
POWERING YOUR FUTURE

Figura 62: Inversors Fronius



### VISIÓN GENERAL DE LA FAMILIA FRONIUS IG.

Por supuesto, cada FRONIUS IG cumple con todas las directivas y normativas necesarias en cada país. Encontrará información adicional y certificados en [www.fronius.com](http://www.fronius.com), en Solar Electronics en Downloads. Naturalmente, todos los FRONIUS IG llevan el distintivo **CE**.

DATOS DE ENTRADA	FRONIUS IG 15	20	30	40	60
Gama de tensión MPV	150 - 400 V	150 - 400 V	150 - 400 V	150 - 400 V	150 - 400 V
Tensión máx. de entrada (a 1000 W/m <sup>2</sup> , -10°C)	500 V	500 V	500 V	500 V	500 V
Potencia del generador PV	1300 - 2000 Wp	1800 - 2700 Wp	2500 - 3500 Wp	3500 - 5500 Wp	4900 - 6700 Wp
Corriente máx. de entrada	10,8 A	14,3 A	19 A	29,4 A	35,8 A

DATOS DE SALIDA	FRONIUS IG 15	20	30	40	60
Potencia nominal	1300 W	1800 W	2500 W	3000 W	5000 W*
Potencia máx. de salida	1500 W	2000 W	2630 W	4700 W	5800 W*
Rendimiento máx.	94,2 %	94,3 %	94,3 %	94,3 %	94,3 %
Rendimiento Euro	91,4 %	91,6 %	92,7 %	93,6 %	93,5 %
Tensión de red / frecuencia	230 V / 50 Hz				
Coefficiente de distorsión no lineal	< 3,5 %				
Coefficiente de potencia	1				
Consumo propio de noche	0 W				

DATOS GENERALES	FRONIUS IG 15	20	30	40	60
Dimensiones (l x a x h)	366 x 344 x 220 mm (500 x 430 x 225 mm)			610 x 344 x 220 mm	733 x 430 x 225 mm
Peso	9 kg (12 kg)			16 kg (20 kg)	
Refrigeración	ventilación forzada regulada				
Variantes de la carcasa	carcasa interior de diseño; carcasa exterior opcional				
Gama temperatura ambiental	-20 ... 50 °C				
Humedad ambiental permitida	0 ... 95 %				

DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN	FRONIUS IG 15	20	30	40	60
Medición de aislamiento DC	Autos con R <sub>iso</sub> < 500k Ohm				
Protección contra polaridad invertida	Integrada				
Comportamiento con sobrecarga DC	Desplazamiento de punto de funcionamiento dinámico				

\*Sólo para el montaje interior.

Figura 63: Característiques tècniques inversor Fronius IG40

### 3.4.2.3 Sistema de fixació

El sistema de fixació utilitzat en la instal·lació solar fotovoltaica (Sunfix) és el recomanat pel mateix fabricant de mòduls fotovoltaics SolarWorld.

## A Los componentes del sistema de montaje

### Vista general y fundamentos técnicos

El sistema de montaje para cubierta inclinada Sunfix es una estructura de soporte de aplicación flexible para el montaje de módulos fotovoltaicos en paralelo a una cubierta inclinada. La instalación del sistema comprende tres apartados diferenciados:

**A1 Nivel de perfil de montaje**  
 Los perfiles de montaje Sunfix son de aluminio extrusionado sin tratar que en su versión estándar se instalan en dos capas. Los elementos para realizar la unión de los perfiles son de acero inoxidable (V2A). Los módulos pueden montarse en posición vertical u horizontal... Pág. 5

**A2 Fijación de los perfiles**  
 El juego de perfiles puede montarse sobre tejados con subestructura de madera mediante los kits de fijación preconfeccionados de SolarWorld. La fijación a tipos de tejado no estándar se efectuará de manera individual por el instalador.... Págs. 6 y ss.

**A3 Fijación de los módulos**  
 Los módulos se enclavan sobre los perfiles de soporte. Los componentes de las conexiones de apriete son de acero V2A y aluminio.... Pág. 8

A	Marco del módulo
B	Perfil de soporte vertical
C	Perfil de soporte horizontal
D	Ganchos para cubierta
E	Gancho en Z
F	Conector
G	Arandela de apriete
H	Tuerca dentada
J	Separador
K	Tornillo con cabeza de martillo M 8 x 20
L	Tornillo con cabeza de martillo M 8 x 49
M	Arandela DIN 9021
N	Tornillo para madera de cabeza hexagonal M 8 x 100

Figura 64: Vista general i fonaments tècnics del sistema

### A1 Nivel de perfil de montaje – versión estándar y alternativas

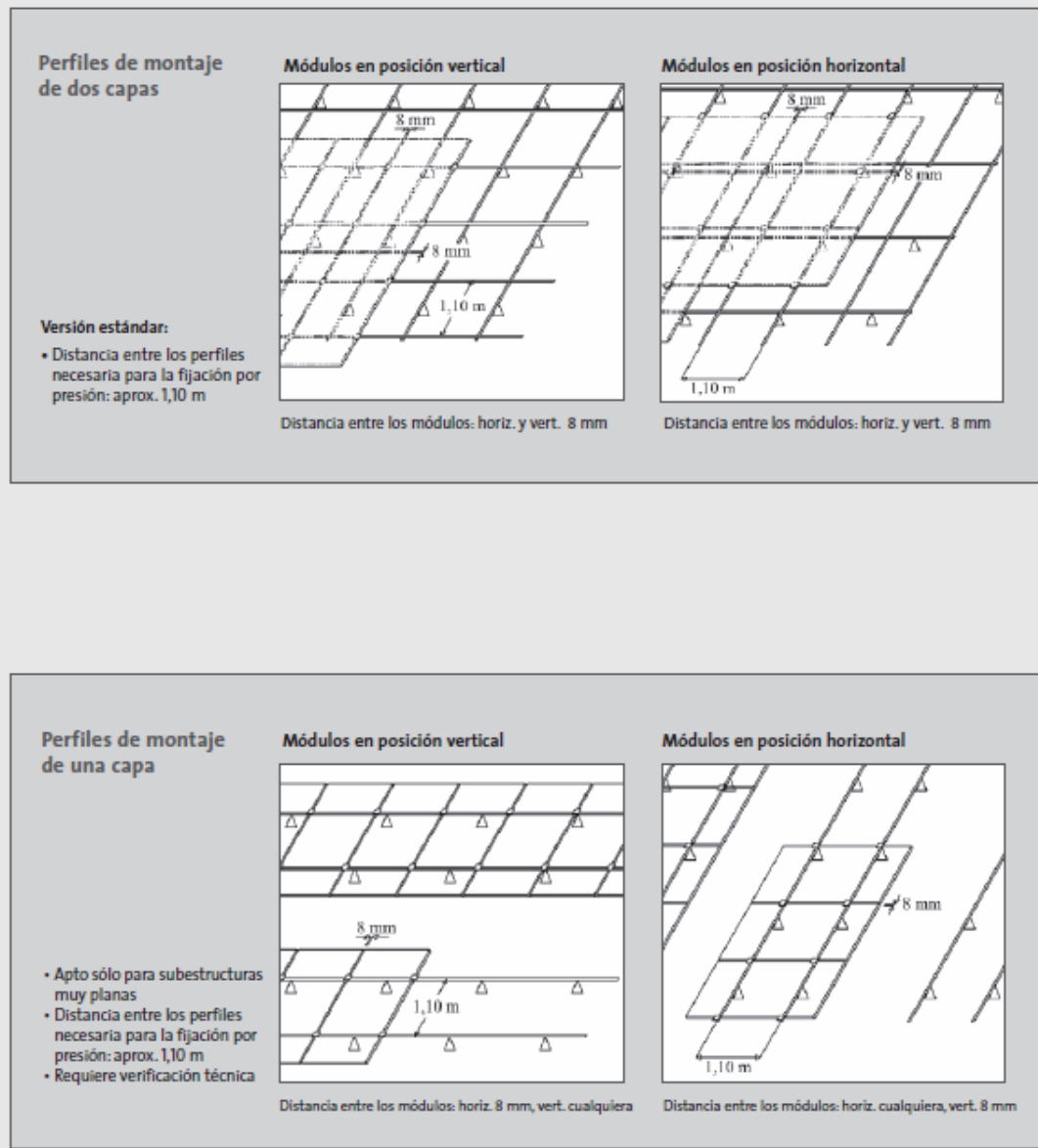


Figura 65: Nivell de perfil del muntatge

## A2 Fijación de los perfiles – Kits de fijación preconfeccionados de SolarWorld y alternativas

**Ejemplo de montaje de ganchos para cubierta**

- A Anclada
- B Tierra dentada
- C Tornillo con cabeza de martillo M 8 x 20
- D Perfil de montaje
- E Teja
- F Gancho para cubiertas
- G Correa 30/50
- H Tornillo para madera de cabeza hexagonal
- J Viga o solera

Para tejados con listones de madera se pueden emplear los kits de fijación estándar de ganchos para cubiertas o tornillos de rosca combinada con brida. Para tejados de chapa de perfil trapezoidal disponemos del kit de fijación de remaches ciegos con lengüetas de presión y gancho en Z.

**Kit de fijación con gancho para cubiertas**

Gancho fino de acero para cubiertas, tornillo para madera de cabeza hexagonal M 8 x 100.

**Aplicaciones**

para la mayoría de las tejas disponibles: teja flamenca, acanalada, mixta etc.

**Indicaciones**

Los ganchos de tejado se deben fijar a la viga de madera, aplicando piezas de relleno si fuera necesario. Realice los taladros previos (diámetro 6 mm) a una distancia suficiente del borde de la viga. En circunstancias de carga total (nieve y viento) los ganchos de tejado llegan a tocar el tejado. No cabe esperar que ello dañe las tejas si éstas tienen una capacidad de carga mínima de 1,2 kN (~120 kg, conforme a DIN EN 1304) y la distancia entre gancho y teja (sin carga) es de aprox. 3 mm.

El gancho de tejado está concebido para su montaje en correas de 30/50 mm; a petición podemos suministrar ganchos más cortos, especiales para correas de 24/48 mm. Con correas más gruesas, coloque un separador bajo la placa base del gancho para levantarlo. También es posible fijar los ganchos en capa de hormigón utilizando varillas roscadas M 8 capaces de soportar una carga mínima de 1,6 kN.

**Ejemplo de montaje tornillo de rosca combinada con brida**

- A Anclada
- B Tierra dentada
- C Tornillo con cabeza de martillo M 8 x 20
- D Perfil de montaje
- E Brida
- F Tornillo de rosca combinada
- G Anillo de obturación de EPDM
- H Chapa de perfil ondulado
- I Correa
- J Caballete

**Kit de fijación tornillo de rosca combinada con brida**

Brida, tornillo de rosca combinada M 10 x 180 o M 12 x 180, anillo de obturación de EPDM.

**Aplicaciones**

p.ej. para tejado de perfil ondulado con subestructura de madera y tejado de perfil trapezoidal con subestructura de madera.

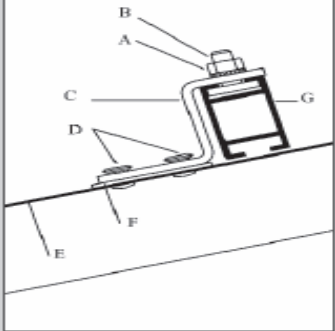
**Indicaciones**

En caso de fijarse en una correa, ésta debe tener un grosor mínimo de 10 veces el diámetro del tornillo; si se fija en un cabrio éste debe tener un grosor mínimo de 6 veces el diámetro del tornillo. En perfiles ondulados o trapezoidales la fijación debe realizarse exclusivamente en las crestas más altas o canaletas. Asegúrese de observar la orientación de la brida conforme a lo indicado en la tabla de valores estructurales. Realice un taladro previo en la cubierta (12 ó 14 mm) y a ser posible en las vigas (7 ó 9 mm).

Figura 66: Fixació dels perfils

**Ejemplo de montaje fijación con remaches**

- A Tuerca dentada
- B Tornillo con cabeza de martillo M 8 x 20
- C Gancho en Z
- D Remaches ciegos de lengüetas de presión
- E Chapa perforada
- F Anillo de obturación de EPDM
- G Perfil de montaje



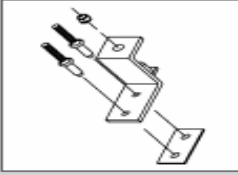
**Kit de fijación remaches ciegos de lengüetas de presión con ganchos Z**

Ganchos en Z, remaches ciegos de lengüetas de presión con obturación de neopreno, anillo de obturación de EPDM.

**Aplicaciones**  
para la fijación en chapas de perfil trapezoidal de un grosor de  $\geq 0,75$  mm

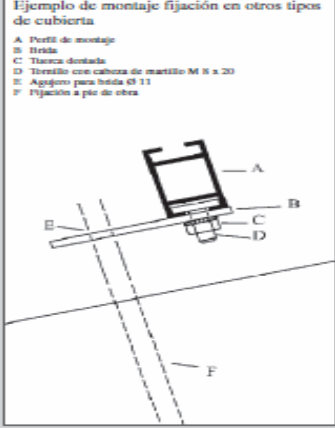
**Indicaciones**  
Diámetro del orificio para la fijación de los remaches: 5,4 mm. A fin de evitar cargas excesivas de agua la fijación deberá realizarse en las crestas de las acanaladuras exclusivamente. No debe emplearse el sistema de fijación con remaches en elementos sandwich.

Asegúrese de fijar bien la cubierta sobre la subestructura del tejado. La fijación mediante remaches ciegos requiere el uso de una herramienta de remachado especial.



**Ejemplo de montaje fijación en otros tipos de cubierta**

- A Perfil de montaje
- B Tuerca
- C Tuerca dentada
- D Tornillo con cabeza de martillo M 8 x 20
- E Agujero para tuerca G3 11
- F Fijación a pte de obra

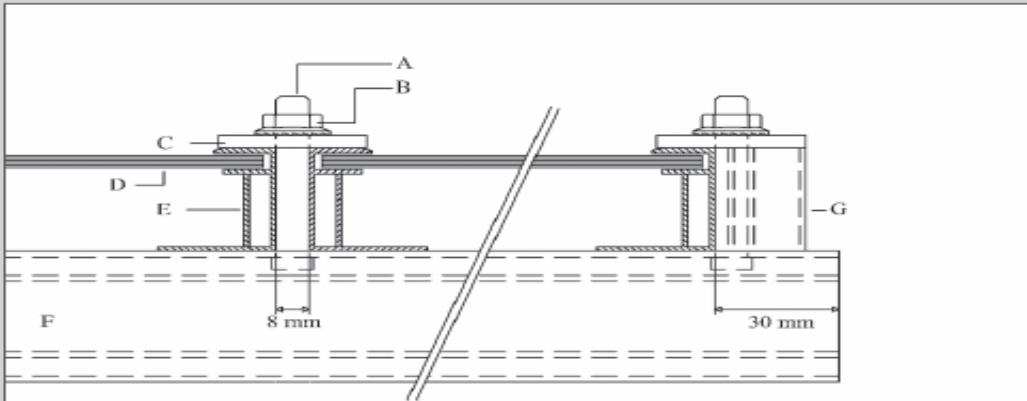


**Fijación en otros tipos de cubierta**

La fijación a tipos de cubierta no estándar se efectuará de manera individual por el instalador. Respete el número de puntos de fijación indicados en la tabla de medición en las págs. 10-11. Asegúrese de que los puntos de fijación elegidos puedan transferir la carga por m<sup>2</sup> de superficie del campo fotovoltaico. Se suministrará el número de bridas proporcional al número de puntos de fijación elegido, para facilitar la unión con el perfil.

Figura 67: Fixació dels perfils

**A3 Fijación de los módulos**



- A Tornillo con cabeza de martillo M 8 x 49
- B Tuerca dentada
- C Arandela de apriete
- D Laminado
- E Marco del módulo
- F Perfil de montaje
- G Embellecedor final

Figura 68: Vista general i fixació dels mòduls

El tècnic,

Tarragona, Juny de 2009

Marcel Gabriel Gracià  
Enginyer Tècnic Industrial



Departament d'Enginyeria Electrònica Elèctrica i Automàtica

# **Electrificació i Integració d'Energies Renovables en un Alberg Rural**

## **4. Plànols**

**TITULACIÓ: Enginyeria Tècnica Industrial en Electricitat**

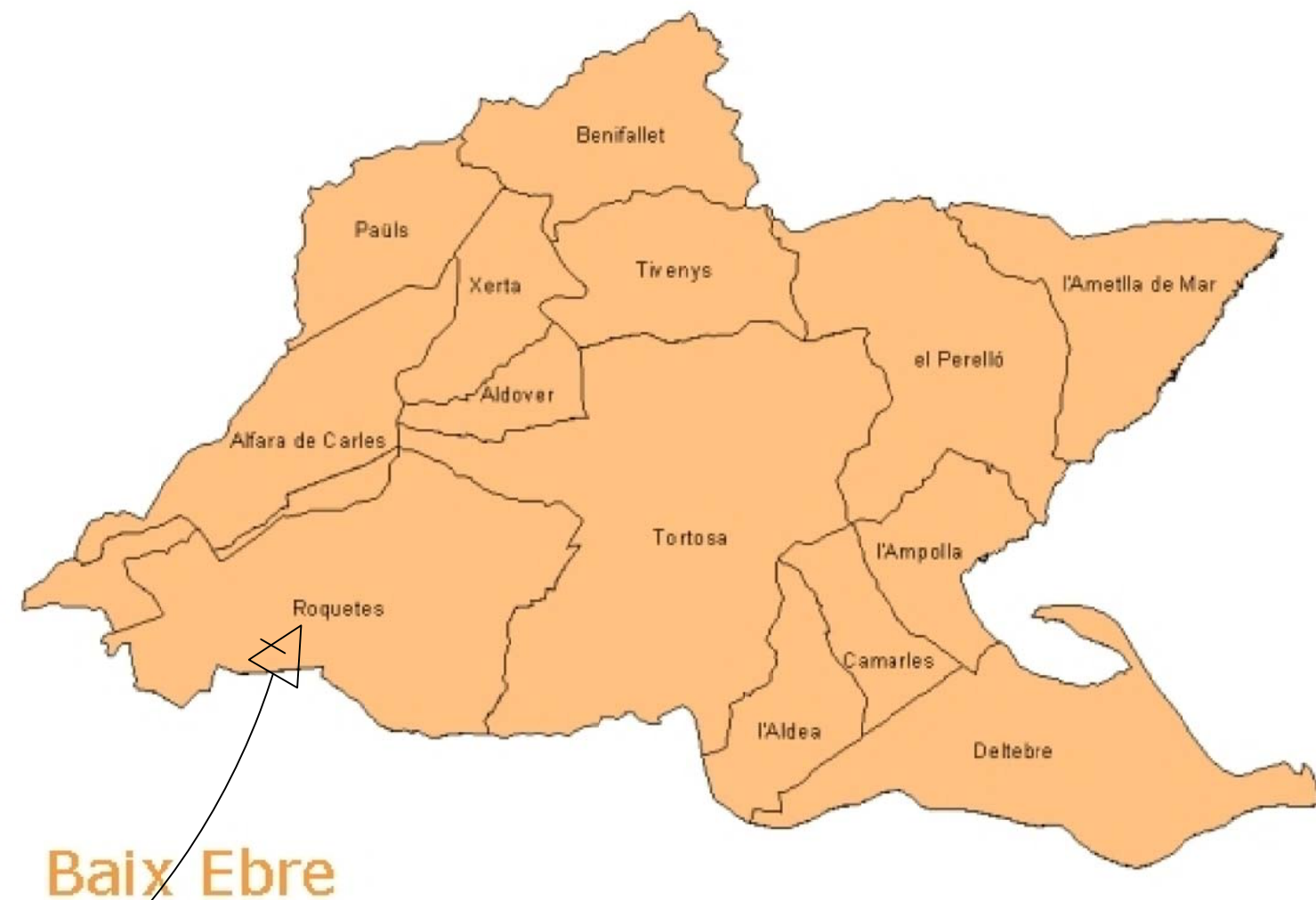
**AUTOR:** Marcel Gabriel Gracià.

**DIRECTOR:** José Antonio Barrado Rodrigo.

**DATA:** Juny / 2009.

# ÍNDEX

Plànol 1:.....	Situació.
Plànol 2:.....	Emplaçament.
Plànol 3:.....	Alçats façanes.
Plànol 4:.....	Alçats façanes.
Plànol 5:.....	Planta baixa.
Plànol 6:.....	Primera planta.
Plànol 7:.....	Secció alberg.
Plànol 8:.....	Disposició captadors.
Plànol 9:.....	Distribució de calefacció i ACS.
Plànol 10:.....	Esquema hidràulic.
Plànol 11:.....	Connexió mòduls fotovoltaics.
Plànol 12:.....	Esquema instal·lació fotovoltaica connectada a la xarxa.
Plànol 13:.....	Esquema unifilar quadre general de comandament i protecció.
Plànol 14:.....	Nova electrificació i enllumenat de l'alberg.



Baix Ebre

	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	<i>Projecte Final de Carrera</i>	<i>Electrificació i Integració d'Energies Renovables en un Alberg Rural</i>
<i>Dibuixat</i>	<i>Juny 09</i>	<i>M. Gabriel</i>		
<i>Comprovat</i>	<i>Juny 09</i>	<i>M. Gabriel</i>		
<i>S.normes</i>				
<i>Escala</i>	<i>Situació</i>			<i>Nº 1</i>
<i>S.E.</i>				<i>Sustitueix a</i>
				<i>Sustituït per</i>



1:5000

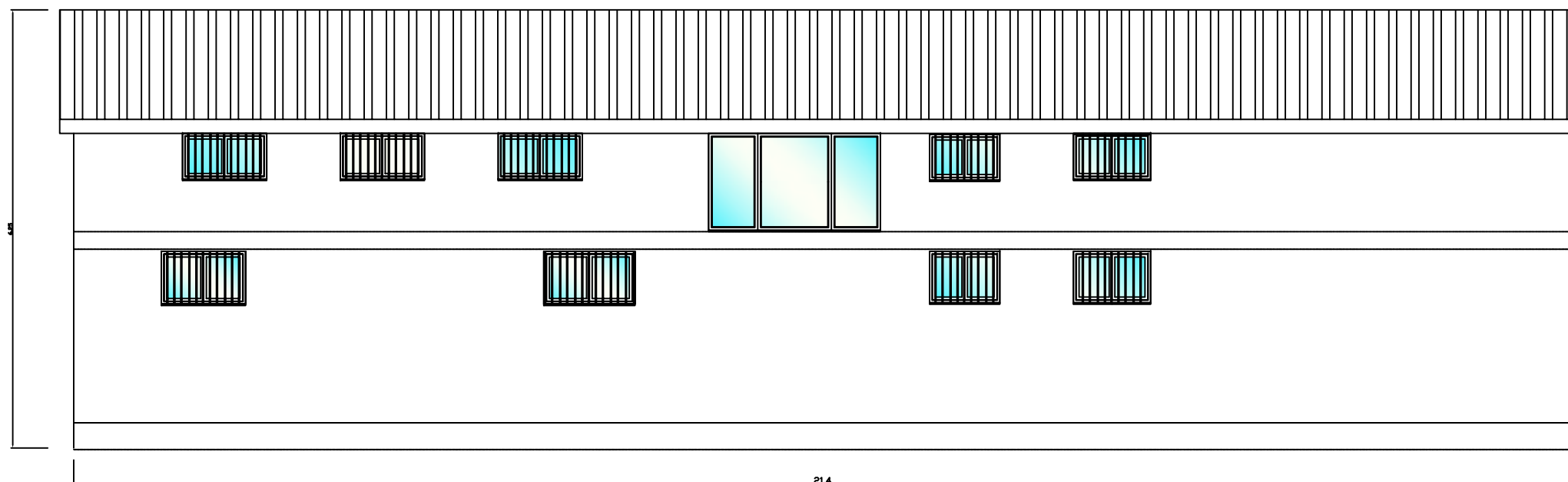
Emplaçament

Alberg

1:1000



	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	<i>Projecte Final de Carrera</i>	<i>Electrificació i Integració d'Energies Renovables en un Alberg Rural</i>
<i>Dibuixat</i>	<i>Juny 09</i>	<i>M. Gabriel</i>		
<i>Comprovat</i>	<i>Juny 09</i>	<i>M. Gabriel</i>		
<i>S.normes</i>				
<i>Escala</i>	<i>Emplaçament</i>			<i>Nº 2</i>
<i>1:5000</i>				<i>Sustitueix a</i>
<i>1:1000</i>				<i>Sustituit per</i>

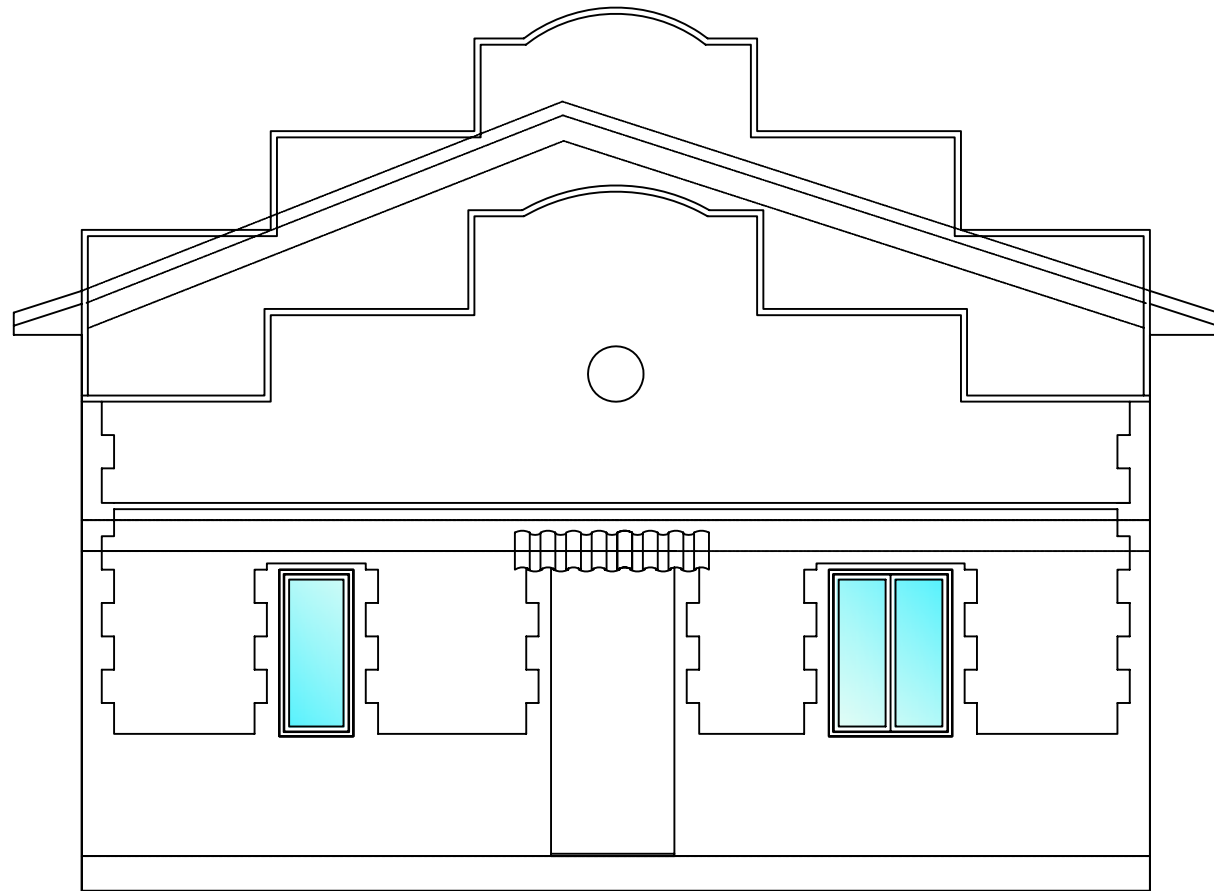


*Façana Nord*

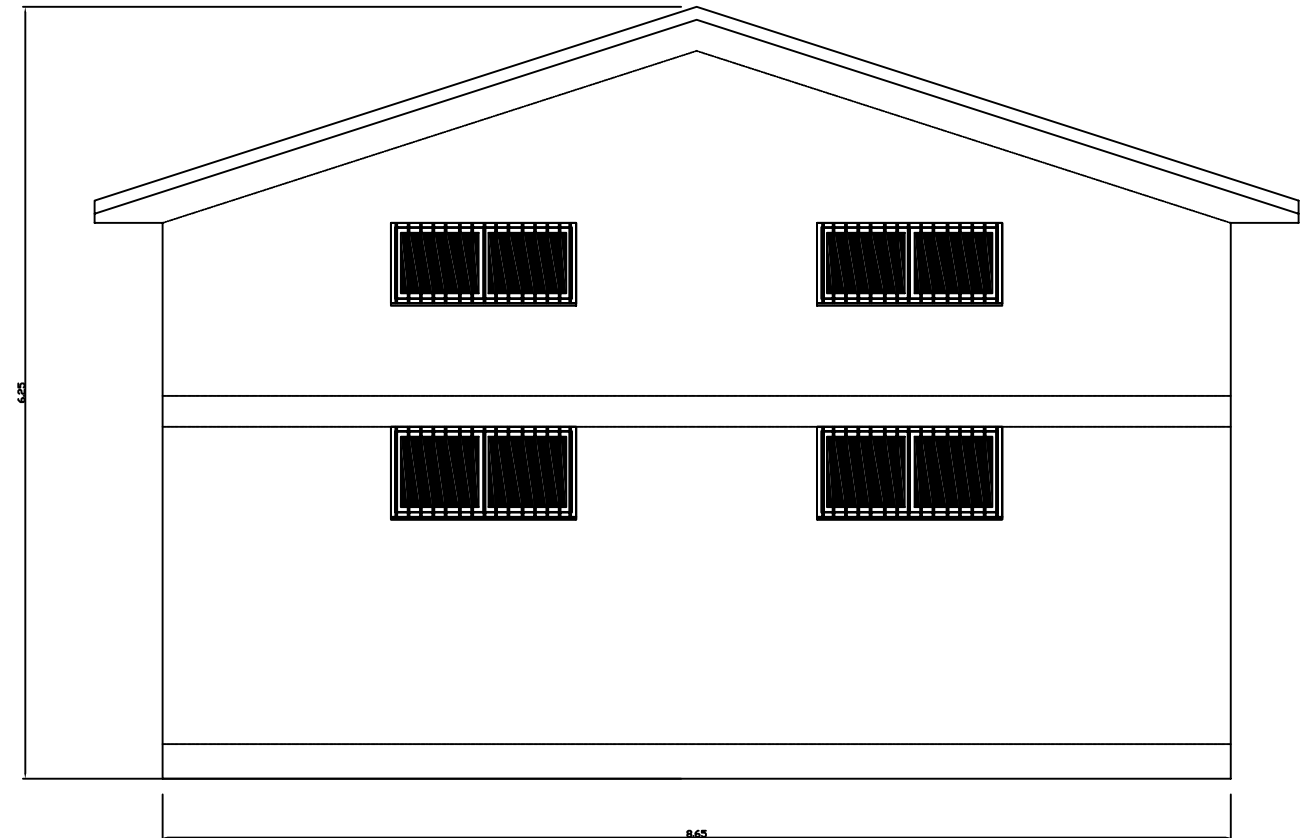


*Façana Sud*

	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	<i>Projecte Final de Carrera</i>	<i>Electrificació i Integració d'Energies Renovables en un Alberg Rural</i>
<i>Dibuixat</i>	<i>Juny 09</i>	<i>M. Gabriel</i>		
<i>Comprovat</i>	<i>Juny 09</i>	<i>M. Gabriel</i>		
<i>S.normes</i>				
<i>Escala</i>	<i>Alçats Façanes</i>			<i>Nº 3</i>
<i>1:50</i>				
				<i>Sustitueix a</i>
	<i>Sustituit per</i>			

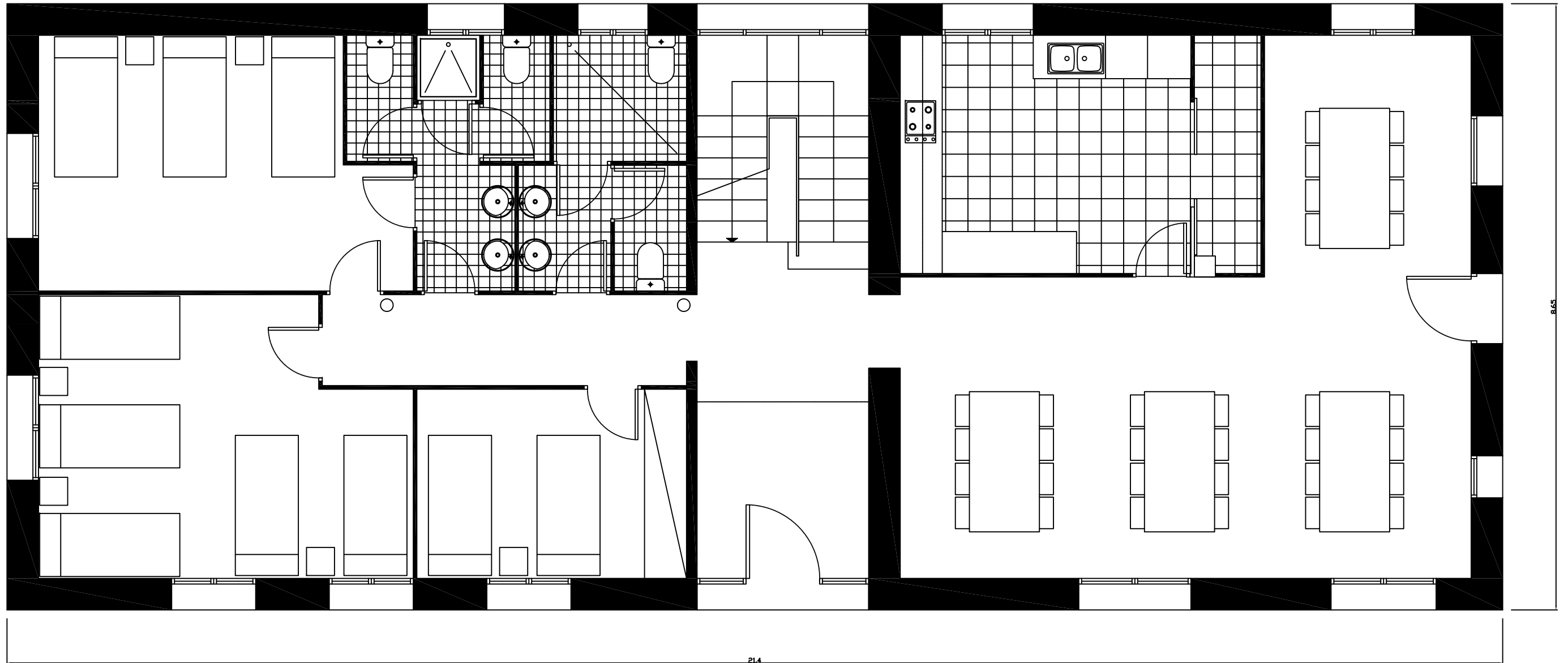


*Façana Est*

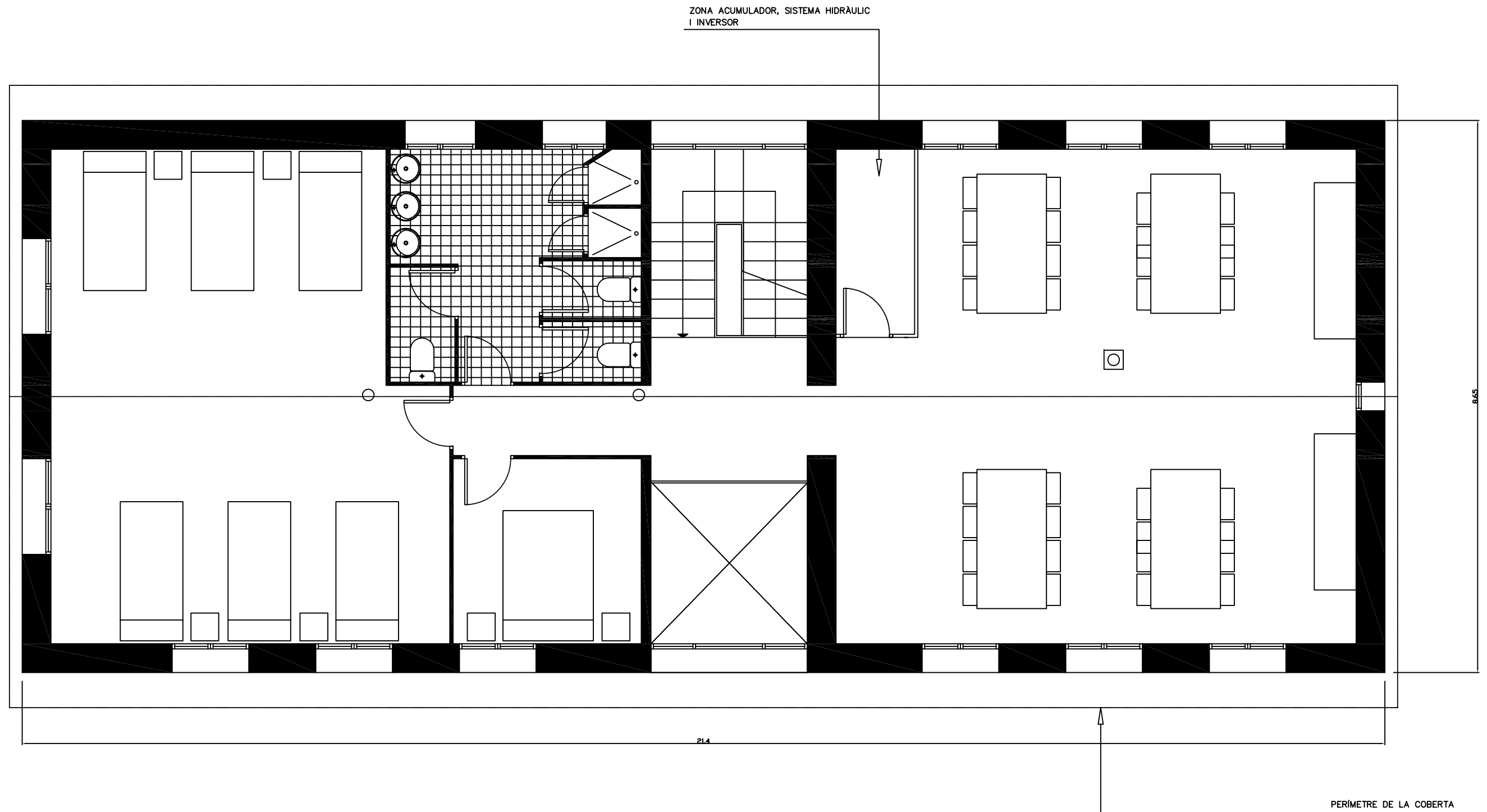


*Façana Oest*

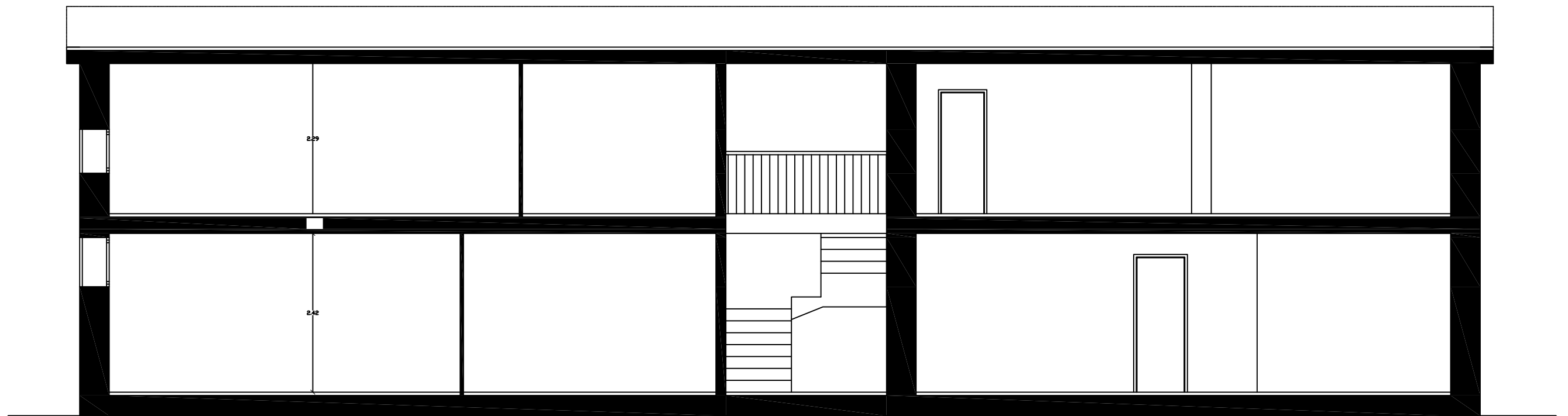
	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	<i>Projecte Final de Carrera</i>	<i>Electrificació i Integració d'Energies Renovables en un Alberg Rural</i>
<i>Dibuixat</i>	<i>Juny 09</i>	<i>M. Gabriel</i>		
<i>Comprovat</i>	<i>Juny 09</i>	<i>M. Gabriel</i>		
<i>S.normes</i>				
<i>Escala</i>	<i>Alçats Façanes</i>			<i>Nº 4</i>
<i>1:50</i>				<i>Sustitueix a</i>
			<i>Sustituit per</i>	



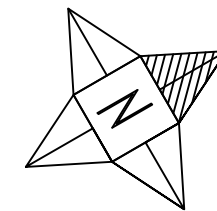
	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	<i>Projecte</i> <i>Final de</i> <i>Carrera</i>	<i>Electrificació i Integració d'Energies</i> <i>Renovables en un Alberg Rural</i>
<i>Dibuixat</i>	<i>Juny 09</i>	<i>M. Gabriel</i>		
<i>Comprovat</i>	<i>Juny 09</i>	<i>M. Gabriel</i>		
<i>S.normes</i>				
<i>Escala</i>	<i>Planta baixa</i>			<i>Nº5</i>
<i>1:50</i>				<i>Sustitueix a</i>
				<i>Sustituit per</i>



	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	<i>Projecte Final de Carrera</i>	<i>Electrificació i Integració d'Energies Renovables en un Alberg Rural</i>
<i>Dibuixat</i>	<i>Juny 09</i>	<i>M. Gabriel</i>		
<i>Comprovat S.normes</i>	<i>Juny 09</i>	<i>M. Gabriel</i>		
<i>Escala</i>	<i>Primera planta</i>			<i>Nº6</i>
<i>1:50</i>				<i>Sustitueix a</i>
				<i>Sustituit per</i>

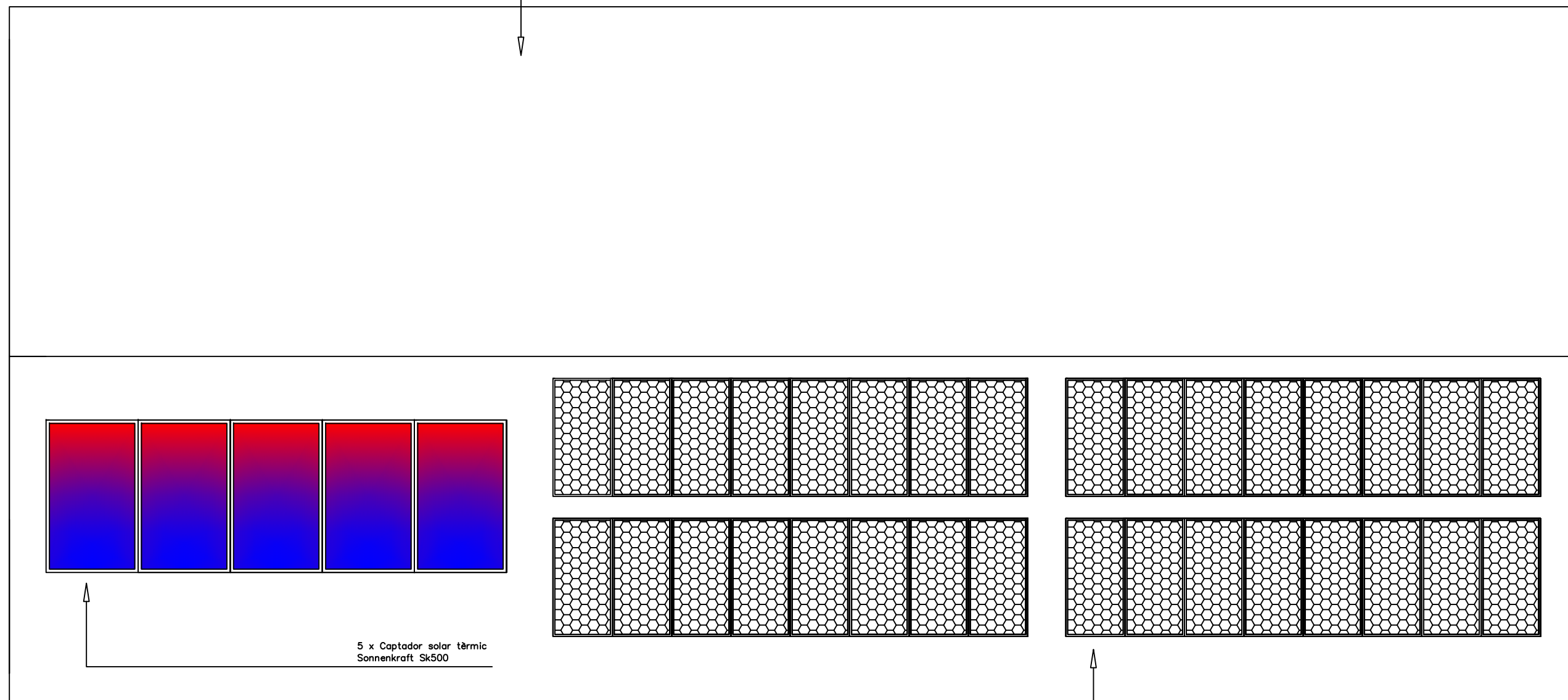


	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	<i>Projecte Final de Carrera</i>	<i>Electrificació i Integració d'Energies Renovables en un Alberg Rural</i>
<i>Dibuixat</i>	<i>Juny 09</i>	<i>M. Gabriel</i>		
<i>Comprovat</i>	<i>Juny 09</i>	<i>M. Gabriel</i>		
<i>S.normes</i>				
<i>Escala</i>	<i>Secció alberg</i>			<i>Nº 7</i>
<i>1:50</i>				<i>Sustitueix a</i>
				<i>Sustituit per</i>



Coberta de xapa metàl·lica

Façana Nord

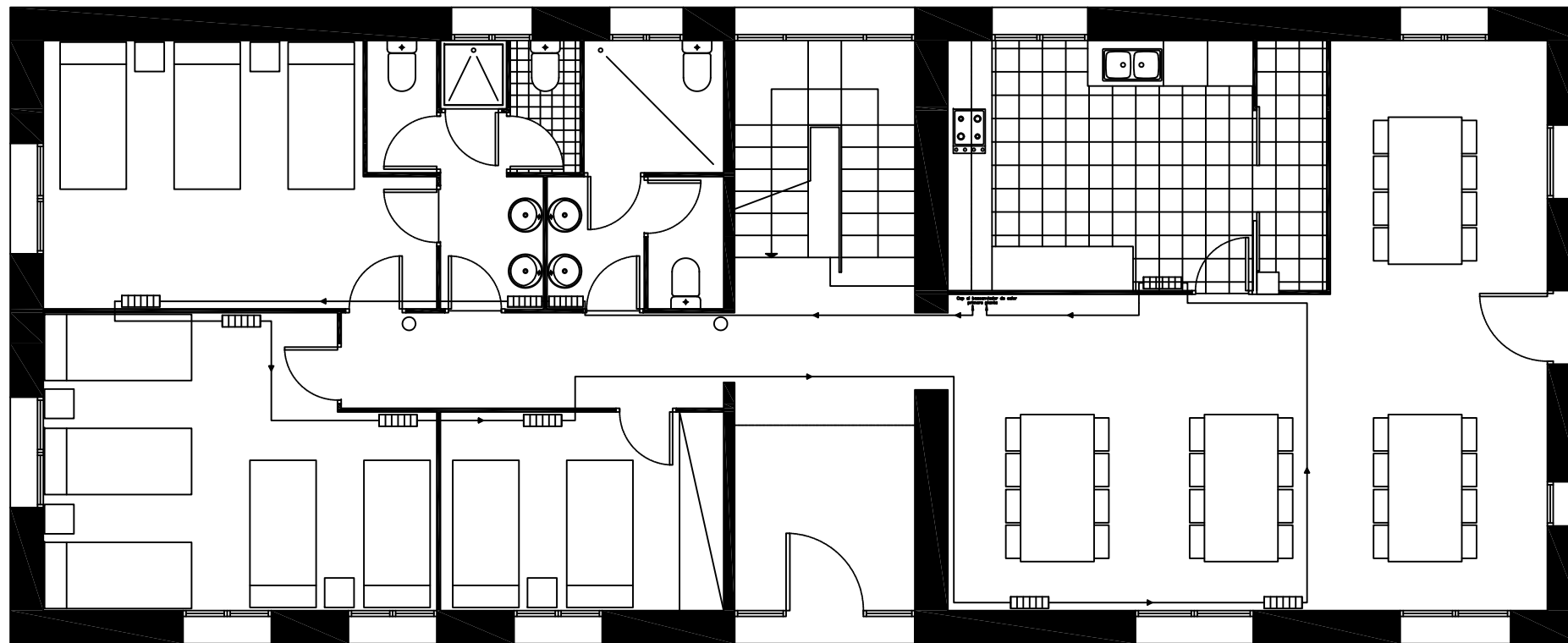


5 x Captador solar tèrmic  
Sonnenkraft Sk500

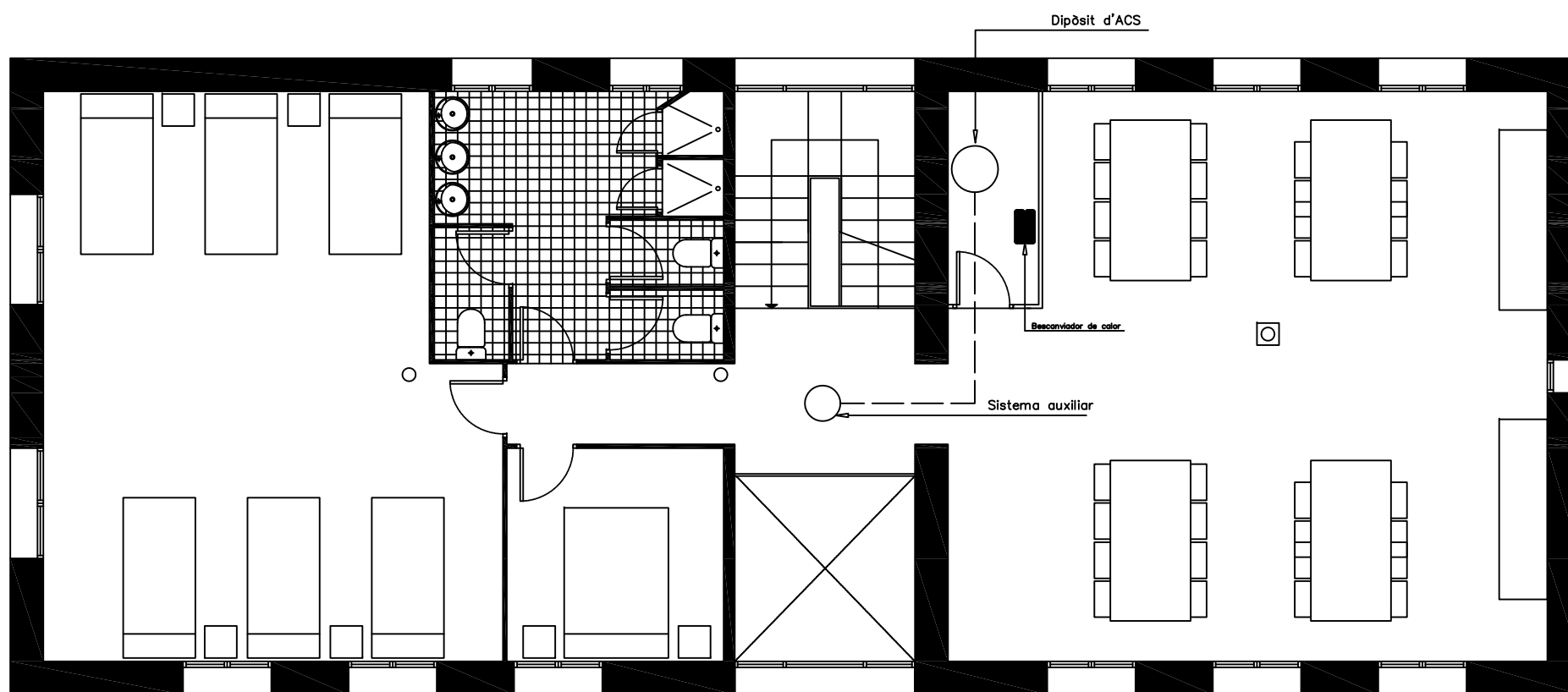
32 x Mòdul solar fotovoltaic  
SolarWorld 165 Wp  
(4 cadenes x 8 mòduls)

Façana Sud

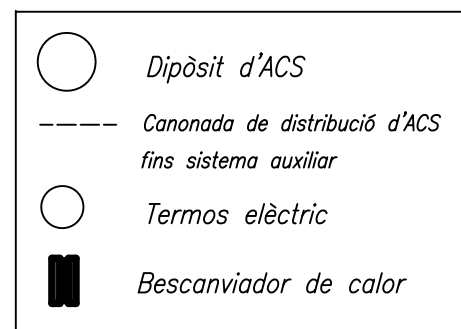
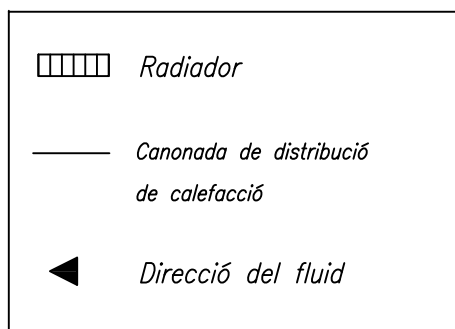
	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	<i>Projecte</i> <i>Final de</i> <i>Carrera</i>	<i>Electrificació i Integració d'Energies</i> <i>Renovables en un Alberg Rural</i>
<i>Dibuixat</i>	<i>Juny 09</i>	<i>M. Gabriel</i>		
<i>Comprovat</i>	<i>Juny 09</i>	<i>M. Gabriel</i>		
<i>S.normes</i>				
<i>Escala</i>	<i>Disposició captadors</i>			<i>Nº 8</i>
<i>S.E.</i>				<i>Sustitueix a</i>
				<i>Sustituit per</i>



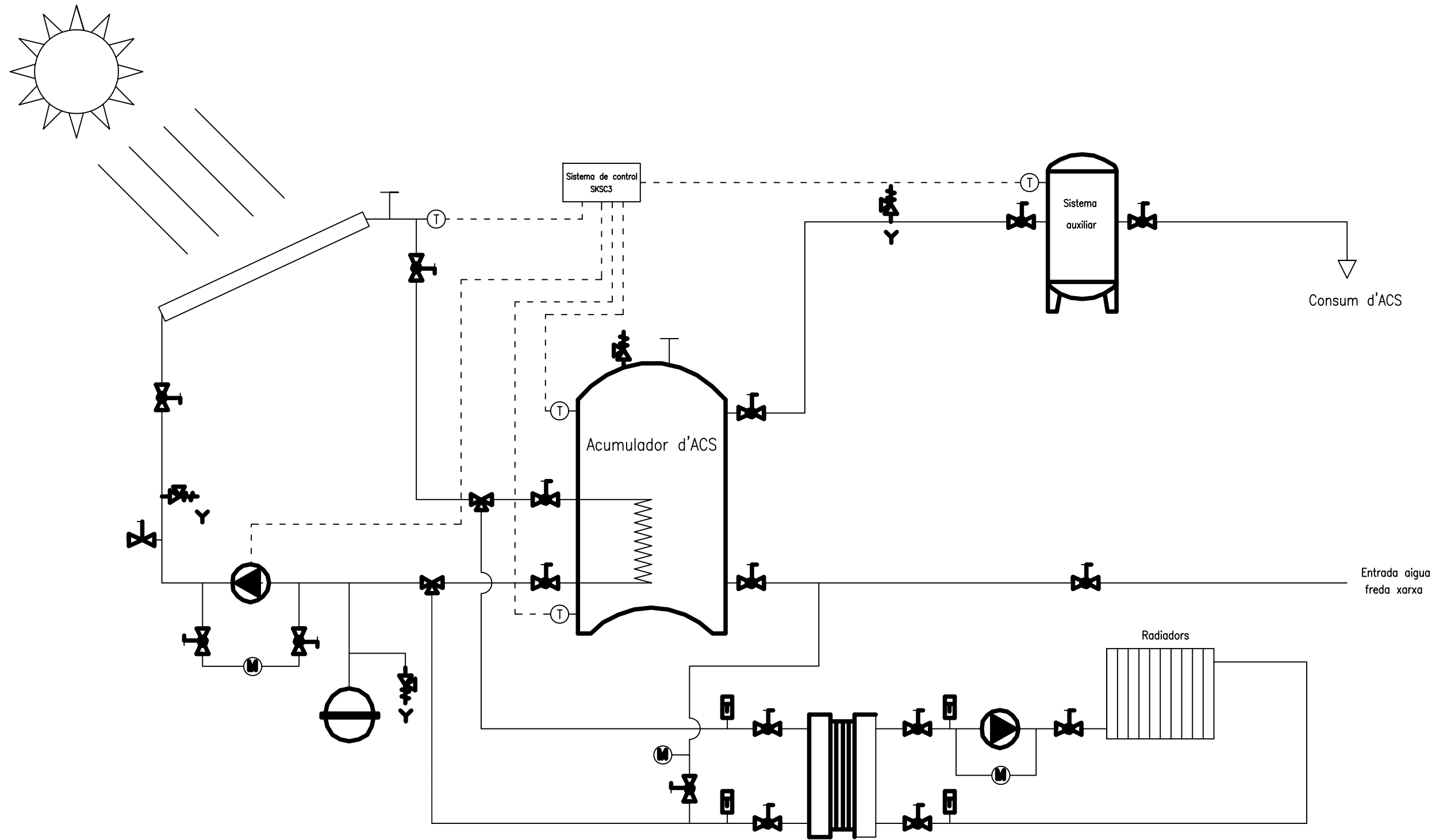
Planta baixa



Primera planta



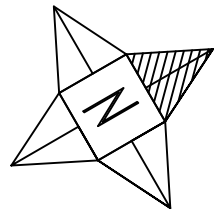
	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	<i>Projecte Final de Carrera</i>	<i>Electrificació i Integració d'Energies Renovables en un Alberg Rural</i>
<i>Dibuixat</i>	<i>Juny 09</i>	<i>M. Gabriel</i>		
<i>Comprovat S.normes</i>	<i>Juny 09</i>	<i>M. Gabriel</i>		
<i>Escala</i>	<i>S.E.</i>		<i>Distribució de calefacció i ACS</i>	<i>Nº9</i>
				<i>Sustitueix a</i>
				<i>Sustituit per</i>



	Vàlvula de 3 vies		Drenatge d'aigua
	Purgador		Manòmetre
	Sensor de temperatura		Bomba
	Vàlvula de tall		Termòmetre
	Vàlvula de seguretat		Vas d'expansió
	Vàlvula de buidat		Bescanviador de calor

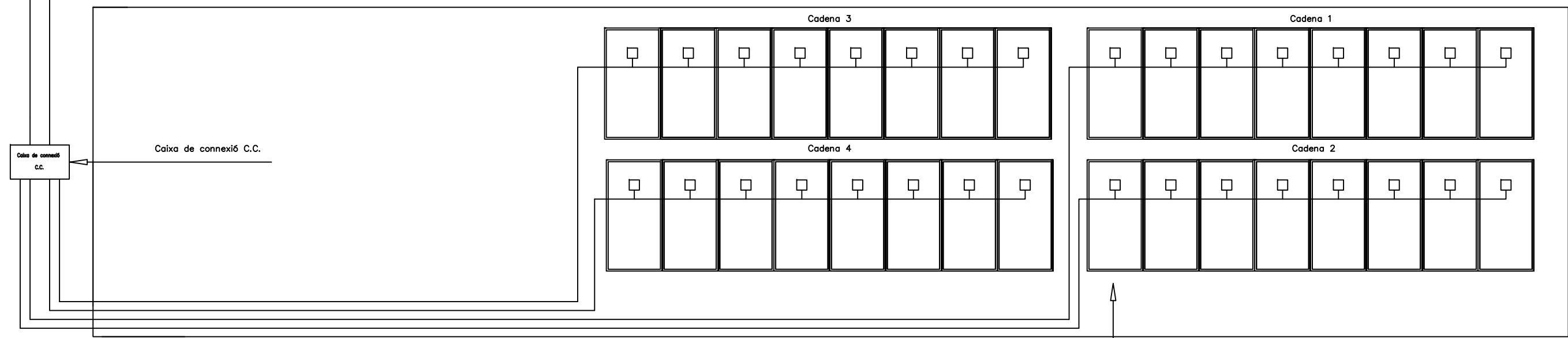
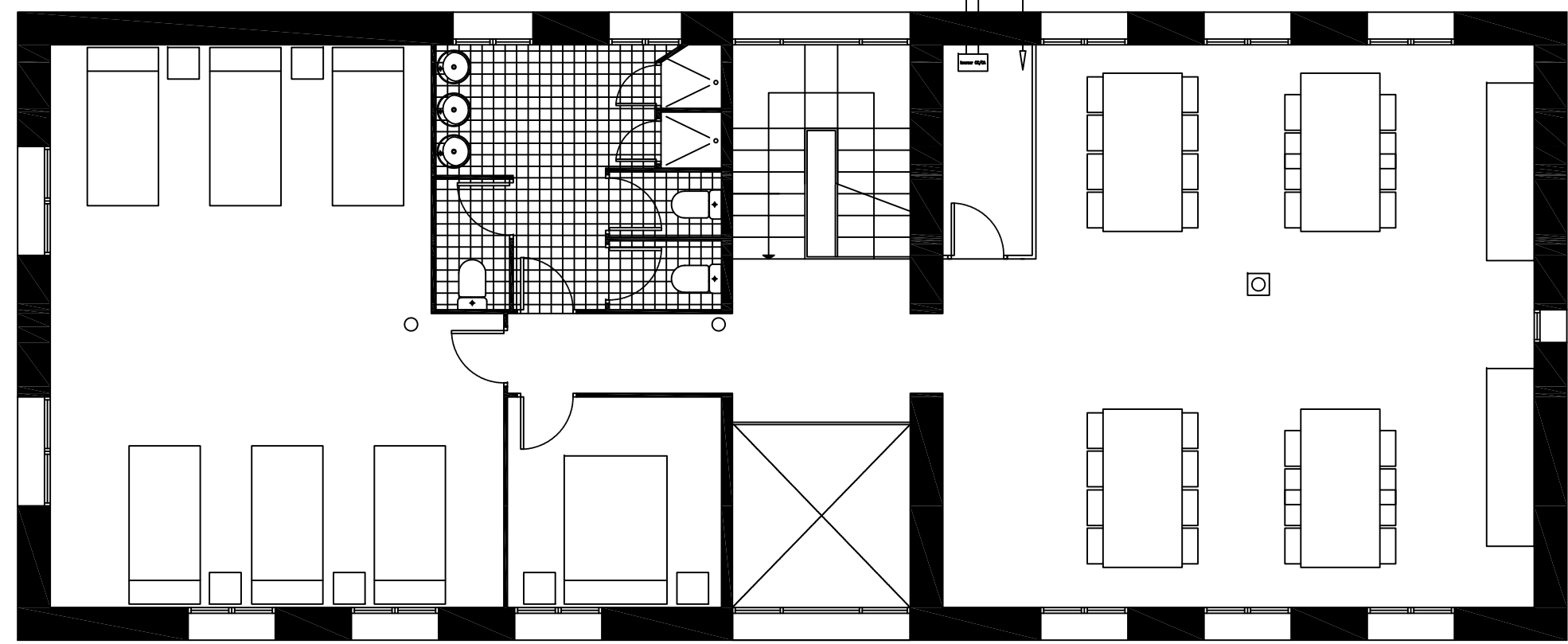
	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	<i>Projecte Final de Carrera</i>	<i>Electrificació i Integració d'Energies Renovables en un Alberg Rural</i>
<i>Dibuixat</i>	<i>Juny 09</i>	<i>M. Gabriel</i>		
<i>Comprovat S.normes</i>	<i>Juny 09</i>	<i>M. Gabriel</i>		
<i>Escala</i>	<i>Esquema hidràulic</i>			<i>Nº 10</i>
<i>S.E.</i>				<i>Sustitueix a</i>
			<i>Sustituit per</i>	

ZONA ACUMULADOR, SISTEMA HIDRÀULIC I INVERSOR



Façana Nord

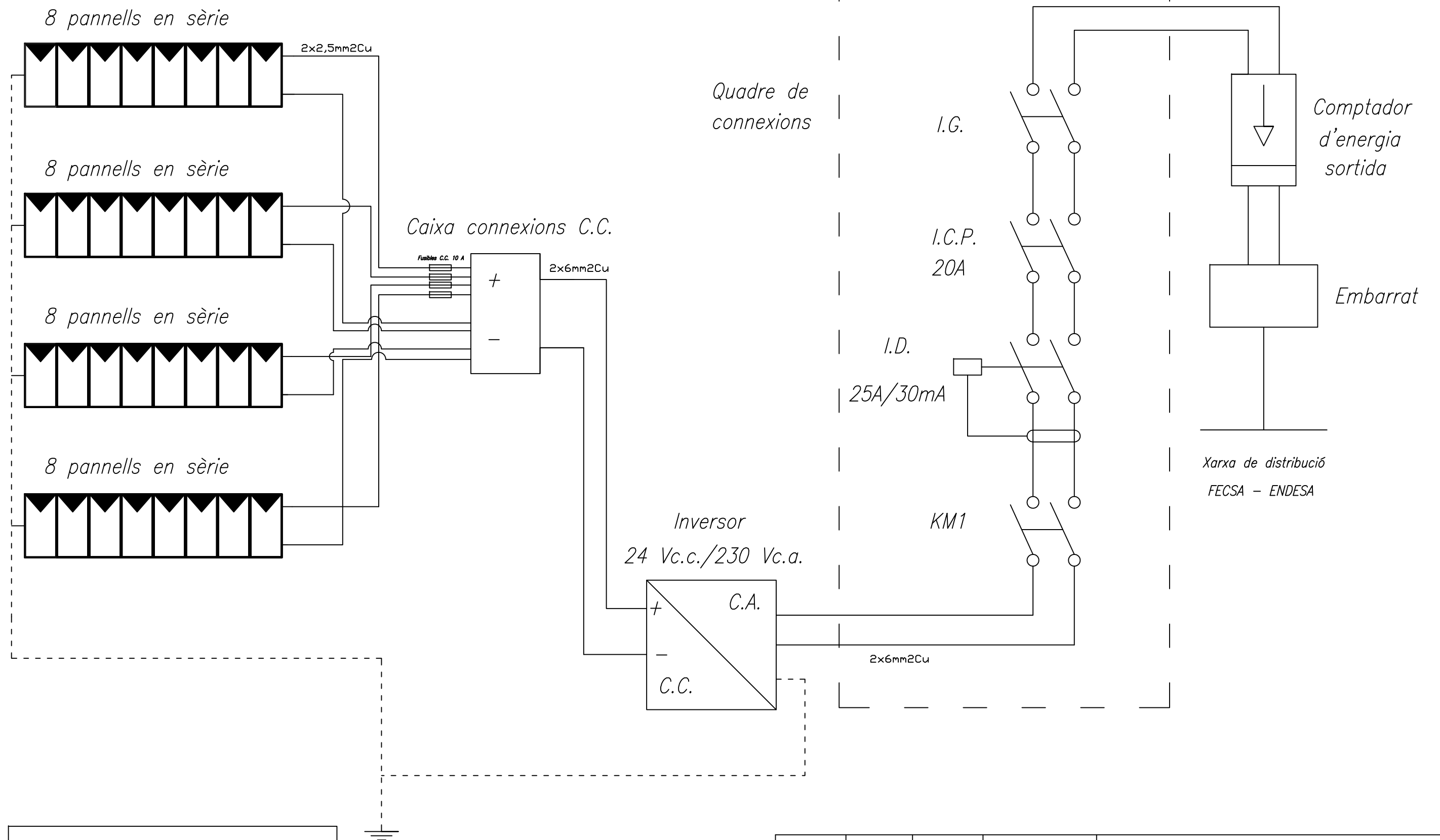
Façana Sud



32 x Mòdul solar fotovoltaic  
SolarWorld 165 Wp  
(4 cadenes x 8 mòduls)

Façana Sud

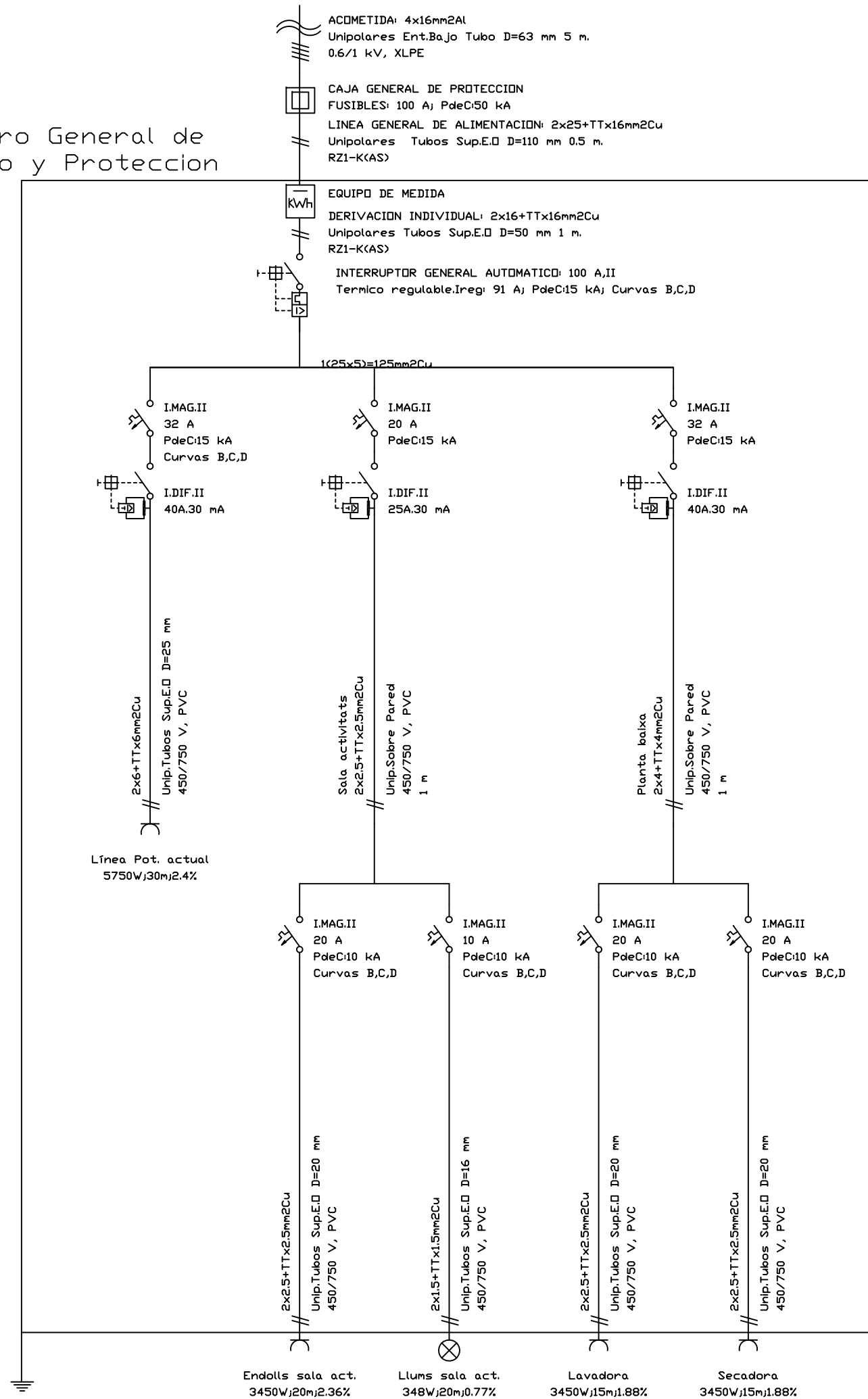
	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	<i>Projecte Final de Carrera</i>	<i>Electrificació i Integració d'Energies Renovables en un Alberg Rural</i>
<i>Dibuixat</i>	<i>Juny 09</i>	<i>M. Gabriel</i>		
<i>Comprovat</i>	<i>Juny 09</i>	<i>M. Gabriel</i>		
<i>S.normes</i>				
<i>Escala</i>	<i>Connexió mòduls fotovoltaics</i>			<i>Nº 11</i>
<i>S.E.</i>				<i>Sustitueix a</i>
				<i>Sustituit per</i>



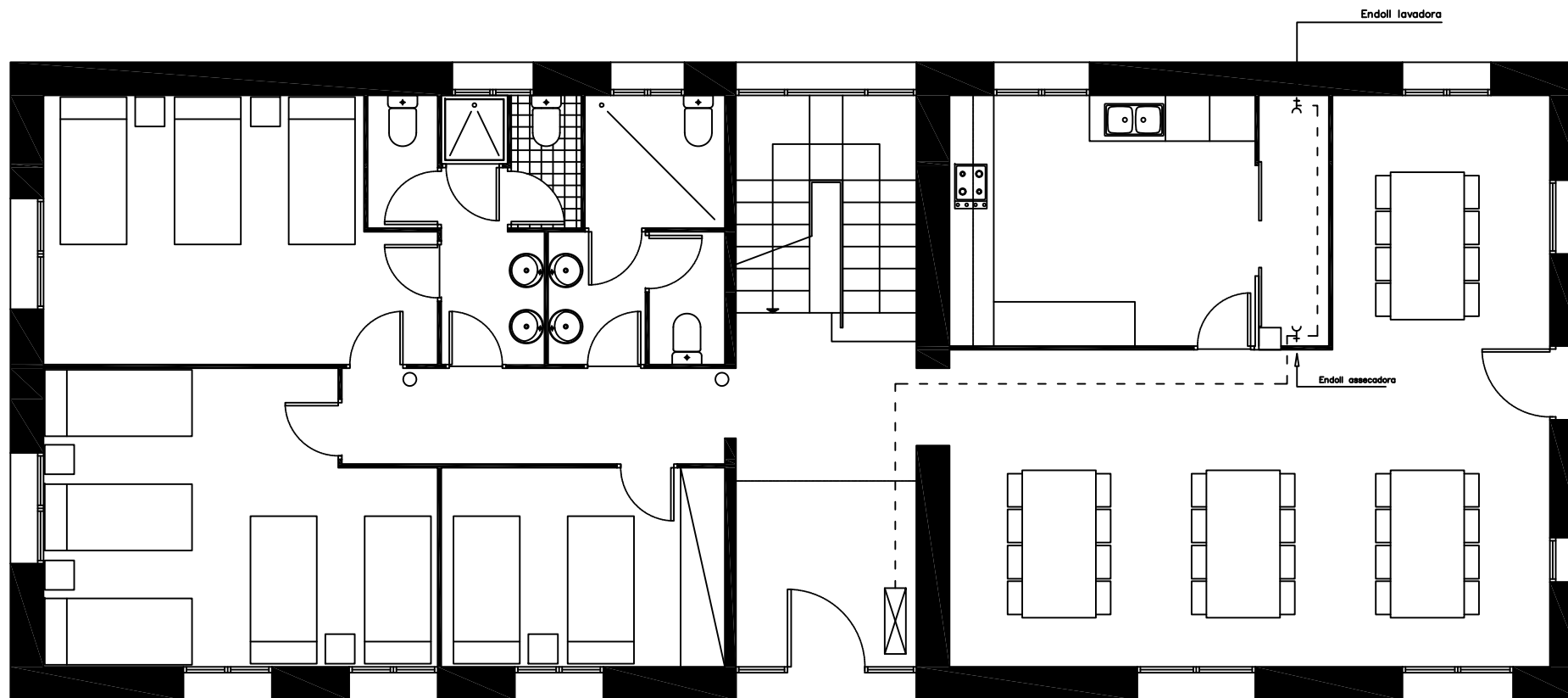
I.G.: Interruptor general  
 I.C.P.: Interruptor Control Potència  
 I.D.: Interruptor diferencial  
 KM1: Contactor desconexió

	Data	Nom	Projecte Final de Carrera	Electrificació i Integració d'Energies Renovables en un Alberg Rural
Dibuixat	Juny 09	M. Gabriel		
Comprovat	Juny 09	M. Gabriel		
S.normes				
Escala	Esquema instal.lació fotovoltaica connectada a la xarxa			Nº 12
S.E.				
				Sustitueix a
				Sustituit per

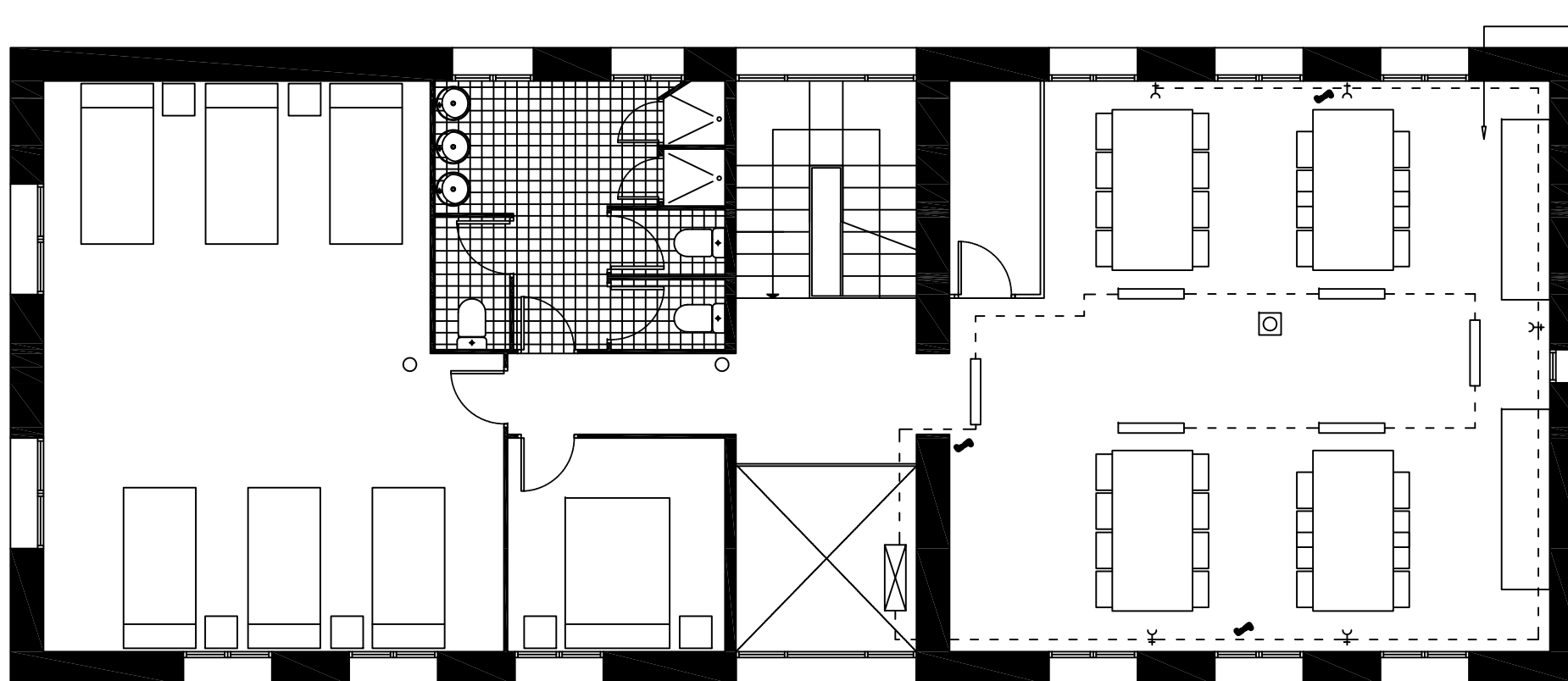
Cuadro General de Mando y Protección



	Data	Nom	Projecte Final de Carrera	Electrificació i Integració d'Energies Renovables en un Alberg Rural
Dibuixat	Juny 09	M. Gabriel		
Comprovat	Juny 09	M. Gabriel		
S.normes				
Escola	Esquema unifilar quadre general de comandament i protecció			Nº 13
S.E.				Sustitueix a
				Sustituit per



Planta baixa



Primera planta

	Caixa general de protecció
	Fluorescent 58 W
	Presa de corrent, Base 16 A 2p + T
	Commutador 10 A

	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	<i>Projecte</i>	<i>Electrificació i Integració d'Energies Renovables en un Alberg Rural</i>
<i>Dibuixat</i>	<i>Juny 09</i>	<i>M. Gabriel</i>	<i>Final de</i>	
<i>Comprovat</i>	<i>Juny 09</i>	<i>M. Gabriel</i>	<i>Carrera</i>	
<i>S.normes</i>				
<i>Escales</i>	<i>Nova electrificació i enllumenat de l'alberg</i>			<i>Nº 14</i>
<i>S.E.</i>				
				<i>Sustitueix a</i>
				<i>Sustituït per</i>



UNIVERSITAT  
ROVIRA I VIRGILI

Departament d'Enginyeria Electrònica Elèctrica i Automàtica

# **Electrificació i Integració d'Energies Renovables en un Alberg Rural**

## **5. Plec de Condicions**

**TITULACIÓ: Enginyeria Tècnica Industrial en Electricitat**

**AUTOR:** Marcel Gabriel Gracià.

**DIRECTOR:** José Antonio Barrado Rodrigo.

**DATA:** Juny / 2009.

# ÍNDIX

5.1.- Condicions generals.....	pàg. 4
5.1.1.- Reglaments i normes.....	pàg. 4
5.1.2.- Materials.....	pàg. 5
5.1.3.- Execució de les obres.....	pàg. 6
5.1.4.- Interpretació i desenvolupament del projecte.....	pàg. 6
5.1.5.- Obres complementàries.....	pàg. 7
5.1.6.- Modificacions.....	pàg. 7
5.1.7.- Obra defectuosa.....	pàg. 7
5.1.8.- Mitjans auxiliars.....	pàg. 7
5.1.9.- Conservació de les dades.....	pàg. 8
5.1.10.- Recepció de les obres.....	pàg. 8
5.1.11.- Mètode de contractació.....	pàg. 8
5.1.12.- Fiança.....	pàg. 9
5.2.- Condicions econòmiques.....	pàg. 9
5.2.1.- Abonament de l'obra.....	pàg. 9
5.2.2.- Preus.....	pàg. 9
5.2.3.- Revisió de preus.....	pàg. 10
5.2.4.- Penalitzacions.....	pàg. 10
5.2.5.- Contracte.....	pàg. 10
5.2.6.- Responsabilitats.....	pàg. 10
5.2.7.- Rescissió del contracte.....	pàg. 11
5.3.- Condicions facultatives legals.....	pàg. 12
5.3.1.- Normes a seguir.....	pàg. 12
5.3.2.- Personal.....	pàg. 12
5.3.3.- Reconeixements i assaigs previs.....	pàg. 12
5.3.4.- Assaigs.....	pàg. 13
5.3.5.- Aparellatges.....	pàg. 13
5.3.6.- Varis.....	pàg. 13
5.3.7.- Posada en marxa.....	pàg. 14

5.4.- Plec de condicions tècniques.....	pàg. 15
5.4.1.- Condicions tècniques de la instal·lació elèctrica de baixa tensió.....	pàg. 15
5.4.1.1.- Descripció.....	pàg. 15
5.4.1.2.- Components.....	pàg. 15
5.4.1.3.- Condicions prèvies.....	pàg. 16
5.4.1.4.- Execució.....	pàg. 16
5.4.1.5.- Condicions generals d'execució de les instal·lacions.....	pàg. 19
5.4.1.6.- Normativa.....	pàg. 21
5.4.1.7.- Control.....	pàg. 22
5.4.1.8.- Seguretat.....	pàg. 22
5.4.1.9.- Mesurament.....	pàg. 23
5.4.1.10.- Manteniment.....	pàg. 23

El Plec de Condicions constitueix un dels elements bàsics del present projecte i té la missió d'establir les condicions tècniques, econòmiques, administratives i legals per tal que l'objecte del projecte es pugui materialitzar en les condicions especificades, evitant possibles interpretacions diferents de les desitjades.

## 5.1 Condicions generals

El present Plec de Condicions té per objecte definir al Contractista l'abast del treball i l'execució qualitativa del mateix.

- El treball elèctric consistirà en la instal·lació elèctrica parcial de l'alberg per a enllumenat i terra.
- L'abast del treball del Contractista inclou el disseny i preparació de tots els plànols, diagrames, especificacions, llista de material i requisits per a l'adquisició i instal·lació del treball.

### 5.1.1 Reglaments i normes

Totes les unitats d'obra s'executaran complint les prescripcions indicades en els Reglaments de Seguretat i Normes Tècniques d'obligat compliment per a aquest tipus d'instal·lacions, tant d'àmbit nacional, autonòmic com municipal, així com, totes les altres que s'estableixin en la Memòria del mateix.

S'adaptaran a més, a les presents condicions particulars que completaran les indicades pels Reglaments i Normes citades.

Els reglaments, normes i recomanacions que afecten a aquest projecte són:

- **Real Decret 842/2002**, de 2 d'Agost, pel qual s'aprova el Reglament Electrotècnic per a Baixa Tensió.
- **Real Decret 2617/1966**, de 20 d'Octubre, (B.O.E. 24-10-66), sobre l'autorització de instal·lacions elèctriques.
- **Llei 54/1997**, de 27 de Novembre, (B.O.E. 30-12-97), sobre el sector elèctric.
- **Real Decret 1663/2000**, de 29 de Setembre, sobre la connexió de instal·lacions fotovoltaïques a la xarxa de baixa tensió.
- **Real Decret 463/2004**, de 12 de Març que estableix la normativa bàsica que es té d'aplicar a l'energia elèctrica i injectada a la xarxa mitjançant panells solars fotovoltaïcs.
- **Real Decret 1433/2002**, de 27 de Desembre, pel qual s'estableixen els requisits de mesura en baixa tensió de consumidors i centrals de producció en Règim Especial.
- **Real Decret 1578/2008**, de 26 de Setembre, sobre la retribució de l'activitat de producció d'energia elèctrica mitjançant tecnologia solar fotovoltaïca.
- **Real Decret 2818/1998**, de 23 de Desembre, (B.O.E. 30-12-98), sobre la producció d'energia elèctrica per instal·lacions proveïdes per recursos o fonts d'energia renovables, residus i cogeneració.

- **Normes UNE** relacionades amb l'actual Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió.
- **Decret 352/2001**, de 18 de Desembre, sobre el procediment administratiu aplicable a les instal·lacions d'energia solar fotovoltaica connectades a la xarxa elèctrica.
- **Llei 7/1994**, de 18 de Maig, sobre la protecció ambiental de l'entorn.
- **Real Decret 1955/2000** d'1 de Desembre, pel qual es regulen les activitats de transport, distribució, comercialització, subministrament i procediments d'autorització sobre les instal·lacions d'energia elèctrica.
- Codi Tècnic de l'Edificació (CTE), **RD 314/2006** de 17 de Març. Secció HE4 sobre energia solar tèrmica.
- Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques en Edificis (RITE). **Real Decret 1027/2007**.
- **Norma UNE 94002**, sobre instal·lacions solars tèrmiques per producció d'aigua calent sanitària.
- Real Decret **865/2003**, de 4 de Juliol, en el qual s'estableixen els criteris higiènic i sanitaris per a la prevenció i control de la legionel·losis.
- **Decret d'Ecoeficiència** de la Generalitat de Catalunya. Decret 21-2006.
- **Real Decret 1302/1986** de 28 de Juny, d'avaluació d'impacte mediambiental.
- **Real Decret 2177/1996** sobre la protecció d'incendis en els edificis.
- Llei número 88/67 de 8 de Novembre sobre el sistema internacional de mesures (SI).
- **Llei 31/1995**, de 8 de Novembre, sobre prevenció de riscos laborals.
- **Real Decret 1627/1997**, de 24 d'Octubre, sobre les disposicions mínimes de seguretat i salut en les obres.
- Recomanacions per a la interpretació del Reglament i Instruccions Complementàries, segons fulles aclaridores.
- Normes particulars de les companyies per al subministrament de l'Energia Elèctrica de Catalunya, per a instal·lacions d'enllaç, aprovat pel Departament d'Indústria i Energia de la Generalitat de Catalunya, segons Resolució de data 24 de febrer de 1987.
- Normes específiques de les Companyies Subministradores, degudament aprovades pels Organismes Competents en la matèria.
- Recomanacions dels fabricants de Material i Aparells, pel correcte disseny i ús dels seus fabricats.

### 5.1.2 Materials

Tots els materials emprats seran de primera qualitat. Compliran les especificacions i tindran les característiques indicades en el projecte i en les normes tècniques generals, i a més en les de la Companyia Distribuïdora d'Energia, per a aquest tipus de materials. Tota especificació o característica de materials que figurin en un sol dels documents del Projecte, encara sense figurar en els altres és igualment obligatòria.

En cas d'existir contradicció o ommissió en els documents del projecte, el Contractista obtindrà l'obligació de posar-ho de manifest al Tècnic Director de l'obra, qui decidirà sobre el particular. En cap cas podrà suplir la falta directament, sense l'autorització expressa. Una vegada adjudicada l'obra definitivament i abans d'iniciar-se aquesta, el Contractista presentés al Tècnic Director els catàlegs, cartes mostra,

certificats de garantia o d'homologació dels materials que vagin a emprar-se. No podrà utilitzar-se materials que no hagin estat acceptats pel tècnic Director.

### 5.1.3 Execució de les obres

- **Començament:** El contractista donarà començament a l'obra en el termini que figuri en el contracte establert amb la Propietat, o en defecte d'això als quinze dies de l'adjudicació definitiva o de la signatura del contracte. El Contractista està obligat a notificar per escrit o personalment en forma directa al Tècnic Director la data de començament dels treballs.
- **Termini d'execució:** L'obra s'executarà en el termini que s'estipuli en el contracte subscrit amb la Propietat o en defecte d'això en el qual figuri en les condicions d'aquest plec. Quan el Contractista, d'acord, amb algun dels extrems continguts en el present Plec de Condicions, o bé en el contracte establert amb la Propietat, sol·liciti una inspecció per a poder realitzar algun treball ulterior que estigui condicionat per la mateixa, vindrà obligat a tenir preparada per a aquesta inspecció, una quantitat d'obra que correspongui a un ritme normal de treball. Quan el ritme de treball establert pel contractista, no sigui el normal, o bé a petició d'una de les parts, es podrà convenir una programació d'inspeccions obligatòries d'acord amb el pla d'obra.
- **Llibre d'ordres:** El Contractista disposarà en l'obra d'un Llibre d'Ordres en el qual s'escriuran les quals el Tècnic Director estimi donar-li a través de l'encarregat o persona responsable, sense perjudici de les quals li doni per ofici quan el crea necessari i que tindrà l'obligació de signar l'assabentat.

### 5.1.4 Interpretació i desenvolupament del projecte

La interpretació tècnica dels documents del Projecte, correspon al Tècnic Director. El Contractista està obligat a sotmetre a aquest qualsevol dubte, aclariment o contradicció que sorgeixi durant l'execució de l'obra per causa del Projecte, o circumstàncies alienes, sempre amb la suficient antelació en funció de la importància de l'assumpte.

El contractista es fa responsable de qualsevol error de l'execució motivat per l'omissió d'aquesta obligació i conseqüentment deurà refer a la seva costa els treballs que corresponguin a la correcta interpretació del Projecte.

El Contractista està obligat a realitzar tot quant sigui necessari per a la bona execució de l'obra, encara quan no es trobi explícitament expressat en el plec de condicions o en els documents del projecte.

El contractista notificarà per escrit o personalment en forma directa al Tècnic Director i amb suficient antelació les dates que quedaran preparades per a inspecció, cadascuna de les parts d'obra per a les quals s'ha indicat la necessitat o conveniència de la mateixa o per a aquelles que, total o parcialment deguin posteriorment quedar ocultes.

De les unitats d'obra que deuen quedar ocultes, es prenguessin abans d'això les dades precises per al seu mesurament, a l'efecte de liquidació i que siguin subscrits pel tècnic Director de trobar-los correctes. De no complir-se aquest requisit, la liquidació es realitzarà sobre la base de les dades o criteris de mesurament aportats per aquest.

### **5.1.5 Obres complementàries**

El contractista té l'obligació de realitzar totes les obres complementàries que siguin indispensables per a executar qualsevol de les unitats d'obra especificades en qualsevol dels documents del Projecte, encara que en ell, no figurin explícitament esmentades aquestes obres complementàries. Tot això sense variació de l'import contractat.

### **5.1.6 Modificacions**

El contractista està obligat a realitzar les obres que se li encarreguin resultants de modificacions del projecte, tant en augment com disminució o simplement variació, sempre que l'import de les mateixes no alteri en més o menys d'un 25% del valor contractat.

La valoració de les mateixes es farà d'acord, amb els valors establerts en el pressupost lliurat pel contractista i que ha estat pres com base del contracte. El Tècnic Director d'obra està facultat per a introduir les modificacions d'acord amb el seu criteri, en qualsevol unitat d'obra, durant la construcció, sempre que compleixin les condicions tècniques referides en el projecte i de manera que això no variï l'import total de l'obra.

### **5.1.7 Obra defectuosa**

Quan el Contractista trobi qualsevol unitat d'obra que no s'ajusti a l'especificat en el projecte o en aquest Plec de Condicions, el Tècnic Director podrà acceptar-ho o rebutjar-ho; en el primer cas, aquest fixarà el preu que crea just conformement a les diferències que hagués, estant obligat el Contractista a acceptar aquesta valoració, en l'altre cas, es reconstruirà a costa del Contractista la part mal executada sense que això sigui motiu de reclamació econòmica o d'ampliació del termini d'execució.

### **5.1.8 Mitjans auxiliars**

Seran de compte del Contractista tots els mitjans i màquines auxiliars que siguin precises per a l'execució de l'obra. En l'ús dels mateixos estarà obligat a fer complir tots els Reglaments de Seguretat en el treball vigents i a utilitzar els mitjans de protecció als seus operaris.

### 5.1.9 Conservació de les dades

És obligació del Contractista la conservació en perfecte estat de les unitats d'obra realitzades fins la data de la recepció definitiva per la Propietat, i corren al seu càrrec les despeses derivades d'això.

### 5.1.10 Recepció de les obres

#### ➤ **Recepció provisional:**

Una vegada acabades les obres, tindrà lloc la recepció provisional i per això es practicarà en elles un detingut reconeixement pel tècnic Director i la Propietat en presència del Contractista, aixecant acta i començant a córrer des d'aquest dia el termini de garantia si es troben en estat de ser admesa.

De no ser admesa es farà constar en l'acta i es donaran instruccions al Contractista per a rectificar els defectes observats, fixant-se un termini per a això, expirant el qual es procedirà a un nou reconeixement a fi de conducta a la recepció provisional.

#### ➤ **Termini de garantia:**

El termini de garantia serà com a mínim d'un any, comptat des de la data de la recepció provisional, o bé el qual s'estableixi en el contracte també comptat des de la mateixa data. Durant aquest període queda a càrrec del Contractista la conservació de les obres i arranjamant dels desperfectes causats per seient de les mateixes o per mala construcció.

#### ➤ **Recepció definitiva:**

Es realitzarà després de transcorregut el termini de garantia d'igual forma que la provisional. A partir d'aquesta data cessarà l'obligació del Contractista de conservar i reparar al seu càrrec les obres si bé subsistiran les responsabilitats que pogués tenir per defectes ocults i deficiències de causa dubtosa.

### 5.1.11 Mètode de contractació

#### ➤ **Mètode de contractació:**

El conjunt de les instal·lacions les realitzarà l'empresa escollida per concurs subhasta.

➤ **Presentació:** Les empreses seleccionades per a aquest concurs deuran presentar els seus projectes en sobre lacrat, abans de la data que es fixi, en el domicili laboral del propietari.

➤ **Selecció:** L'empresa escollida serà anunciada la setmana següent a la conclusió del termini de lliurament. Aquesta empresa serà escollida de mutu acord entre el

propietari i el director de l'obra, sense possible reclamació per part de les altres empreses concursants.

### **5.1.12 Fiança**

En el contracte s'establirà la fiança que el contractista deurà dipositar en garantia del compliment del mateix, o, es convindrà una retenció sobre els pagaments realitzats a compte d'obra executada.

De no estipular-se la fiança en el contracte s'entén que s'adopta com garantia una retenció del 5% sobre els pagaments a comptes citats.

En el cas que el Contractista es negués a fer pel seu compte els treballs per a ultimar l'obra en les condicions contractades, o a atendre la garantia, la Propietat podrà ordenar executar-les a un tercer, abonant el seu import a càrrec de la retenció o fiança, sense perjudici de les accions legals que tingui dret la Propietat si l'import de la fiança no bastés.

La fiança retinguda s'abonarà al Contractista en un termini no superior a trenta dies una vegada signada l'acta de recepció definitiva de l'obra.

## **5.2 Condicions econòmiques**

### **5.2.1 Abonament de l'obra**

En el contracte s'haurà de fixar detalladament la forma i terminis que s'abonaran les obres. Les liquidacions parcials que puguin establir-se tindran caràcter de documents provisionals a bon compte, subjectes a les certificacions que resultin de la liquidació final. No suposant, aquestes liquidacions, aprovació ni recepció de les obres que comprenen.

Acabades les obres es procedirà a la liquidació final que s'efectuarà d'acord amb els criteris establerts en el contracte.

### **5.2.2 Preus**

El contractista presentarà, al formalitzar-se el contracte, relació dels preus de les unitats d'obra que integren el projecte, els quals de ser acceptats tindran valor contractual i s'aplicaran a les possibles variacions que puguin haver.

Aquests preus unitaris, s'entén que comprenen l'execució total de la unitat d'obra, incloent tots els treballs encara els complementaris i els materials així com la part proporcional d'imposició fiscal, les càrregues laborals i altres despeses que puguin repercutir.

En cas d'haver de realitzar-se unitats d'obra no previstes en el projecte, es fixarà el seu preu entre el Tècnic Director i el Contractista abans d'iniciar l'obra i es presentarà a la propietat per a la seva acceptació o no.

### **5.2.3 Revisió de preus**

En el contracte s'establirà si el contractista té dret a revisió de preus i la fórmula a aplicar per a calcular-la. En defecte d'aquesta última, s'aplicarà segons el parer del Tècnic Director algun dels criteris oficials acceptats.

### **5.2.4 Penalitzacions**

En el cas de que hi hagi retard en els terminis de lliurament de les obres, es podran establir taules de penalització de les quanties i demores de la qual es fixaran en el contracte que se n'haurà de fer càrrec la part corresponent.

### **5.2.5 Contracte**

El contracte es formalitzarà mitjançant document privat, que podrà elevar-se a escriptura pública a petició de qualsevol de les parts. Comprendrà l'adquisició de tots els materials, transport, mà d'obra, mitjans auxiliars per a l'execució de l'obra projectada en el termini estipulat, així com la reconstrucció de les unitats defectuoses, la realització de les obres complementàries i les derivades de les modificacions que s'introdueixin durant l'execució, aquestes últimes en els termes prevists.

La totalitat dels documents que componen el Projecte Tècnic de l'obra seran incorporats al contracte i tant el contractista com la Propietat deuran signar-los en testimoni que els coneixen i accepten.

### **5.2.6 Responsabilitats**

El Contractista és el responsable de l'execució de les obres en les condicions establertes en el projecte i en el contracte. Com a conseqüència d'això vindrà obligat a la demolició del mal executat i a la seva reconstrucció correctament sense que serveixi d'excusa el qual el Tècnic Director hagi examinat i reconegut les obres.

El contractista és l'únic responsable de totes les contravencions que ell o el seu personal cometin durant l'execució de les obres o operacions relacionades amb les mateixes. També és responsable dels accidents o mals que per errors, inexperiència o ocupació de mètodes inadequats es produeixin a la propietat als veïns o tercers en general.

El Contractista és l'únic responsable de d'incompliment de les disposicions vigents en la matèria laboral respecte al seu personal i per tant els accidents que puguin sobrevenir i dels drets que puguin derivar-se d'ells.

### 5.2.7 Rescissió del contracte

- **Causes de rescissió:** Es consideren causes suficients per a la rescissió del contracte les següents:

- 1.- Mort o incapacitat del Contractista.
- 2.- La fallida del contractista.
- 3.- Modificació del projecte quan produeixi alteració en més o menys 25% del valor contractat.
- 4.- Modificació de les unitats d'obra en nombre superior al 40% de l'original.
- 5.- La no iniciació de les obres en el termini estipulat quan sigui per causes alienes a la Propietat.
- 6.- La suspensió de les obres ja iniciades sempre que el termini de suspensió sigui major de sis mesos.
- 7.- Incompliment de les condicions del Contracte quan impliqui mala fe.
- 8.- Terminació del termini d'execució de l'obra sense haver-se arribat a completar aquesta.
- 9.- Actuació de mala fe en l'execució dels treballs.
- 10.- Subcontractar la totalitat o part de l'obra a tercers sense l'autorització del Tècnic Director i la Propietat.

- **Causes de rescissió:**

Sempre que es rescindeixi el Contracte per causes anteriors o bé per acord d'ambdues parts, s'abonarà al Contractista les unitats d'obra executades i els materials apilats a peu d'obra i que reuneixin les condicions i siguin necessaris per a la mateixa.

Quan es rescindeixi el contracte durà implícit la retenció de la fiança per a obtenir les possibles despeses de conservació del període de garantia i els derivats del manteniment fins la data de nova adjudicació.

## **5.3 Condicions facultatives legals**

### **5.3.1 Normes a seguir**

El disseny de la instal·lació elèctrica estarà d'acord amb les exigències o recomanacions exposades en l'última edició dels següents codis:

- 1.- Reglament Electrotècnic d'Alta Tensió.
- 2.- Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió i Instruccions Complementàries.
- 3.- Normes UNE.
- 4.- Publicacions del Comitè Electrotècnic Internacional (CEI).
- 5.- Pla nacional i Ordenança General de Seguretat i Higiene en el treball.
- 6.- Normes de la Companyia Subministradora.
- 7.- L'indicat en aquest plec de condicions amb preferència a tots els codis i normes.

### **5.3.2 Personal**

El Contractista tindrà al capdavant de l'obra un encarregat amb autoritat sobre els altres operaris i coneixements acreditats i suficients per a l'execució de l'obra.

L'encarregat rebrà, complirà i transmetrà les instruccions i ordenis del Tècnic Director de l'obra. El Contractista tindrà en l'obra, el nombre i classe d'operaris que facin mancada per al volum i naturalesa dels treballs que es realitzin, els quals seran de reconeguda aptitud i experimentats en l'ofici. El Contractista estarà obligat a separar de l'obra, a aquell personal que segons el parer del Tècnic Director no compleixi amb les seves obligacions, realitzi el treball defectuosament, bé per falta de coneixements o per obrar de mala fe.

### **5.3.3 Reconeixements i assaigs previs**

Quan ho estimi oportú el Tècnic Director, podrà encarregar i ordenar l'anàlisi, assaig o comprovació dels materials, elements o instal·lacions, bé sigui en fàbrica d'origen, laboratoris oficials o en la mateixa obra, segons crea més convenient, encara que aquests no estiguin indicats en aquest plec.

En el cas de discrepància, els assaigs o proves s'efectuaran en el laboratori oficial que el Tècnic Director d'obra designi.

Les despeses ocasionades per aquestes proves i comprovacions, seran per compte del Contractista.

### 5.3.4 Assaigs

Abans de la posada en servei del sistema elèctric, el Contractista haurà de fer els assaigs adequats per a provar, a la plena satisfacció del Tècnic Director d'obra, que tot equip, aparells i cablatge han estat instal·lats correctament d'acord amb les normes establertes i estan en condicions satisfactòries del treball.

Tots els assaigs seran presenciats per l'Enginyer que representa el Tècnic Director d'obra. Els resultats dels assaigs seran passats en certificats indicant data i nom de la persona a càrrec de l'assaig, així com categoria professional.

### 5.3.5 Aparellatges

- Abans de posar els aparells sota tensió, s'amidarà la resistència d'aïllament de cada embarrat entre fases i entre fases i terra. Les mesures han de repetir-se amb els interruptors en posició de funcionament i contactes oberts.
- Tot relé de protecció que sigui ajustable serà calibrat i assajat, usant comptador de cicles, caixa de càrrega, amperímetre i voltímetre, segons es necessiti.
- Es disposarà, en tant que sigui possible, d'un sistema de protecció selectiva. D'acord amb això, els relés de protecció s'elegiran i coordinaran per a aconseguir un sistema que permeti actuar primer el dispositiu d'interrupció més pròxim a la falta.
- El contractista prepararà corbes de coordinació de relés i calibrat d'aquests per a tots els sistemes de protecció prevists.
- Es comprovaran els circuits secundaris dels transformadors d'intensitat i tensió aplicant corrents o tensió als enrolaments secundaris dels transformadors i comprovant que els instruments connectats a aquests secundaris funcionen.
- Tots els interruptors automàtics es col·locaran en posició de prova i cada interruptor serà tancat i disparat des del seu interruptor de control. Els interruptors han de ser disparats per accionament manual i aplicant corrent als relés de protecció. Es comprovaran tots els enclavaments.
- Es mesurarà la rigidesa dielèctrica de l'oli dels interruptors de petit volum.

### 5.3.6 Varis

- Es comprovarà la posada a terra per a determinar la continuïtat dels cables de terra i les seves connexions i s'amidarà la resistència dels elèctrodes de terra.

- Es comprovaran totes les alarmes de l'equip elèctric per a comprovar el funcionament adequat, fent-les activar simulant condicions anormals.
- Es comprovaran els carregadors de bateries per a comprovar el seu funcionament correcte d'acord amb les recomanacions dels fabricants.

### 5.3.7 Posada en marxa

La posada en marxa tindrà lloc immediatament després d'haver finalitzat el muntatge, devent estar funcionant i comprovats en aquells dies tots els serveis auxiliars no inclosos en el nostre subministrament. Igualment han d'estar disponibles i comprovades les escomeses de força elèctrica, així com reductors, màquines de c.c., electrofrens, etc.

La posta en marxa finalitzarà quan hàgim declarat l'equip apte per a la seva operació. Això s'efectuarà per escrit per mitjà del nostre encarregat. L'indicat sota els anteriors punts pressuposa el següent:

- A la data de l'engegada de la instal·lació han d'estar acabats tots els treballs de l'obra civil i totes les portes deuen tenir els seus corresponents panys.
- El corrent elèctric ha de ser subministrada pel client.
- Els equips en període d'engegada estaran durant aquest temps a la nostra sencera disposició.
- Possibles demores fora de la nostra responsabilitat es tindran en compte i en cas necessari es facturaran degudament. Això val especialment per a la fase de l'optimització dels equips.
- El client posarà a disposició el personal necessari perquè sigui instruït respecte a l'equip. o Tots els equips no pertanyents al nostre subministrament estaran preparats per al servei, havent-se comprovat el seu funcionament amb anterioritat.

## 5.4 Plec de Condicions Tècniques

### 5.4.1 Condicions tècniques de la instal·lació elèctrica de baixa tensió

#### 5.4.1.1 Descripció

Instal·lació de la xarxa de distribució elèctrica en baixa tensió a 400 V entre fases, i a 230 V entre fases i neutre; des del final de l'escomesa pertanyent a la Companyia Subministradora (FECSA – ENDESA), fins el punt d'utilització de l'alberg.

#### 5.4.1.2 Components

- Conductors:
  - Elèctrics
  - Repartiment
  - Protecció
- Tubs protectors.
- Elements de connexió.
- Caixes d'entroncament i derivació.
- Aparells de comandament i maniobra:
  - Interruptors.
  - Commutadors.
- Preses de corrent.
- Aparells de protecció:
  - Disjuntors elèctrics.
  - Interruptors diferencials.
  - Fusibles.
- Preses de terra.
- Plaques.
- Elèctrodes o piques.
- Aparells de control.
  - Quadres de distribució: Generals, individuals.
  - Comptadors.

### 5.4.1.3 *Condicions prèvies*

Abans d'iniciar l'estesa de la xarxa de distribució, deuran estar executats els elements estructurals que hagin de suportar-la o en els quals vagi a estar encastada: Forjats, tabiqueria. Excepte quan al estar previstes s'hagin deixat preparades les necessàries canalitzacions al realitzar l'obra prèvia, s'haurà de replantejar sobre aquesta en forma visible la situació de les caixes de mecanismes, de registre i de protecció, així com el recorregut de les línies, assenyalant de forma convenient la naturalesa de cada element.

### 5.4.1.4 *Execució*

Tots els materials seran de la millor qualitat, amb les condicions que imposin els documents que componen el Projecte, o els quals es determini en el transcurs de l'obra, muntatge o instal·lació.

#### **Conductors elèctrics:**

Serán de coure electrolític, aïllats adequadament, sent la seva tensió nominal de 0,6/1 kV per a les LGA i també per a la resta de la instal·lació (aigües avall), havent d'estar homologats segons normes UNE citades en la Instrucció ITC-BT02.

#### **Conductors de protecció:**

Serán de coure i presentaran el mateix aïllament que els conductors actius. Es podran instal·lar per les mateixes canalitzacions que aquests o bé en forma independent, seguint-se referent a això el que assenyalin les normes particulars de l'empresa distribuïdora de l'energia. La secció mínima d'aquests conductors serà la obtinguda utilitzant la taula 2 (ITC-BT19, apartat 2.3), en funció de la secció dels conductors de la instal·lació.

#### **Identificació dels conductors:**

Serán identificats pel color del seu aïllament:

- Blau clar per al conductor neutre.
- Groc – verd per al conductor de terra i protecció.
- Marró, negre i gris per als conductors actius o fases.

#### **Tubs protectors:**

Els tubs a emprar serán aïllants flexibles (corrugats) normals, amb protecció de grau 5 contra mals mecànics, i que puguin corbar-se amb les mans, excepte els quals no hagin d'anar pel sòl o paviment dels pisos, canals o falsos sostres, que serán del tipus PREPLAS, REFLEX o similar, i disposaran d'un grau de protecció de 7.

Els diàmetres interiors nominals mínims, amidats en mil·límetres, per als tubs protectors, en funció del nombre, classe i secció dels conductors que tenen que allotjar, s'indiquen en les taules de la ITC-BT21. Per a més de 5 conductors per tub, i per a

conductors de seccions diferents a instal·lar pel mateix tub, la secció interior d'aquest serà, com a mínim, igual a tres vegades la secció total ocupada pels conductors, especificant únicament els quals realment s'utilitzin.

### **Caixes d'entroncament i derivacions:**

Seràn de material plàstic resistent o metàl·liques, en aquest cas estaran aïllades interiorment i protegides contra l'oxidació.

Les dimensions seràn tal que permetin allotjar folgadamente tots els conductors que deguin contenir. La seva profunditat equivaldrà al diàmetre del tub major més un 50% del mateix, amb un mínim de 40 mm. de profunditat i de 80 mm. per al diàmetre o costat interior.

La unió entre conductors, dintre o fora de les seves caixes de registre, no es realitzarà mai per simple retorçament entre sí dels conductors, sinó utilitzant borns de connexió, conforme a la ITC-BT21.

### **Aparells de comandament i maniobra:**

Són els interruptors i commutadors, que tallaran el corrent màxim del circuit que estiguin col·locats sense donar lloc a la formació d'arc permanent, obrint o tancant els circuits sense possibilitat de prendre una posició intermèdia. Seràn del tipus tancat i de material aïllant.

Les dimensions de les peces de contacte seràn tal que la temperatura no pugui excedir en cap cas de 65.°C. en cap de les seves peces.

La seva construcció serà tal que permeti realitzar un nombre prop de 10.000 maniobres d'obertura i tancament, amb la seva càrrega nominal a la tensió de treball. Duran marcada la seva intensitat i tensions nominals, i estaran provades a una tensió de 500 a 1.000 Volts.

### **Aparells de protecció:**

Són els disjuntors elèctrics, fusibles i interruptors diferencials.

Els disjuntors seràn de tipus magnetotèrmic d'accionament manual, i podran tallar el corrent màxim del circuit que estiguin col·locats sense donar lloc a la formació d'arc permanent, obrint o tancant els circuits sense possibilitat de prendre una posició intermèdia.

La seva capacitat de tall per a la protecció del curtcircuit estarà d'acord amb la intensitat del curtcircuit que pugui presentar-se en un punt de la instal·lació, i per a la protecció contra l'escalfament de les línies es regularan per a una temperatura inferior als 60 °C. Duran marcades la intensitat i tensió nominals de funcionament, així com el signe indicador del seu desconnexionat.

Aquests automàtics magnetotèrmics seràn de tall omnipolar, tallant la fase i neutre alhora quan actui la desconnexió.

Els interruptors diferencials seran com a mínim d'alta sensibilitat (30mA.) i a més de tall omnipolar. Podran ser "purs", quan cada un dels circuits vagin allotjats en tub o conducte independent una vegada que surtin del quadre de distribució, o del tipus amb protecció magnetotèrmica inclosa quant els diferents circuits tinguin que anar canalitzats per un mateix tub.

Els fusibles a utilitzar per protegir els circuits secundaris o en la centralització de comptadors estaran calibrats a la intensitat del circuit que protegeixin. Es disposaran sobre material aïllant i incombustible, i estaran construïts de tal forma que no es pugui projectar metall al fonde's. Podran ser reemplaçats baix tensió sense perill, i portaran marcades la intensitat i tensió nominal de treball, així com la sensibilitat.

### **Preses de corrent:**

Les preses de corrent a utilitzar seran de material aïllant, portaran marcades la intensitat i tensió nominal de treball i disposaran, com a norma general, totes elles de posta a terra. El número de preses de corrent a instal·lar, en funció dels metres quadrats de l'habitable i el grau d'electrificació serà com a mínim el indicat en la ITC-BT10 en el seu apartat 2.2.

### **Enllumenat en general:**

Les Lluminàries seran estanques, amb reactàncies d'arrencada ràpida. S'efectuarà un estudi complet d'il·luminació interior justificant la intensitat d'enllumenat (lux) obtinguts en cada cas. Abans de la recepció provisional aquests (lux) seran verificats amb un luxòmetre per tota l'àrea il·luminada, la qual tindrà una il·luminació uniforme.

### **Enllumenat interior:**

Proporcionarà un nivell d'il·luminació suficient per a desenvolupar l'activitat prevista a cada instal·lació tal com s'indica en els annexos del present projecte.

A més de la quantitat es determinarà la qualitat de la il·luminació que en línies generals complirà amb:

- 1.- Eliminació o disminució de les causes d'enlluernament capaços de provocar una sensació d'incomoditat i fins i tot una reducció de la capacitat visual.
- 2.- Elecció del dispositiu d'il·luminació i el seu emplaçament de tal forma que l'adreça de llum, la seva uniformitat, el seu grau de difusió i el tipus d'ombres s'adaptin tan bé com sigui possible a la tasca visual i a la finalitat del local il·luminat.
- 3.- Adaptar una llum la composició espectral de la qual posseeixi un bon rendiment en color.
- 4.- La reproducció cromàtica serà de qualitat molt bona (índex Ra entre 85 i 100).
- 5.- La temperatura de color dels punts de llum estarà entre 3000 i 5000 graus Kelvin.

6. Es calcularà un coeficient de manteniment baix, prop de 0,7.
7. Els coeficients d'utilització i rendiment de la il·luminació es procurarà que siguin els majors possibles.

### **Il·luminació d'emergència:**

Estarà formada pels mateixos aparells d'enllumenat accionats a través d'un grup electrogen de commutació automàtica, complint amb les normes UNE 20-062-73 i 20-392-75 i altres disposicions vigents de seguretat. Seran del tipus fluorescent amb preferència. En les instal·lacions electromecàniques amb un grau de protecció mínim de IP 54, i en les oficines IP 22.

### **Posta a terra:**

Les postes a terra podran realitzar-se mitjançant plaques de 500 x 500 x 3 mm. o bé mitjançant elèctrodes de 2 i 2,5 m. de longitud, col·locant sobre la seva connexió amb el conductor d'enllaç la seva corresponent arqueta enregistrable de presa de terra, i el respectiu born de comprovació o dispositiu de connexió. El valor de la resistència serà inferior a 20 Ohms.

#### ***5.4.1.5 Condicions generals d'execució de les instal·lacions***

- Les caixes generals de protecció se situaran en l'exterior del portal o en la façana de l'edifici, segons la ITC-BT13. Si la caixa és metàl·lica, haurà de dur un born per a la seva posada a terra (no aplicable així, en aquest projecte).
- La centralització de comptadors s'efectuarà en mòduls prefabricats, seguint la ITC-BT16 i la norma o homologació de la Companyia Subministradora, i es procurarà que les derivacions en aquests mòduls es distribueixin independentment, cadascuna allotjada en el seu tub protector corresponent.
- El local de situació no ha de ser humit, i estarà suficientment ventilat i il·luminat. Si la cota del sòl és inferior a la dels passadissos o locals confrontats, tindran que disposar de forats de desguàs perquè, en cas d'avaria, negligència o trencament de canonades d'aigua, no puguin produir-se inundacions en el local. Els comptadors es col·locaran a una altura mínima del sòl de 0,50 m. i màxima de 1,80 m., i entre el comptador més sortint i la paret oposada haurà de respectar-se un passadís de 1,10 m., segons la ITC-BT16.
- L'estesa de les derivacions individuals es realitzarà al llarg de la caixa de l'escala d'ús comú, podent efectuar-se per tubs encastats o superficials, o per canalitzacions prefabricades, segons es defineix en la ITC-BT15.
- Els quadres generals de distribució se situaran en l'interior dels habitatges, el més prop possible a l'entrada de la derivació individual, a poder ser pròxim a la porta, i en lloc fàcilment accessible i d'ús general. Hauran d'estar realitzats amb materials no inflamables, i se situaran a una distància tal que entre la superfície del paviment i els mecanismes de comandament hi hagin 200 cm.

- En el mateix quadre es disposarà un born per a la connexió dels conductors de protecció de la instal·lació interior amb la derivació de la línia principal de terra. Per tant, a cada quadre de derivació individual entrarà un conductor de fase, un de neutre i un conductor de protecció.
- La connexió entre els dispositius de protecció situats en aquests quadres s'executarà ordenadament, procurant disposar borns de connexió per als conductors actius i per al conductor de protecció. Es fixarà sobre els mateixos un rètol de material metàl·lic en el qual ha d'estar indicat el nom de l'instal·lador, el grau de electrificació i la data en la qual es va executar la instal·lació.
- L'execució de les instal·lacions interiors dels edificis s'efectuarà sota tubs protectors, seguint preferentment línies paral·leles a les verticals i horitzontals que limiten el local on s'efectuarà la instal·lació.
- Tindrà que ser possible la fàcil introducció i retirada dels conductors en els tubs després d'haver estat col·locats i fixats aquests i els seus accessoris, devent disposar dels registres que es considerin convenients.
- Els conductors s'allotjaran en els tubs després de ser col·locats aquests. La unió dels conductors en els entroncaments o derivacions no es podrà efectuar per simple retrobament o enrotllament entre si dels conductors, sinó que haurà de realitzar-se sempre utilitzant borns de connexió muntats individualment o constituint blocs o borns de connexió, podent utilitzar-se brides de connexió. Aquestes unions es realitzaran sempre en l'interior de les caixes d'entroncament o derivació.
- No es permetran més de tres conductors en els borns de connexió.
- Les connexions dels interruptors unipolars es realitzaran sobre el conductor de fase.
- No s'utilitzarà un mateix conductor neutre per a diversos circuits.
- Tot conductor ha de poder seccionar-se en qualsevol punt de la instal·lació en la qual derivi.
- El conductor col·locat sota arrebossat (cas d'electrificació mínima) haurà d'instal·lar-se d'acord amb l'establert en la ITC-BT27, en l'apartat 2.
- En el volum de protecció no es permetrà la instal·lació d'interruptors, però podran instal·lar-se preses de corrent de seguretat. S'admetrà la instal·lació de radiadors elèctrics de calefacció amb elements de caldeig protegits sempre que la seva instal·lació sigui fixa, estiguin connectats a terra i s'hagi establert una protecció exclusiva per a aquests radiadors a força d'interruptors diferencials d'alta sensibilitat. L'interruptor de maniobra d'aquests radiadors deurà estar situat fora del volum de protecció.

- Els escalfadors elèctrics s'instal·laran amb un interruptor de tall bipolar, admetent-se aquest en la pròpia clavilla. L'escalfador d'aigua haurà d'instal·lar-se, si pot ser, fora del volum de prohibició, a fi d'evitar les projeccions d'aigua a l'interior de l'aparell.
- Les instal·lacions elèctriques hauran de presentar una resistència mínima de l'aïllament almenys igual a  $1.000 \times U$  Ohms, sent U la tensió màxima de servei expressada en Volts, amb un mínim de 250.000 Ohms.
- L'aïllament de la instal·lació elèctrica s'amidarà en relació amb terra i entre conductors mitjançant l'aplicació d'una tensió contínua, subministrada per un generador que proporcioni en buidor una tensió compresa entre els 500 i els 1.000 Volts, i com a mínim 250 Volts, amb una càrrega externa de 100.000 Ohms.
- Es disposarà d'un punt de posta a terra accessible i senyalitzat, per poder efectuar l'amidament de la resistència de terra.
- Totes les bases de presa de corrent situats en la cuina, cambres de bany, lavabos i safareigs, així com d'usos varis, duran obligatòriament un contacte de presa de terra. En cambres de bany es realitzaran les connexions equipotencials.
- Els circuits elèctrics derivats duran una protecció contra sobreintensitats, mitjançant un interruptor automàtic o un fusible de curtcircuit, que s'hauran d'instal·lar sempre sobre el conductor de fase pròpiament dit, incloent la desconnexió del neutre.

#### 5.4.1.6 Normativa

La instal·lació elèctrica a realitzar haurà d'ajustar-se en tot moment a l'especificat en la normativa vigent en el moment de la seva execució, concretament a les normes contingudes en els següents Reglaments:

- **Real Decret 842/2002**, de 2 d'Agost, pel qual s'aprova el Reglament Electrotècnic per a Baixa Tensió.
- **Real Decret 2617/1966**, de 20 d'Octubre, (B.O.E. 24-10-66), sobre l'autorització de instal·lacions elèctriques.
- **Llei 54/1997**, de 27 de Novembre, (B.O.E. 30-12-97), sobre el sector elèctric.
- **Normes UNE** relacionades amb l'actual Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió.
- **Real Decret 1955/2000** d'1 de Desembre, pel qual es regulen les activitats de transport, distribució, comercialització, subministrament i procediments d'autorització sobre les instal·lacions d'energia elèctrica.
- **Real Decret 2177/1996** sobre la protecció d'incendis en els edificis.
- **Llei 31/1995**, de 8 de Novembre, sobre prevenció de riscos laborals.
- **Real Decret 1627/1997**, de 24 d'Octubre, sobre les disposicions mínimes de seguretat i salut en les obres.
- Recomanacions per a la interpretació del Reglament i Instruccions Complementàries, segons fulles aclaridores.

- Normes particulars de les companyies per al subministrament de l'Energia Elèctrica de Catalunya, per a instal·lacions d'enllaç, aprovat pel Departament d'Indústria i Energia de la Generalitat de Catalunya, segons Resolució de data 24 de febrer de 1987.
- Normes específiques de les Companyies Subministradores, degudament aprovades pels Organismes Competents en la matèria.
- Recomanacions dels fabricants de Material i Aparells, pel correcte disseny i ús dels seus fabricats.
- Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió i Instruccions Tècniques Complementàries
- Reglamentació de Verificacions Elèctriques i Regularitat en el subministrament d'energia elèctrica.
- Normes de disseny de l'aparamenta elèctrica: UNE 20 099, 20 1041; CEI 129, 2651, 298; UNE 20 100, 20 135, 21 081, 21 136, 21 139; RU 6407 B; CEI 56, 420, 694; RU1303 A; UNE 20 135, 20 801; CEI 255, 801; UNE 20 101; RU 5201.

#### **5.4.1.7 Control**

Es realitzaran els anàlisi, verificacions, comprovacions, assaigs, proves i experiències amb els materials, elements o parts de l'obra, muntatge o instal·lació que s'ordenin pel Tècnic- Director de la mateixa, sent executats pel laboratori que designi l'adreça, a càrrec de la contracta.

Abans de la seva ocupació en l'obra, muntatge o instal·lació, tots els materials a emprar, les característiques tècniques dels quals, així com les de la seva posada en obra, han quedat ja especificades en l'anterior apartat d'execució, seran reconeguts pel Tècnic – Director o persona en la qual aquest delegui, sense l'aprovació del qual no podrà procedir-se a la seva ocupació. Els quals per mala qualitat, falta de protecció o aïllament o altres defectes no s'estimin admissibles per aquell, deuran ser retirats immediatament.

Aquest reconeixement previ dels materials no constituirà la seva recepció definitiva, i el Tècnic – Director podrà retirar en qualsevol moment aquells que presentin algun defecte no apreciat anteriorment, àdhuc a costa, si calgués, de desfer l'obra, muntatge o instal·lació executada amb ells. Per tant, la responsabilitat del contractista en el compliment de les especificacions dels materials no cessarà mentre no siguin rebuts definitivament els treballs en els quals s'hagin emprat.

#### **5.4.1.8 Seguretat**

En general, basant-nos en l'Ordenança General de Seguretat i Higiene en el Treball i les especificacions de les normes NTE, es compliran, entre unes altres, les següents condicions de seguretat:

- Sempre que es vagi a intervenir en una instal·lació elèctrica, tant en l'execució de la mateixa com en el seu manteniment, els treballs es realitzaran sense tensió, assegurant-se de la inexistència d'aquesta mitjançant els corresponents aparells de mesurament i comprovació.

- En el lloc de treball es trobarà sempre un mínim de dos operaris.
- S'utilitzaran guants i eines aïllants.
- Quan s'usin aparells o eines elèctrics, a més de connectar-los a terra quan així el precisin, estaran dotats d'un grau d'aïllament II, o estaran alimentats amb una tensió inferior a 50 V. mitjançant transformadors de seguretat.
- Seran bloquejats en posició d'obertura, si és possible, cadascun dels aparells de protecció, seccionament i maniobra, col·locant en el seu comandament un rètol amb la prohibició de maniobrar-ho.
- No es restablirà el servei al finalitzar els treballs abans d'haver comprovat que no existeixi perill algun.
- En general, mentre els operaris treballin en circuits o equips a tensió o en la seva proximitat, usaran roba sense accessoris metàl·lics i evitaran l'ús innecessari d'objectes de metall o articles inflamables; duran les eines o equips en borses i utilitzaran calçat aïllant o, almenys, sense eines ni claus en les soles.
- Es compliran així mateix totes les disposicions generals de seguretat d'obligat compliment relatives a Seguretat i Higiene en el treball, i les ordenances municipals que siguin d'aplicació.

#### **5.4.1.9 Mesurament**

Les unitats d'obra seran amidades conformement a l'especificat en la normativa vigent, o bé, en el cas que aquesta no sigui suficientment explícita, en la forma ressenyada en el Plec Particular de Condicions que els sigui d'aplicació, o fins i tot tal com figurin aquestes unitats en l'Estat de Mesuraments del Projecte.

A les unitats mesures se'ls aplicaran els preus que figurin en el Pressupost, en els quals es consideren inclosos tots les despeses de transport, indemnitzacions i l'import dels drets fiscals amb els quals es trobin gravats per les distintes Administracions, a més de les despeses generals de la contracta. Si hagués necessitat de realitzar alguna unitat d'obra no compresa en el Projecte, es formalitzarà el corresponent preu contradictori.

#### **5.4.1.10 Manteniment**

Quan sigui necessari intervenir novament en la instal·lació, bé sigui per causa d'avaries o per a efectuar modificacions en la mateixa, deuran tenir-se en compte totes les especificacions ressenyades en els apartats d'execució, control i seguretat, en la mateixa forma que si es tractés d'una instal·lació nova. S'aprofitarà l'ocasió per a comprovar l'estat general de la instal·lació, substituint o reparant aquells elements que el precisin, utilitzant materials de característiques similars als reemplaçats.

El tècnic,

Tarragona, Juny de 2009

Marcel Gabriel Gracià  
Enginyer Tècnic Industrial



UNIVERSITAT  
ROVIRA I VIRGILI

Departament d'Enginyeria Electrònica Elèctrica i Automàtica

# **Electrificació i Integració d'Energies Renovables en un Alberg Rural**

## **6. Estat d'Amidaments**

**TITULACIÓ: Enginyeria Tècnica Industrial en Electricitat**

**AUTOR:** Marcel Gabriel Gracià.

**DIRECTOR:** José Antonio Barrado Rodrigo.

**DATA:** Juny / 2009.

## ÍNDEX

6.1.- Instal·lació solar tèrmica.....	pàg. 3
6.2.- Instal·lació solar fotovoltaica.....	pàg. 10
6.3.- Instal·lació elèctrica de Baixa Tensió.....	pàg. 14

## 6.1 Instal·lació solar tèrmica

Codi	Descripció	Uts.	Longitud	Ample	Gruix	Parcials	Quantitat
1.1	<b><i>Captador solar tèrmic Sonnenkraft SK500<sub>N</sub></i></b>  Captador solar tèrmic Sonnenkraft SK500 <sub>N</sub> vertical. Apte per tot tipus de coberta i per a tot tipus de posició (universal). Alta qualitat en quant a aïllament.	u	2,079 m	1,239 m	0,1 m		
							Total Amidament 5
1.2	<b><i>Acumulador solar ELBR 750</i></b>  Acumulador d'aigua calent sanitària ELBR de la marca Sonnenkraft amb una capacitat de 750 litres. Incorpora un serpentí interior per tal de realitzar l'intercanvi de calor que escalfarà l'ACS. Disposa d'una aïllament d'alta qualitat amb una espessor de 120 mm. Es pot desmuntar per la meitat per tal de facilitar el seu transport.	u	2,131 m	0,96 m			
							Total Amidament 1
1.3	<b><i>Sistema de regulació i control SKSC3</i></b>  Sistema de regulació i control SKSC3 de la firma Sonnenkraft. Aquesta centralita de control disposa de: control de 3 circuits, 3 sortides amb regulació de rev. I una sortida lliure de potència, 8 entrades de sensors i 13 conceptes seleccionables de la instal·lació (volum de subministrament: 6 sondes).	u					
							Total Amidament 1

Codi	Descripció	Uts.	Longitud	Ample	Gruix	Parcials	Quantitat
1.4	<b><i>Vas d'expansió 18 AMR-B</i></b>  Vas d'expansió model 18 AMR-B, amb una capacitat de 18 litres i una pressió màxima de treball de 10 bar. Connexió d'aigua 3/4'' i pressió de precàrrega de 3 bar.	u	0,42 m	0,27 m			
							Total Amidament 1
1.5	<b><i>Intercanviador de calor Wagner A26-24 H</i></b>  Intercanviador de calor del fabricant Wagner & Co. que disposa d'una potència de 8,4 kW.	u					
							Total Amidament 1
1.6	<b><i>Bomba Grundfos UP-20-30 N 150</i></b>  Bomba circulatòria UP-20-30 N 150 del fabricant Grundfos. Bomba del tipus de ròtor encapsulat, els coixinets estan lubricats pel líquid bombejat, disposa d'un selector amb tres tipus de velocitats.	u					
							Total Amidament 2
1.7	<b><i>Purgador d'aire</i></b>  Purgador d'aire automàtic. S'instal·laran en els punts alts de la sortida de la bateria de captadors i en aquells altres punts de la instal·lació on s'hagi pogut quedar aire acumulat (acumulador).	u					
							Total Amidament 2

Codi	Descripció	Uts.	Longitud	Ample	Gruix	Parcials	Quantitat
1.8	<b><i>Vàlvula de 3 vies</i></b>  Vàlvula de 3 vies utilitzada per establir si s'utilitza el sistema d'ACS o el de calefacció. Està formada per cos de llautó, anelles de tefló i manetes d'acer.	u					
							Total Amidament 2
1.9	<b><i>Sensor de temperatura</i></b>  Sensor de temperatura per tal d'informar a la centralita de regulació i control de la temperatura de l'ACS en diversos punts del sistema.	u					
							Total Amidament 4
1.10	<b><i>Vàlvula de tall</i></b>  Vàlvula de tall utilitzada per aïllar els diversos elements de la instal·lació solar tèrmica. Està formada per cos de llautó, anelles de tefló i manetes d'acer.	u					
							Total Amidament 17
1.11	<b><i>Vàlvula de seguretat</i></b>  Vàlvula de seguretat, dissenyada per tal d'alliberar el fluid quan la pressió interna supera el valor establert. Cos de llautó, anelles de tefló i manetes d'acer.	u					
							Total Amidament 4

Codi	Descripció	Uts.	Longitud	Ample	Gruix	Parcials	Quantitat
1.12	<b>Vàlvula de buidat</b>  Vàlvula de buidat disposta en la part inferior d'un recipient per tal de buidar el fluid del circuit.	u					
						Total Amidament	1
1.13	<b>Manòmetre</b>  Manòmetre utilitzat per tal de comprovar la pressió dels diversos circuits tancats de la instal·lació. Mesura de 0 a 6 bar i 1/2".	u					
						Total Amidament	3
1.14	<b>Termòmetre</b>  Termòmetre de contacte amb abraçadera de diàmetre 50 mm i rang de temperatures de 0 a 130 °C.	u					
						Total Amidament	4
1.15	<b>Sonda de temperatura</b>  Sonda de temperatura per tal de proporcionar els valors de temperatura del circuit.	u					
						Total Amidament	2

Codi	Descripció	Uts.	Longitud	Ample	Gruix	Parcials	Quantitat
1.16	<b><i>Fluid anticongelant 20 l</i></b>  Fluid anticongelant de 20 litres encarregat d'extreure (juntament amb l'aigua) la calor captada pel captador solar tèrmic i cedir-la mitjançant un bescanviador tèrmic a l'ACS. Additius anticongelants (propilenglicol) per tal de prevenir les gelades que es puguin produir.	1					
						Total Amidament	1
1.17	<b><i>Tub recte de coure de 22 mm (ACS)</i></b>  Tub recte de coure de 22 mm utilitzat en el circuit d'ACS de la instal·lació solar tèrmica.		m				
						Total Amidament	34
1.18	<b><i>Tub recte de coure de 22 mm (Cal.)</i></b>  Tub recte de coure de 22 mm utilitzat en el circuit de calefacció de la instal·lació solar tèrmica.		m				
						Total Amidament	25
1.19	<b><i>Tub recte de coure 42 mm</i></b>  Tub recte de coure de 42 mm utilitzat en el circuit que va des de l'acumulador d'ACS fins el termos elèctric (sistema auxiliar) de la instal·lació solar tèrmica.		m				
						Total Amidament	10

<b>Codi</b>	<b>Descripció</b>	<b>Uts.</b>	<b>Longitud</b>	<b>Ample</b>	<b>Gruix</b>	<b>Parcials</b>	<b>Quantitat</b>
1.20	<b><i>Corbes</i></b>  Corbes del fabricant Pecomark utilitzades en els diversos canvis de direcció que es produeixen en la instal·lació solar tèrmica. Està formada per cos de llautó, anelles de tefló i manetes d'acer.	u					
						Total Amidament	4
1.21	<b><i>Colzes</i></b>  Colzes del fabricant Pecomark utilitzades en els diversos canvis de direcció que es produeixen en la instal·lació solar tèrmica. Està formada per cos de llautó, anelles de tefló i manetes d'acer.	u					
						Total Amidament	6
1.22	<b><i>Aïllament tub de coure 22 mm (ACS)</i></b>  Aïllament del fabricant Pecomark per al tub recte de coure de 22 mm utilitzat en el circuit d'ACS de la instal·lació solar tèrmica.	m					
						Total Amidament	34
1.23	<b><i>Aïllament tub de coure 22 mm (Cal.)</i></b>  Aïllament del fabricant Pecomark per al tub recte de coure de 22 mm utilitzat en el circuit de calefacció de la instal·lació solar tèrmica.	m					
						Total Amidament	22

Codi	Descripció	Uts.	Longitud	Ample	Gruix	Parcials	Quantitat
1.24	<b><i>Aïllament tub de coure 42 mm</i></b>  Aïllament del fabricant Pecomark per al tub recte de coure de 22 mm utilitzat en el circuit que va des de l'acumulador d'ACS fins el termos elèctric (sistema auxiliar) de la instal·lació solar tèrmica.	m					
						Total Amidament	10
1.25	<b><i>Abraçadora isofònica</i></b>  Abraçadora isofònica M6 diàmetre 50 del fabricant Pecomark.	u					
						Total Amidament	10
1.26	<b><i>Sistema estructural captadors</i></b>  Sistema estructural DBP per als captadors solars tèrmics, recomanat pel fabricant Sonnenkraft per a cobertes inclinades.	u					
						Total Amidament	5
1.27	<b><i>Sistema de fixació i anclatge</i></b>  Sistema de fixació i anclatge DBP recomanat pel fabricant Sonnenkraft per tal de fixar els captadors solars tèrmics de la instal·lació.	u					
						Total Amidament	5

## 6.2 Instal·lació solar fotovoltaica

Codi	Descripció	Uts.	Longitud	Ample	Gruix	Parcials	Quantitat
------	------------	------	----------	-------	-------	----------	-----------

### 2.1 *Mòdul fotovoltaic SW 165 mono*

Mòdul fotovoltaic SW 165 monocristal·lí del fabricant SolarWorld i amb una potència pic de 165 W<sub>p</sub>. Superfície total del mòdul: 1,3041 m<sup>2</sup>. Apte per a cobertes inclinades.

u      1,61 m      0,81 m

---

Total Amidament      32

### 2.2 *Inversor IG 40 Fronius*

Inversor IG 40 del fabricant Fronius, amb una corrent màxima d'entrada de 29,4 A i potència màxima de sortida de 4.100 W, amb un rendiment màxim del 94,3 %.

u      0,61 m      0,34      0,22 m

---

Total Amidament      1

### 2.3 *Caixa de connexions C.C.*

Caixa de connexions en corrent continua amb un grau de protecció IP 45.

u      0,25 m      0,15 m      0,1 m

---

Total Amidament      1

### 2.4 *Comptador monofàssic d'energia*

Comptador monofàssic d'energia activa a 230 V de la marca AEG.

u

---

Total Amidament      1

Codi	Descripció	Uts.	Longitud	Ample	Gruix	Parcials	Quantitat
2.5	<b>Conductor de coure 0,6/1kV, de 1x2,5 mm<sup>2</sup></b>  Conductor de coure UNE RV, 0,6/1kV, unipolar i disposat baix d'un tub. Es correspon a les quatre cadenes de captadors que hi ha sobre la teulada de l'alberg.						
		m					
						Total Amidament	152
2.6	<b>Conductor de coure 0,6/1kV, de 1x6 mm<sup>2</sup></b>  Conductor de coure UNE RV, 0,6/1kV, unipolar i disposat baix d'un tub. Es correspon als conductors que van des de la caixa de connexions en C.C. fins l'inversor.						
		m					
						Total Amidament	32
2.7	<b>Conductor de coure 0,6/1kV, de 1x6 mm<sup>2</sup></b>  Conductor de coure UNE RV, 0,6/1kV, unipolar i disposat baix d'un tub. Es correspon als conductors que van des de l'inversor fins la injecció de l'energia a la xarxa.						
		m					
						Total Amidament	40
2.8	<b>Tub flexible de D.n. 16 mm<sup>2</sup></b>  Tub flexible de diàmetre nominal 16 mm <sup>2</sup> , amb un muntatge superficial i empotrat.						
		m					
						Total Amidament	224



Codi	Descripció	Uts.	Longitud	Ample	Gruix	Parcials	Quantitat
2.13	<b><i>Contactador de desconexió</i></b>  Contactador de desconexió del fabricant Hager.	u					
							Total Amidament 1
2.14	<b><i>Pica d'acer de 2 m</i></b>  Pica d'acer de dos metres de longitud recoberta de coure i amb un diàmetre de 20 mm, es farà servir per la posta a terra de la instal·lació.	u					
							Total Amidament 2
2.15	<b><i>Arqueta de punt de posta a terra</i></b>  Arqueta de punt de posta a terra de dimensions 150x150 mm.	u					
							Total Amidament 1

### 6.3 Instal·lació elèctrica de Baixa Tensió

Codi	Descripció	Uts.	Longitud	Ample	Gruix	Parcials	Quantitat
3.1	<b>Conductor de coure, 1x1,5mm<sup>2</sup></b>  Conductor de coure unipolar, flexible i despullat, UNE RV 0,6/1kV; col·locat baix tub i del fabricant Polirmet.						
		m					
						Total Amidament	40
3.2	<b>Conductor de coure, 1x2,5mm<sup>2</sup></b>  Conductor de coure unipolar, flexible i despullat, UNE RV 0,6/1kV; col·locat baix tub i del fabricant Polirmet.						
		m					
						Total Amidament	102
3.3	<b>Conductor de coure, 1x4mm<sup>2</sup></b>  Conductor de coure unipolar, flexible i despullat, UNE RV 0,6/1kV; col·locat baix tub i del fabricant Polirmet.						
		m					
						Total Amidament	2
3.4	<b>Conductor de coure, 1x6mm<sup>2</sup></b>  Conductor de coure unipolar, flexible i despullat, UNE RV 0,6/1kV; col·locat baix tub i del fabricant Polirmet.						
		m					
						Total Amidament	60

Codi	Descripció	Uts.	Longitud	Ample	Gruix	Parcials	Quantitat
3.5	<b>Conductor coure, 1x16mm<sup>2</sup></b>  Conductor de coure unipolar, flexible i despullat, UNE RV 0,6/1kV; col·locat baix tub i del fabricant Polirmet.						
		m					
						Total Amidament	2
3.6	<b>Conductor d'alumini, 1x16mm<sup>2</sup></b>  Conductor d'alumini unipolar, flexible i despullat, UNE RV 0,6/1kV; col·locat baix tub i del fabricant Polirmet.						
		m					
						Total Amidament	20
3.7	<b>Conductor de coure, 1x25mm<sup>2</sup></b>  Conductor de coure unipolar, flexible i despullat, UNE RV 0,6/1kV; col·locat baix tub i del fabricant Polirmet.						
		m					
						Total Amidament	1
3.8	<b>Tub flexible PVC D.n. 16 mm<sup>2</sup></b>  Tub flexible de PVC de diàmetre nominal 16 mm <sup>2</sup> , 450 / 750 V. Tub superficial i empotrat en obra.						
		m					
						Total Amidament	20

<b>Codi</b>	<b>Descripció</b>	<b>Uts.</b>	<b>Longitud</b>	<b>Ample</b>	<b>Gruix</b>	<b>Parcials</b>	<b>Quantitat</b>
3.9	<b><i>Tub flexible PVC D.n. 20 mm<sup>2</sup></i></b>  Tub flexible de PVC de diàmetre nominal 20 mm <sup>2</sup> , 450 / 750 V. Tub superficial i empotrat en obra.		m				
							Total Amidament 50
3.10	<b><i>Tub flexible PVC D.n. 25 mm<sup>2</sup></i></b>  Tub flexible de PVC de diàmetre nominal 25 mm <sup>2</sup> , 450 / 750 V. Tub superficial i empotrat en obra.		m				
							Total Amidament 30
3.11	<b><i>Tub flexible PVC D.n. 50 mm<sup>2</sup></i></b>  Tub flexible de PVC de diàmetre nominal 50 mm <sup>2</sup> , 450 / 750 V. Tub superficial i empotrat en obra.		m				
							Total Amidament 1
3.12	<b><i>Tub flexible PVC D.n. 63 mm<sup>2</sup></i></b>  Tub flexible de PVC de diàmetre nominal 63 mm <sup>2</sup> , 450 / 750 V. Tub superficial i enterrat baix terra.		m				
							Total Amidament 5

Codi	Descripció	Uts.	Longitud	Ample	Gruix	Parcials	Quantitat
3.13	<b><i>Tub flexible PVC D.n. 110 mm<sup>2</sup></i></b>  Tub flexible de PVC de diàmetre nominal 110 mm <sup>2</sup> , 450 / 750 V. Tub superficial i empotrat en obra.						
		m					
						Total Amidament	0,5
3.14	<b><i>Interruptor automàtic II, 10A</i></b>  Interruptor automàtic magnetotèrmic bipolar de 10 A, amb corba tipus C i del fabricant Hager.						
		u					
						Total Amidament	1
3.15	<b><i>Interruptor automàtic II, 20A</i></b>  Interruptor automàtic magnetotèrmic bipolar de 20 A, amb corba tipus C i del fabricant Hager.						
		u					
						Total Amidament	4
3.16	<b><i>Interruptor automàtic II, 32A</i></b>  Interruptor automàtic magnetotèrmic bipolar de 32 A, amb corba tipus C i del fabricant Hager.						
		u					
						Total Amidament	2

Codi	Descripció	Uts.	Longitud	Ample	Gruix	Parcials	Quantitat
3.17	<b><i>Interrupctor diferencial II, 25A 30mA</i></b>  Interrupctor diferencial bipolar de 25 A i amb una sensibilitat de 0,03 A del fabricant Hager.	u					
							Total Amidament 1
3.18	<b><i>Interrupctor diferencial II, 40A 30mA</i></b>  Interrupctor diferencial bipolar de 40 A i amb una sensibilitat de 0,03 A del fabricant Hager.	u					
							Total Amidament 2
3.19	<b><i>Fusibles de 100A</i></b>  Fusibles de 100 A del fabricant Hager amb un poder de tall de 50 kA.	u					
							Total Amidament 2
3.20	<b><i>Interrupctor automàtic 100A</i></b>  Interrupctor general automàtic bipolar de 100 A, amb un poder de tall de 15 kA i de corba tipus C.	u					
							Total Amidament 1

Codi	Descripció	Uts.	Longitud	Ample	Gruix	Parcials	Quantitat
3.21	<b><i>Quadre de distribució</i></b>  Quadre de distribució utilitzat per ubicar els elements de control i protecció de la instal·lació. Armari amb xapa d'acer i revestiment d'alumini, amb un grau de protecció IP 54.	u					
							Total Amidament 1
3.22	<b><i>Presa de corrent monofàsica</i></b>  Preses de corrent monofàsica del fabricant Cetact amb una base de 16 A 2 P + T.	u					
							Total Amidament 7
3.23	<b><i>Commutadors</i></b>  Commutador unipolar de empotrable de 10 A del fabricant Telergon.	u					
							Total Amidament 3
3.24	<b><i>Fluorescent Master TL-D de 58 W</i></b>  Fluorescent Master TL-D de 58 W del fabricant Philips.	u					
							Total Amidament 6

Codi	Descripció	Uts.	Longitud	Ample	Gruix	Parcials	Quantitat
3.25	<b><i>Pica d'acer de 2 m</i></b>						
	Pica d'acer de dos metres de longitud recoberta de coure i amb un diàmetre de 20 mm, es farà servir per la posta a terra de la instal·lació.						
		u					
						Total Amidament	2
3.26	<b><i>Arqueta de punt de posta a terra</i></b>						
	Arqueta de punt de posta a terra de dimensions 150x150 mm.						
		u					
						Total Amidament	1

El tècnic,

Tarragona, Juny de 2009

Marcel Gabriel Gracià  
Enginyer Tècnic Industrial



UNIVERSITAT  
ROVIRA I VIRGILI

Departament d'Enginyeria Electrònica Elèctrica i Automàtica

# **Electrificació i Integració d'Energies Renovables en un Alberg Rural**

## **7. Pressupost**

**TITULACIÓ: Enginyeria Tècnica Industrial en Electricitat**

**AUTOR:** Marcel Gabriel Gracià.

**DIRECTOR:** José Antonio Barrado Rodrigo.

**DATA:** Juny / 2009.

# ÍNDIX

7.1.- Llistat de preus simples.....	pàg. 3
7.1.1.- Instal·lació solar tèrmica.....	pàg. 3
7.1.2.- Instal·lació solar fotovoltaica.....	pàg. 10
7.1.3.- Instal·lació elèctrica de Baixa Tensió.....	pàg. 14
7.1.4.- Altres.....	pàg. 20
7.2.- Quadre de descompostos.....	pàg. 21
7.2.1.- Instal·lació solar tèrmica.....	pàg. 21
7.2.2.- Instal·lació solar fotovoltaica.....	pàg. 30
7.2.3.- Instal·lació elèctrica de Baixa Tensió.....	pàg. 35
7.3.- Pressupost.....	pàg. 44
7.3.1.- Instal·lació solar tèrmica.....	pàg. 44
7.3.2.- Instal·lació solar fotovoltaica.....	pàg. 50
7.3.3.- Instal·lació elèctrica de Baixa Tensió.....	pàg. 53
7.4.- Resum del pressupost.....	pàg. 59

## 7.1 Llistat de preus simples

### 7.1.1 Instal·lació solar tèrmica

Codi	Descripció	Preu (€)
1.1	<p><b><i>Captador solar tèrmic Sonnenkraft SK500<sub>N</sub></i></b></p> <p>Captador solar tèrmic Sonnenkraft SK500<sub>N</sub> vertical. Apte per tot tipus de coberta i per a tot tipus de posició (universal). Alta qualitat en quant a aïllament.</p>	<hr/> <p>Preu Simple 720</p>
1.2	<p><b><i>Acumulador solar ELBR 750</i></b></p> <p>Acumulador d'aigua calent sanitària ELBR de la marca Sonnenkraft amb una capacitat de 750 litres. Incorpora un serpentí interior per tal de realitzar l'intercanvi de calor que escalfarà l'ACS. Disposa d'una aïllament d'alta qualitat amb una espessor de 120 mm. Es pot desmuntar per la meitat per tal de facilitar el seu transport.</p>	<hr/> <p>Preu Simple 2.050</p>
1.3	<p><b><i>Sistema de regulació i control SKSC3</i></b></p> <p>Sistema de regulació i control SKSC3 de la firma Sonnenkraft. Aquesta centraleta de control disposa de: control de 3 circuits, 3 sortides amb regulació de rev. I una sortida lliure de potència, 8 entrades de sensors i 13 conceptes seleccionables de la instal·lació (volum de subministrament: 6 sondes).</p>	<hr/> <p>Preu Simple 370</p>

<b>Codi</b>	<b>Descripció</b>	<b>Preu (€)</b>
1.4	<b><i>Vas d'expansió 18 AMR-B</i></b>  Vas d'expansió model 18 AMR-B, amb una capacitat de 18 litres i una pressió màxima de treball de 10 bar. Connexió d'aigua ¾" i pressió de precàrrega de 3 bar.	
		Preu Simple 90
1.5	<b><i>Intercanviador de calor Wagner A26-24 H</i></b>  Intercanviador de calor del fabricant Wagner & Co. que disposa d'una potència de 8,4 kW.	
		Preu Simple 212
1.6	<b><i>Bomba Grundfos UP-20-30 N 150</i></b>  Bomba circulatòria UP-20-30 N 150 del fabricant Grundfos. Bomba del tipus de ròtor encapsulat, els coixinets estan lubricats pel líquid bombejat, disposa d'un selector amb tres tipus de velocitats.	
		Preu Simple 325
1.7	<b><i>Purgador d'aire</i></b>  Purgador d'aire automàtic. S'instal·laran en els punts alts de la sortida de la bateria de captadors i en aquells altres punts de la instal·lació on s'hagi pogut quedar aire acumulat (acumulador).	
		Preu Simple 25

<b>Codi</b>	<b>Descripció</b>	<b>Preu (€)</b>
1.8	<b><i>Vàlvula de 3 vies</i></b>  Vàlvula de 3 vies utilitzada per establir si s'utilitza el sistema d'ACS o el de calefacció. Està formada per cos de llautó, anelles de tefló i manetes d'acer.	
		Preu Simple 75
1.9	<b><i>Sensor de temperatura</i></b>  Sensor de temperatura per tal d'informar a la centralita de regulació i control de la temperatura de l'ACS en diversos punts del sistema.	
		Preu Simple 22,5
1.10	<b><i>Vàlvula de tall</i></b>  Vàlvula de tall utilitzada per aïllar els diversos elements de la instal·lació solar tèrmica. Està formada per cos de llautó, anelles de tefló i manetes d'acer.	
		Preu Simple 18,84
1.11	<b><i>Vàlvula de seguretat</i></b>  Vàlvula de seguretat, dissenyada per tal d'alliberar el fluid quan la pressió interna supera el valor establert. Cos de llautó, anelles de tefló i manetes d'acer.	
		Preu Simple 71,25

<b>Codi</b>	<b>Descripció</b>	<b>Preu (€)</b>
1.12	<b><i>Vàlvula de buidat</i></b>  Vàlvula de buidat disposta en la part inferior d'un recipient per tal de buidar el fluid del circuit.	
		Preu Simple 19,4
1.13	<b><i>Manòmetre</i></b>  Manòmetre utilitzat per tal de comprovar la pressió dels diversos circuits tancats de la instal·lació. Mesura de 0 a 6 bar i 1/2".	
		Preu Simple 11,5
1.14	<b><i>Termòmetre</i></b>  Termòmetre de contacte amb abraçadera de diàmetre 50 mm i rang de temperatures de 0 a 130 °C.	
		Preu Simple 6,6
1.15	<b><i>Sonda de temperatura</i></b>  Sonda de temperatura per tal de proporcionar els valors de temperatura del circuit.	
		Preu Simple 32,16

<b>Codi</b>	<b>Descripció</b>	<b>Preu (€)</b>
1.16	<b><i>Fluid anticongelant</i></b>  Fluid anticongelant encarregat d'extreure (juntament amb l'aigua) la calor captada pel captador solar tèrmic i cedir-la mitjançant un bescanviador tèrmic a l'ACS. Additius anticongelants (propilenglicol) per tal de prevenir les gelades que es puguin produir.	
		Preu Simple 105
1.17	<b><i>Tub recte de coure de 22 mm (ACS)</i></b>  Tub recte de coure de 22 mm utilitzat en el circuit d'ACS de la instal·lació solar tèrmica.	
		Preu Simple 15,6
1.18	<b><i>Tub recte de coure de 22 mm (Cal.)</i></b>  Tub recte de coure de 22 mm utilitzat en el circuit de calefacció de la instal·lació solar tèrmica.	
		Preu Simple 15,6
1.19	<b><i>Tub recte de coure 42 mm</i></b>  Tub recte de coure de 42 mm utilitzat en el circuit que va des de l'acumulador d'ACS fins el termos elèctric (sistema auxiliar) de la instal·lació solar tèrmica.	
		Preu Simple 24,12

<b>Codi</b>	<b>Descripció</b>	<b>Preu (€)</b>
1.20	<p><b><i>Corbes</i></b></p> <p>Corbes del fabricant Pecomark utilitzades en els diversos canvis de direcció que es produeixen en la instal·lació solar tèrmica. Està formada per cos de llautó, anelles de tefló i manetes d'acer.</p>	
		Preu Simple 20,87
1.21	<p><b><i>Colzes</i></b></p> <p>Colzes del fabricant Pecomark utilitzades en els diversos canvis de direcció que es produeixen en la instal·lació solar tèrmica. Està formada per cos de llautó, anelles de tefló i manetes d'acer.</p>	
		Preu Simple 23,72
1.22	<p><b><i>Aïllament tub de coure 22 mm (ACS)</i></b></p> <p>Aïllament del fabricant Pecomark per al tub recte de coure de 22 mm utilitzat en el circuit d'ACS de la instal·lació solar tèrmica.</p>	
		Preu Simple 2,68
1.23	<p><b><i>Aïllament tub de coure 22 mm (Cal.)</i></b></p> <p>Aïllament del fabricant Pecomark per al tub recte de coure de 22 mm utilitzat en el circuit de calefacció de la instal·lació solar tèrmica.</p>	
		Preu Simple 2,68

<b>Codi</b>	<b>Descripció</b>	<b>Preu (€)</b>
1.24	<b><i>Aïllament tub de coure 42 mm</i></b>  Aïllament del fabricant Pecomark per al tub recte de coure de 22 mm utilitzat en el circuit que va des de l'acumulador d'ACS fins el termos elèctric (sistema auxiliar) de la instal·lació solar tèrmica.	
		Preu Simple 3,85
1.25	<b><i>Abraçadora isofònica</i></b>  Abraçadora isofònica M6 diàmetre 50 del fabricant Pecomark.	
		Preu Simple 1,2
1.26	<b><i>Sistema estructural captadors</i></b>  Sistema estructural DBP per als captadors solars tèrmics, recomanat pel fabricant Sonnenkraft per a cobertes inclinades.	
		Preu Simple 110
1.27	<b><i>Sistema de fixació i anclatge</i></b>  Sistema de fixació i anclatge DBP recomanat pel fabricant Sonnenkraft per tal de fixar els captadors solars tèrmics de la instal·lació.	
		Preu Simple 25

### 7.1.2 Instal·lació solar fotovoltaica

<b>Codi</b>	<b>Descripció</b>	<b>Preu (€)</b>
2.1	<p><b><i>Mòdul fotovoltaic SW 165 mono</i></b></p> <p>Mòdul fotovoltaic SW 165 monocristal·lí del fabricant SolarWorld i amb una potència pic de 165 W<sub>p</sub>. Superfície total del mòdul: 1,3041 m<sup>2</sup>. Apte per a cobertes inclinades.</p>	
		Preu Simple 563,3
2.2	<p><b><i>Inversor IG 40 Fronius</i></b></p> <p>Inversor IG 40 del fabricant Fronius, amb una corrent màxima d'entrada de 29,4 A i potència màxima de sortida de 4.100 W, amb un rendiment màxim del 94,3 %.</p>	
		Preu Simple 2.708,40
2.3	<p><b><i>Caixa de connexions C.C.</i></b></p> <p>Caixa de connexions en corrent continua amb un grau de protecció IP 45.</p>	
		Preu Simple 52,70
2.4	<p><b><i>Comptador monofàssic d'energia</i></b></p> <p>Comptador monofàssic d'energia activa a 230 V de la marca AEG.</p>	
		Preu Simple 72

<b>Codi</b>	<b>Descripció</b>	<b>Preu (€)</b>
2.5	<b><i>Conductor de coure 0,6/1kV, de 1x2,5 mm<sup>2</sup></i></b>  Conductor de coure UNE RV, 0,6/1kV, unipolar i disposat baix d'un tub. Es correspon a les quatre cadenes de captadors que hi ha sobre la teulada de l'alberg.	
		Preu Simple 1,11
2.6	<b><i>Conductor de coure 0,6/1kV, de 1x6 mm<sup>2</sup></i></b>  Conductor de coure UNE RV, 0,6/1kV, unipolar i disposat baix d'un tub. Es correspon als conductors que van des de la caixa de connexions en C.C. fins l'inversor.	
		Preu Simple 2,47
2.7	<b><i>Conductor de coure 0,6/1kV, de 1x6 mm<sup>2</sup></i></b>  Conductor de coure UNE RV, 0,6/1kV, unipolar i disposat baix d'un tub. Es correspon als conductors que van des de l'inversor fins la injecció de l'energia a la xarxa.	
		Preu Simple 2,47
2.8	<b><i>Tub flexible de D.n. 16 mm<sup>2</sup></i></b>  Tub flexible de diàmetre nominal 16 mm <sup>2</sup> , amb un muntatge superficial i empotrat.	
		Preu Simple 1,14

<b>Codi</b>	<b>Descripció</b>	<b>Preu (€)</b>
2.9	<b><i>Base modular porta – fusibles</i></b>  Base modular porta – fusibles, per tal de col·locar els fusibles de protecció als conductors positius abans de l'entrada d'aquests a la caixa de connexions en C.C.	
		Preu Simple 5,12
2.10	<b><i>Fusibles de C.C. de 10 A</i></b>  Fusibles de corrent continua de 10 A, que estaran disposats en els conductors positius abans de l'entrada d'aquests a la caixa de connexions de C.C.	
		Preu Simple 4,29
2.11	<b><i>Interruptor automàtic II 20 A</i></b>  Interruptor automàtic bipolar de 20 A, del fabricant Hager i amb una corba tipus C.	
		Preu Simple 34,22
2.12	<b><i>Interruptor diferencial II 25A, 30mA</i></b>  Interruptor diferencial bipolar de 25 A i amb una sensibilitat de 0,03 A del fabricant Hager.	
		Preu Simple 35,12

<b>Codi</b>	<b>Descripció</b>	<b>Preu (€)</b>
2.13	<b><i>Contactador de desconexió</i></b>  Contactador de desconexió del fabricant Hager.	
		Preu Simple 55,40
2.14	<b><i>Pica d'acer de 2 m</i></b>  Pica d'acer de dos metres de longitud recoberta de coure i amb un diàmetre de 20 mm, es farà servir per la posta a terra de la instal·lació.	
		Preu Simple 20,69
2.15	<b><i>Arqueta de punt de posta a terra</i></b>  Arqueta de punt de posta a terra de dimensions 150x150 mm.	
		Preu Simple 1,12

### 7.1.3 Instal·lació elèctrica de Baixa Tensió

Codi	Descripció	Preu (€)
3.1	<b><i>Conductor coure, 1x1,5mm<sup>2</sup></i></b>  Conductor de coure unipolar, flexible i despullat, UNE RV 0,6/1kV; col·locat baix tub i del fabricant Polirmet.	Preu Simple 1,11
3.2	<b><i>Conductor de coure, 1x2,5mm<sup>2</sup></i></b>  Conductor de coure unipolar, flexible i despullat, UNE RV 0,6/1kV; col·locat baix tub i del fabricant Polirmet.	Preu Simple 1,34
3.3	<b><i>Conductor de coure, 1x4mm<sup>2</sup></i></b>  Conductor de coure unipolar, flexible i despullat, UNE RV 0,6/1kV; col·locat baix tub i del fabricant Polirmet.	Preu Simple 1,71
3.4	<b><i>Conductor de coure, 1x6mm<sup>2</sup></i></b>  Conductor de coure unipolar, flexible i despullat, UNE RV 0,6/1kV; col·locat baix tub i del fabricant Polirmet.	Preu Simple 2,47

<b>Codi</b>	<b>Descripció</b>	<b>Preu (€)</b>
3.5	<b><i>Conductor coure, 1x16mm<sup>2</sup></i></b>  Conductor de coure unipolar, flexible i despullat, UNE RV 0,6/1kV; col·locat baix tub i del fabricant Polirmet.	
		Preu Simple 4,22
3.6	<b><i>Conductor d'alumini, 1x16mm<sup>2</sup></i></b>  Conductor d'alumini unipolar, flexible i despullat, UNE RV 0,6/1kV; col·locat baix tub i del fabricant Polirmet.	
		Preu Simple 0,7
3.7	<b><i>Conductor de coure, 1x25mm<sup>2</sup></i></b>  Conductor de coure unipolar, flexible i despullat, UNE RV 0,6/1kV; col·locat baix tub i del fabricant Polirmet.	
		Preu Simple 5,75
3.8	<b><i>Tub flexible PVC D.n. 16 mm<sup>2</sup></i></b>  Tub flexible de PVC de diàmetre nominal 16 mm <sup>2</sup> , 450 / 750 V. Tub superficial i empotrat en obra.	
		Preu Simple 2,05

<b>Codi</b>	<b>Descripció</b>	<b>Preu (€)</b>
3.9	<b><i>Tub flexible PVC D.n. 20 mm<sup>2</sup></i></b>  Tub flexible de PVC de diàmetre nominal 20 mm <sup>2</sup> , 450 / 750 V. Tub superficial i empotrat en obra.	
		Preu Simple 2,21
3.10	<b><i>Tub flexible PVC D.n. 25 mm<sup>2</sup></i></b>  Tub flexible de PVC de diàmetre nominal 25 mm <sup>2</sup> , 450 / 750 V. Tub superficial i empotrat en obra.	
		Preu Simple 2,34
3.11	<b><i>Tub flexible PVC D.n. 50 mm<sup>2</sup></i></b>  Tub flexible de PVC de diàmetre nominal 50 mm <sup>2</sup> , 450 / 750 V. Tub superficial i empotrat en obra.	
		Preu Simple 3,75
3.12	<b><i>Tub flexible PVC D.n. 63 mm<sup>2</sup></i></b>  Tub flexible de PVC de diàmetre nominal 63 mm <sup>2</sup> , 450 / 750 V. Tub superficial i enterrat baix terra.	
		Preu Simple 4,2

<b>Codi</b>	<b>Descripció</b>	<b>Preu (€)</b>
3.13	<b><i>Tub flexible PVC D.n. 110 mm<sup>2</sup></i></b>  Tub flexible de PVC de diàmetre nominal 110 mm <sup>2</sup> , 450 / 750 V. Tub superficial i empotrat en obra.	
		Preu Simple 4,8
3.14	<b><i>Interruptor automàtic II, 10A</i></b>  Interruptor automàtic magnetotèrmic bipolar de 10 A, amb corba tipus C i del fabricant Hager.	
		Preu Simple 63,12
3.15	<b><i>Interruptor automàtic II, 20A</i></b>  Interruptor automàtic magnetotèrmic bipolar de 20 A, amb corba tipus C i del fabricant Hager.	
		Preu Simple 88,75
3.16	<b><i>Interruptor automàtic II, 32A</i></b>  Interruptor automàtic magnetotèrmic bipolar de 32 A, amb corba tipus C i del fabricant Hager.	
		Preu Simple 101,87

<b>Codi</b>	<b>Descripció</b>	<b>Preu (€)</b>
3.17	<b><i>Interrupctor diferencial II, 25A 30mA</i></b>  Interrupctor diferencial bipolar de 25 A i amb una sensibilitat de 0,03 A del fabricant Hager.	
		Preu Simple 106,34
3.18	<b><i>Interrupctor diferencial II, 40A 30mA</i></b>  Interrupctor diferencial bipolar de 40 A i amb una sensibilitat de 0,03 A del fabricant Hager.	
		Preu Simple 109,61
3.19	<b><i>Fusibles de 100A</i></b>  Fusibles de 100 A del fabricant Hager amb un poder de tall de 50 kA.	
		Preu Simple 12,25
3.20	<b><i>Interrupctor automàtic 100A</i></b>  Interrupctor general automàtic bipolar de 100 A, amb un poder de tall de 15 kA i de corba tipus C.	
		Preu Simple 93,65

<b>Codi</b>	<b>Descripció</b>	<b>Preu (€)</b>
3.21	<b><i>Quadre de distribució</i></b>  Quadre de distribució utilitzat per ubicar els elements de control i protecció de la instal·lació. Armari amb xapa d'acer i revestiment d'alumini, amb un grau de protecció IP 54.	
		Preu Simple 45,69
3.22	<b><i>Presa de corrent monofàsica</i></b>  Preses de corrent monofàsica del fabricant Cetact amb una base de 16 A 2 P + T.	
		Preu Simple 30,50
3.23	<b><i>Commutadors</i></b>  Commutador unipolar de empotrable de 10 A del fabricant Telergon.	
		Preu Simple 6,29
3.24	<b><i>Fluorescent Master TL-D de 58 W</i></b>  Fluorescent Master TL-D de 58 W del fabricant Philips.	
		Preu Simple 5,92

<b>Codi</b>	<b>Descripció</b>	<b>Preu (€)</b>
-------------	-------------------	-----------------

3.25 *Pica d'acer de 2 m*

Pica d'acer de dos metres de longitud recoberta de coure i amb un diàmetre de 20 mm, es farà servir per la posta a terra de la instal·lació.

---

Preu Simple 20,69

3.26 *Arqueta de punt de posta a terra*

Arqueta de punt de posta a terra de dimensions 150x150 mm.

---

Preu Simple 1,12

**7.1.4 Altres**

<b>Codi</b>	<b>Descripció</b>	<b>Preu (€)</b>
-------------	-------------------	-----------------

4.1 *Oficial 1a electricista i fontaneria*

Preu unitari i per hora pels treballs realitzats per l'oficial de primera en electricitat i fontaneria.

---

Preu Simple 22

4.2 *Ajudant d'electricista i fontaneria*

Preu unitari i per hora pels treballs realitzats per l'ajudant elèctric i fontaneria de l'obra.

---

Preu Simple 16

## 7.2 Quadre de descompostos

### 7.2.1 Instal·lació solar tèrmica

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>1.1</b>	<b>u</b>	<b>Captador solar tèrmic Sonnenkraft SK500<sub>N</sub></b>			
		Captador solar tèrmic Sonnenkraft SK500 <sub>N</sub> vertical. Apte per tot tipus de coberta i per a tot tipus de posició (universal). Alta qualitat en quant a aïllament. Totalment instal·lat.			
A0150000	0,50 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	11,00	
EG22150	0,50 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	8,00	
	1,00 u	Captador solar tèrmic	720,00	720,00	
Suma la partida.....					739,00 €
Costos indirectes.....2%					14,78 €
<b>Total partida</b>					<b>753,78 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: set-cents cinquanta-tres euros amb setanta-vuit cèntims.</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>1.2</b>	<b>u</b>	<b>Acumulador solar ELBR 750</b>			
		Acumulador d'aigua calent sanitària ELBR de la marca Sonnenkraft amb una capacitat de 750 litres. Incorpora un serpentí interior per tal de realitzar l'intercanvi de calor que escalfarà l'ACS. Disposa d'una aïllament d'alta qualitat amb una espessor de 120 mm. Es pot desmuntar per la meitat per tal de facilitar el seu transport. Totalment instal·lat.			
A0150000	0,50 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	11,00	
EG22150	0,50 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	8,00	
	1,00 u	Acumulador solar	2050,0	2050,00	
Suma la partida.....					2069,00 €
Costos indirectes.....2%					41,38 €
<b>Total partida</b>					<b>2110,38 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: dos mil cent deu euros amb trenta-vuit cèntims.</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>1.3</b>	<b>u</b>	<b>Sistema de regulació i control SKSC3</b>			
		Sistema de regulació i control SKSC3 de la firma Sonnenkraft. Aquesta centralita de control disposa de: control de 3 circuits, 3 sortides amb regulació de rev. I una sortida lliure de potència, 8 entrades de sensors i 13 conceptes seleccionables de la instal·lació (volum de subministrament: 6 sondes). Totalment instal·lat.			
A0150000	0,30 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	6,60	
EG22150	0,30 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	4,80	
	1,00 u	Sistema de regulació i control	370,00	370,00	
Suma la partida.....					381,40 €
Costos indirectes.....2%					7,628 €
<b>Total partida</b>					<b>389,02 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: tres-cents vuitanta-nou euros amb dos cèntims.</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>1.4</b>	<b>u</b>	<b>Vas d'expansió 18 AMR-B</b>			
		Vas d'expansió model 18 AMR-B, amb una capacitat de 18 litres i una pressió màxima de treball de 10 bar. Connexió d'aigua 3/4" i pressió de precàrrega de 3 bar. Totalment instal·lat			
A0150000	0,20 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	4,40	
EG22150	0,20 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	3,20	
	1,00 u	Vas d'expansió	90,00	90,00	
Suma la partida.....					97,60 €
Costos indirectes.....2%					1,95 €
<b>Total partida</b>					<b>99,55 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: noranta-nou euros amb cinquanta-cinc cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>1.5</b>	<b>u</b>	<b>Intercanviador de calor Wagner A26-24 H</b>			
		Intercanviador de calor del fabricant Wagner & Co. que disposa d'una potència de 8,4 kW.			
A0150000	0,40 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	8,80	
EG22150	0,40 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	6,40	
	1,00 u	Intercanviador de calor	212,00	212,00	
Suma la partida.....					227,20 €
Costos indirectes.....2%					4,54 €
<b>Total partida</b>					<b>231,74 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: dos cents trenta-un euros amb setanta-quatre cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>1.6</b>	<b>u</b>	<b>Bomba Grundfos UP-20-30 N 150</b>			
		Bomba circulatòria UP-20-30 N 150 del fabricant Grundfos. Bomba del tipus de ròtor encapsulat, els coixinets estan lubricats pel líquid bombejat, disposa d'un selector amb tres tipus de velocitats.			
A0150000	0,50 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	11,00	
EG22150	0,50 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	8,00	
	1,00 u	Bomba Grundfos	325,00	325,00	
Suma la partida.....					344,00 €
Costos indirectes.....2%					6,88 €
<b>Total partida</b>					<b>350,88 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: tres cents cinquanta euros amb vuitanta-vuit cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>1.7</b>	<b>u</b>	<b>Purgador d'aire</b>			
		Purgador d'aire automàtic. S'instal·laran en els punts alts de la sortida de la bateria de captadors i en aquells altres punts de la instal·lació on s'hagi pogut quedar aire acumulat (acumulador).			
A0150000	0,10 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	2,20	
EG22150	0,10 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	1,60	
	1,00 u	Purgador d'aire	25,00	25,00	
Suma la partida.....					28,80 €
Costos indirectes.....2%					0,57 €
<b>Total partida</b>					<b>29,37 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: vint-i-nou euros amb trenta-set cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>1.8</b>	<b>u</b>	<b>Vàlvula de 3 vies</b>			
		Vàlvula de 3 vies utilitzada per establir si s'utilitza el sistema d'ACS o el de calefacció. Està formada per cos de llautó, anelles de tefló i manetes d'acer.			
A0150000	0,20 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	4,40	
EG22150	0,20 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	3,20	
	1,00 u	Vàlvula de 3 vies	75,00	75,00	
Suma la partida.....					82,60 €
Costos indirectes.....2%					1,65 €
<b>Total partida</b>					<b>84,25 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: vuitanta-quatre euros en vint-i-cinc cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>1.9</b>	<b>u</b>	<b>Sensor de temperatura</b>			
		Sensor de temperatura per tal d'informar a la centraleta de regulació i control de la temperatura de l'ACS en diversos punts del sistema.			
A0150000	0,10 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	2,20	
EG22150	0,10 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	1,60	
	1,00 u	Sensor de temperatura	22,50	22,50	
Suma la partida.....					26,30 €
Costos indirectes.....2%					0,52 €
<b>Total partida</b>					<b>26,83 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: vint-i-sis euros amb vuitanta-tres cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>1.10</b>	<b>u</b>	<b>Vàlvula de tall</b>			
		Vàlvula de tall utilitzada per aïllar els diversos elements de la instal·lació solar tèrmica. Està formada per cos de llautó, anelles de tefló i manetes d'acer.			
A0150000	0,20 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	4,40	
EG22150	0,20 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	3,20	
	1,00 u	Vàlvula de tall	18,84	18,84	
Suma la partida.....					26,44 €
Costos indirectes.....2%					0,52 €
<b>Total partida</b>					<b>26,96 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: vint-i-sis euros amb noranta-sis cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>1.11</b>	<b>u</b>	<b>Vàlvula de seguretat</b>			
		Vàlvula de seguretat, dissenyada per tal d'alliberar el fluid quan la pressió interna supera el valor establert. Cos de llautó, anelles de tefló i manetes d'acer.			
A0150000	0,20 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	4,40	
EG22150	0,20 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	3,20	
	1,00 u	Vàlvula de seguretat	71,25	71,25	
Suma la partida.....					78,85 €
Costos indirectes.....2%					1,57 €
<b>Total partida</b>					<b>80,42 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: vuitanta euros amb quaranta-dos cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>1.12</b>	<b>u</b>	<b>Vàlvula de buidat</b>			
		Vàlvula de buidat disposta en la part inferior d'un recipient per tal de buidar el fluid del circuit.			
A0150000	0,10 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	2,20	
EG22150	0,10 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	1,60	
	1,00 u	Vàlvula de buidat	19,40	19,40	
Suma la partida.....					23,20 €
Costos indirectes.....2%					0,46 €
<b>Total partida</b>					<b>23,66 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: vint-i-tres euros amb seixanta-sis cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>1.13</b>	<b>u</b>	<b>Manòmetre</b>			
		Manòmetre utilitzat per tal de comprovar la pressió dels diversos circuits tancats de la instal·lació. Mesura de 0 a 6 bar i ½".			
A0150000	0,10 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	2,20	
EG22150	0,10 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	1,60	
	1,00 u	Manòmetre	11,50	11,50	
Suma la partida.....					15,30 €
Costos indirectes.....2%					0,30 €
<b>Total partida</b>					<b>15,60 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: quinze euros amb seixanta cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>1.14</b>	<b>u</b>	<b>Termòmetre</b>			
		Termòmetre de contacte amb abraçadera de diàmetre 50 mm i rang de temperatures de 0 a 130 °C.			
A0150000	0,10 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	2,20	
EG22150	0,10 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	1,60	
	1,00 u	Termòmetre	6,60	6,60	
Suma la partida.....					10,40 €
Costos indirectes.....2%					0,20 €
<b>Total partida</b>					<b>10,60 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: deu euros amb seixanta cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>1.15</b>	<b>u</b>	<b>Sonda de temperatura</b>			
		Sonda de temperatura per tal de proporcionar els valors de temperatura del circuit.			
A0150000	0,10 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	2,20	
EG22150	0,10 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	1,60	
	1,00 u	Sonda de temperatura	32,16	32,16	
Suma la partida.....					35,96 €
Costos indirectes.....2%					0,71 €
<b>Total partida</b>					<b>36,67 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: trenta-sis euros amb seixanta-set cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>1.16</b>	<b>l</b>	<b>Fluid anticongelant 20 l</b>			
		Fluid anticongelant de 20 litres encarregat d'extreure (juntament amb l'aigua) la calor captada pel captador solar tèrmic i cedir-la mitjançant un bescanviador tèrmic a l'ACS. Additius anticongelants (propilenglicol) per tal de prevenir les gelades que es puguin produir.			
A0150000	0,05 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	1,10	
EG22150	0,05 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	0,80	
	20,00 l	Fluid anticongelant	105,0	105,00	
Suma la partida.....					106,90 €
Costos indirectes.....2%					2,13 €
<b>Total partida</b>					<b>109,03 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: cent nou euros amb tres cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>1.17</b>	<b>m</b>	<b>Tub recte de coure de 22 mm (ACS)</b>			
		Tub recte de coure de 22 mm utilitzat en el circuit d'ACS de la instal·lació solar tèrmica.			
A0150000	0,2 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	4,40	
EG22150	0,2 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	3,20	
	1,00 m	Tub recte de coure	15,60	15,60	
Suma la partida.....					23,20 €
Costos indirectes.....2%					0,46 €
<b>Total partida</b>					<b>23,66 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: vint-i-tres euros amb seixanta-sis cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>1.18</b>	<b>m</b>	<b>Tub recte de coure de 22 mm (Cal.)</b>			
		Tub recte de coure de 22 mm utilitzat en el circuit de calefacció de la instal·lació solar tèrmica.			
A0150000	0,2 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	4,40	
EG22150	0,2 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	3,20	
	1,00 m	Tub recte de coure	15,60	15,60	
Suma la partida.....					23,20 €
Costos indirectes.....2%					0,46 €
<b>Total partida</b>					<b>23,66 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: vint-i-tres euros amb seixanta-sis cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>1.19</b>	<b>m</b>	<b>Tub recte de coure de 42 mm</b>			
		Tub recte de coure de 42 mm utilitzat en el circuit que va des de l'acumulador d'ACS fins el termos elèctric (sistema auxiliar) de la instal·lació solar tèrmica.			
A0150000	0,2 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	4,40	
EG22150	0,2 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	3,20	
	1,00 m	Tub recte de coure	24,12	24,12	
Suma la partida.....					31,72 €
Costos indirectes.....2%					0,63 €
<b>Total partida</b>					<b>32,35 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: trenta-dos euros amb trenta-cinc cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>1.20</b>	<b>u</b>	<b>Corbes</b>			
		Corbes del fabricant Pecomark utilitzades en els diversos canvis de direcció que es produeixen en la instal·lació solar tèrmica. Està formada per cos de llautó, anelles de tefló i manetes d'acer.			
A0150000	0,3 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	6,60	
EG22150	0,3 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	4,80	
	1,00 u	Corbes	20,87	20,87	
Suma la partida.....					32,27 €
Costos indirectes.....2%					0,64 €
<b>Total partida</b>					<b>32,91 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: trenta-dos euros amb noranta-un cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>1.21</b>	<b>u</b>	<b>Colzes</b>			
		Colzes del fabricant Pecomark utilitzades en els diversos canvis de direcció que es produeixen en la instal·lació solar tèrmica. Està formada per cos de llautó, anelles de tefló i manetes d'acer.			
A0150000	0,3 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	6,60	
EG22150	0,3 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	4,80	
	1,00 u	Colzes	23,72	23,72	
Suma la partida.....					35,12 €
Costos indirectes.....2%					0,70 €
<b>Total partida</b>					<b>35,82 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: trenta-cinc euros amb vuitanta-dos cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>1.22</b>	<b>m</b>	<b>Aïllament tub de coure 22 mm (ACS)</b>			
		Aïllament del fabricant Pecomark per al tub recte de coure de 22 mm utilitzat en el circuit d'ACS de la instal·lació solar tèrmica.			
A0150000	0,1 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	2,20	
EG22150	0,1 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	1,60	
	1,00 m	Aïllament	2,68	2,68	
Suma la partida.....					6,48 €
Costos indirectes.....2%					0,12 €
<b>Total partida</b>					<b>6,60 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: sis euros amb seixanta cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>1.23</b>	<b>m</b>	<b>Aïllament tub de coure 22 mm (Cal)</b>			
		Aïllament del fabricant Pecomark per al tub recte de coure de 22 mm utilitzat en el circuit de calefacció de la instal·lació solar tèrmica.			
A0150000	0,1 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	2,20	
EG22150	0,1 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	1,60	
	1,00 m	Aïllament	2,68	2,68	
Suma la partida.....					6,48 €
Costos indirectes.....2%					0,12 €
<b>Total partida</b>					<b>6,60 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: sis euros amb seixanta cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>1.24</b>	<b>m</b>	<b>Aïllament tub de coure 42 mm</b>			
		Aïllament del fabricant Pecomark per al tub recte de coure de 22 mm utilitzat en el circuit que va des de l'acumulador d'ACS fins el termos elèctric (sistema auxiliar) de la instal·lació solar tèrmica.			
A0150000	0,1 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	2,20	
EG22150	0,1 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	1,60	
	1,00 m	Aïllament	3,85	3,85	
Suma la partida.....					7,65 €
Costos indirectes.....2%					0,15 €
<b>Total partida</b>					<b>7,80 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: set euros amb vuitanta cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>1.25</b>	<b>u</b>	<b>Abraçadora isofònica</b>			
		Abraçadora isofònica M6 diàmetre 50 del fabricant Pecomark.			
A0150000	0,1 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	2,20	
EG22150	0,1 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	1,60	
	1,00 u	Abraçadora	1,2	1,2	
Suma la partida.....					5,00 €
Costos indirectes.....2%					0,10 €
<b>Total partida</b>					<b>5,10 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: cinc euros amb deu cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>1.26</b>	<b>u</b>	<b>Sistema estructural captadors</b>			
		Sistema estructural DBP per als captadors solars tèrmics, recomanat pel fabricant Sonnenkraft per a cobertes inclinades.			
A0150000	1 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	22,00	
EG22150	1 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	16,00	
	1,00 u	Sistema estructural	110,00	110,00	
Suma la partida.....					148,00 €
Costos indirectes.....2%					2,96 €
<b>Total partida</b>					<b>150,96 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: cent cinquanta euros amb noranta-sis euros</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>1.27</b>	<b>u</b>	<b>Sistema de fixació i anclatge</b>			
		Sistema de fixació i anclatge DBP recomanat pel fabricant Sonnenkraft per tal de fixar els captadors solars tèrmics de la instal·lació.			
A0150000	0,5 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	11,00	
EG22150	0,5 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	8,00	
	1,00 u	Sistema de fixació i anclatge	25,00	25,00	
Suma la partida.....					44,00 €
Costos indirectes.....2%					0,88 €
<b>Total partida</b>					<b>44,88 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: quaranta-quatre euros amb vuitanta-vuit cèntims</b>					

**7.2.2 Instal·lació solar fotovoltaica**

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>2.1</b>	<b>u</b>	<b>Mòdul fotovoltaic SW 165 mono</b>			
		Mòdul fotovoltaic SW 165 monocristal·lí del fabricant SolarWorld i amb una potència pic de 165 W <sub>p</sub> . Superfície total del mòdul: 1,3041 m <sup>2</sup> . Apte per a cobertes inclinades.			
A0150000	0,4 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	8,80	
EG22150	0,4 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	6,40	
	1,00 u	Mòdul fotovoltaic	563,30	563,30	
Suma la partida.....					578,50 €
Costos indirectes.....2%					11,57 €
<b>Total partida</b>					<b>590,07 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: cinc-cents noranta euros amb set cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>2.2</b>	<b>u</b>	<b>Inversor IG 40 Fronius</b>			
		Inversor IG 40 del fabricant Fronius, amb una corrent màxima d'entrada de 29,4 A i potència màxima de sortida de 4.100 W, amb un rendiment màxim del 94,3 %.			
A0150000	0,3 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	8,80	
EG22150	0,3 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	6,40	
	1,00 u	Inversor	2.708,4	2.708,40	
Suma la partida.....					2.723,60 €
Costos indirectes.....2%					54,47 €
<b>Total partida</b>					<b>2.778,07 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: dos mil set-cents setanta-vuit euros amb set cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>2.3</b>	<b>u</b>	<b>Caixa de connexions C.C.</b>			
		Caixa de connexions en corrent continua amb un grau de protecció IP 45.			
A0150000	0,2 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	4,40	
EG22150	0,2 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	3,20	
	1,00 u	Caixa de connexions	52,70	52,70	
Suma la partida.....					60,30 €
Costos indirectes.....2%					1,20 €
<b>Total partida</b>					<b>61,50 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: seixanta-un euros amb cinquanta cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>2.4</b>	<b>u</b>	<b>Comptador monofàssic d'energia</b>			
		Comptador monofàssic d'energia activa a 230 V de la marca AEG.			
A0150000	0,2 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	4,40	
EG22150	0,2 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	3,20	
	1,00 u	Comptador d'energia	72,00	72,00	
Suma la partida.....					79,60 €
Costos indirectes.....2%					1,59 €
<b>Total partida</b>					<b>81,19 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: vuitanta-un euros amb dinou cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>2.5</b>	<b>m</b>	<b>Conductor de coure 0,6/1kV, de 1x2,5 mm<sup>2</sup></b>			
		Conductor de coure UNE RV, 0,6/1kV, unipolar i disposat baix d'un tub. Es correspon a les quatre cadenes de captadors que hi ha sobre la teulada de l'alberg.			
A0150000	0,1 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	2,20	
EG22150	0,1 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	1,60	
	1,00 m	Conductor de coure	1,11	1,11	
Suma la partida.....					4,91 €
Costos indirectes.....2%					0,09 €
<b>Total partida</b>					<b>5,00 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: cinc euros</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>2.6</b>	<b>m</b>	<b>Conductor de coure 0,6/1kV, de 1x6 mm<sup>2</sup></b>			
		Conductor de coure UNE RV, 0,6/1kV, unipolar i disposat baix d'un tub. Es correspon als conductors que van des de la caixa de connexions en C.C. fins l'inversor.			
A0150000	0,1 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	2,20	
EG22150	0,1 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	1,60	
	1,00 m	Conductor de coure	2,47	2,47	
Suma la partida.....					6,27 €
Costos indirectes.....2%					0,12 €
<b>Total partida</b>					<b>6,39 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: sis euros amb trenta-nou cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>2.7</b>	<b>m</b>	<b>Conductor de coure 0,6/1kV, de 1x6 mm<sup>2</sup></b>			
		Conductor de coure UNE RV, 0,6/1kV, unipolar i disposat baix d'un tub. Es correspon als conductors que van des de l'inversor fins la injecció de l'energia a la xarxa.			
A0150000	0,1 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	2,20	
EG22150	0,1 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	1,60	
	1,00 m	Conductor de coure	2,47	2,47	
Suma la partida.....					6,27 €
Costos indirectes.....2%					0,12 €
<b>Total partida</b>					<b>6,39 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: sis euros amb trenta-nou cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>2.8</b>	<b>m</b>	<b>Tub flexible de D.n. 16 mm<sup>2</sup></b>			
		Tub flexible de diàmetre nominal 16 mm <sup>2</sup> , amb un muntatge superficial i empotrat.			
A0150000	0,1 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	2,20	
EG22150	0,1 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	1,60	
	1,00 m	Tub flexible	1,14	1,14	
Suma la partida.....					4,94 €
Costos indirectes.....2%					0,09 €
<b>Total partida</b>					<b>5,03 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: cinc euros amb tres cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>2.9</b>	<b>u</b>	<b>Base modular portafusibles</b>			
		Base modular porta – fusibles, per tal de col·locar els fusibles de protecció als conductors positius abans de l'entrada d'aquests a la caixa de connexions en C.C.			
A0150000	0,2 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	4,40	
EG22150	0,2 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	3,20	
	1,00 u	Base modular	5,12	5,12	
Suma la partida.....					12,72 €
Costos indirectes.....2%					0,25 €
<b>Total partida</b>					<b>12,97 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: dotze euros amb noranta-set cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>2.10</b>	<b>u</b>	<b>Fusibles de C.C. de 10 A</b>			
		Fusibles de corrent continua de 10 A, que estaran disposats en els conductors positius abans de l'entrada d'aquests a la caixa de connexions de C.C.			
A0150000	0,1 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	2,20	
EG22150	0,1 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	1,60	
	1,00 u	Fusibles de C.C.	4,29	4,29	
Suma la partida.....					8,09 €
Costos indirectes.....2%					0,16 €
<b>Total partida</b>					<b>8,25 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: vuit euros amb vint-i-cinc cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>2.11</b>	<b>u</b>	<b>Interruptor automàtic II 20 A</b>			
		Interruptor automàtic bipolar de 20 A, del fabricant Hager i amb una corba tipus C.			
A0150000	0,2 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	4,40	
EG22150	0,2 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	3,20	
	1,00 u	Interruptor automàtic	34,22	34,22	
Suma la partida.....					41,82 €
Costos indirectes.....2%					0,83 €
<b>Total partida</b>					<b>42,65 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: quaranta-dos euros amb seixanta-cinc cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>2.12</b>	<b>u</b>	<b>Interruptor diferencial II 25 A, 30 mA</b>			
		Interruptor diferencial bipolar de 25 A i amb una sensibilitat de 0,03 A del fabricant Hager.			
A0150000	0,2 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	4,40	
EG22150	0,2 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	3,20	
	1,00 u	Interruptor diferencial	35,12	35,12	
Suma la partida.....					42,72 €
Costos indirectes.....2%					0,85 €
<b>Total partida</b>					<b>43,57 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: quaranta-tres euros amb cinquanta-set cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>2.13</b>	<b>u</b>	<b>Contactador de desconexió</b>			
		Contactador de desconexió del fabricant Hager.			
A0150000	0,2 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	4,40	
EG22150	0,2 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	3,20	
	1,00 u	Contactador de desconexió	55,40	55,40	
Suma la partida.....					63,00 €
Costos indirectes.....2%					1,26 €
<b>Total partida</b>					<b>64,26 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: seixanta-quatre euros amb vint-i-sis cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>2.14</b>	<b>u</b>	<b>Pica d'acer de 2 m</b>			
		Pica d'acer de dos metres de longitud recoberta de coure i amb un diàmetre de 20 mm, es farà servir per la posta a terra de la instal·lació.			
A0150000	0,5 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	11,00	
EG22150	0,5 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	8,00	
	1,00 u	Pica d'acer	20,69	20,69	
Suma la partida.....					39,69 €
Costos indirectes.....2%					0,79 €
<b>Total partida</b>					<b>40,48 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: quaranta euros amb quaranta-vuit cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>2.15</b>	<b>u</b>	<b>Arqueta de punt de posta a terra</b>			
		Arqueta de punt de posta a terra de dimensions 150x150 mm.			
A0150000	0,2 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	4,40	
EG22150	0,2 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	3,20	
	1,00 u	Arqueta de posta a terra	1,12	1,12	
Suma la partida.....					8,72 €
Costos indirectes.....2%					0,17 €
<b>Total partida</b>					<b>8,89 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: vuit euros amb vuitanta-nou cèntims</b>					

## 7.2.3 Instal·lació elèctrica de Baixa Tensió

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>3.1</b>	<b>m</b>	<b>Conductor coure, 1x1,5 mm<sup>2</sup></b>			
		Conductor de coure unipolar, flexible i despullat, UNE RV 0,6/1kV; col·locat baix tub i del fabricant Polirmet.			
A0150000	0,1 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	2,20	
EG22150	0,1 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	1,60	
	1,00 m	Conductor de coure	1,11	1,11	
Suma la partida.....					4,91 €
Costos indirectes.....2%					0,09 €
<b>Total partida</b>					<b>5,00 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: cinc euros</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>3.2</b>	<b>m</b>	<b>Conductor coure, 1x2,5 mm<sup>2</sup></b>			
		Conductor de coure unipolar, flexible i despullat, UNE RV 0,6/1kV; col·locat baix tub i del fabricant Polirmet.			
A0150000	0,1 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	2,20	
EG22150	0,1 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	1,60	
	1,00 m	Conductor de coure	1,34	1,34	
Suma la partida.....					5,14 €
Costos indirectes.....2%					0,10 €
<b>Total partida</b>					<b>5,24 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: cinc euros amb vint-i-quatre cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>3.3</b>	<b>m</b>	<b>Conductor coure, 1x4 mm<sup>2</sup></b>			
		Conductor de coure unipolar, flexible i despullat, UNE RV 0,6/1kV; col·locat baix tub i del fabricant Polirmet.			
A0150000	0,1 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	2,20	
EG22150	0,1 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	1,60	
	1,00 m	Conductor de coure	1,71	1,71	
Suma la partida.....					5,51 €
Costos indirectes.....2%					0,11 €
<b>Total partida</b>					<b>5,62 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: cinc euros amb seixanta-dos cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>3.4</b>	<b>m</b>	<b>Conductor coure, 1x6 mm<sup>2</sup></b>			
		Conductor de coure unipolar, flexible i despullat, UNE RV 0,6/1kV; col·locat baix tub i del fabricant Polirmet.			
A0150000	0,1 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	2,20	
EG22150	0,1 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	1,60	
	1,00 m	Conductor de coure	2,47	2,47	
Suma la partida.....					6,27 €
Costos indirectes.....2%					0,12 €
<b>Total partida</b>					<b>6,39 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: sis euros amb trenta-nou cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>3.5</b>	<b>m</b>	<b>Conductor coure, 1x16 mm<sup>2</sup></b>			
		Conductor de coure unipolar, flexible i despullat, UNE RV 0,6/1kV; col·locat baix tub i del fabricant Polirmet.			
A0150000	0,1 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	2,20	
EG22150	0,1 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	1,60	
	1,00 m	Conductor de coure	4,22	4,22	
Suma la partida.....					8,02 €
Costos indirectes.....2%					0,16 €
<b>Total partida</b>					<b>8,18 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: vuit euros amb divuit cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>3.6</b>	<b>m</b>	<b>Conductor d'alumini, 1x16 mm<sup>2</sup></b>			
		Conductor d'alumini unipolar, flexible i despullat, UNE RV 0,6/1kV; col·locat baix tub i del fabricant Polirmet.			
A0150000	0,1 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	2,20	
EG22150	0,1 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	1,60	
	1,00 m	Conductor d'alumini	0,7	0,7	
Suma la partida.....					4,50 €
Costos indirectes.....2%					0,09 €
<b>Total partida</b>					<b>4,59 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: quatre euros amb cinquanta-nou cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
3.7	m	<b>Conductor coure, 1x25 mm<sup>2</sup></b>			
		Conductor de coure unipolar, flexible i despullat, UNE RV 0,6/1kV; col·locat baix tub i del fabricant Polirmet.			
A0150000	0,1 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	2,20	
EG22150	0,1 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	1,60	
	1,00 m	Conductor de coure	5,75	5,75	
Suma la partida.....					9,55 €
Costos indirectes.....2%					0,19 €
<b>Total partida</b>					<b>9,74 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: nou euros amb setanta-quatre cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
3.8	m	<b>Tub flexible PVC D.n. 16 mm<sup>2</sup></b>			
		Tub flexible de PVC de diàmetre nominal 16 mm <sup>2</sup> , 450 / 750 V. Tub superficial i empotrat en obra.			
A0150000	0,1 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	2,20	
EG22150	0,1 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	1,60	
	1,00 m	Tub flexible PVC	2,05	2,05	
Suma la partida.....					5,85 €
Costos indirectes.....2%					0,11 €
<b>Total partida</b>					<b>5,96 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: cinc euros amb noranta-sis cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
3.9	m	<b>Tub flexible PVC D.n. 20 mm<sup>2</sup></b>			
		Tub flexible de PVC de diàmetre nominal 20 mm <sup>2</sup> , 450 / 750 V. Tub superficial i empotrat en obra.			
A0150000	0,1 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	2,20	
EG22150	0,1 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	1,60	
	1,00 m	Tub flexible PVC	2,21	2,21	
Suma la partida.....					6,01 €
Costos indirectes.....2%					0,12 €
<b>Total partida</b>					<b>6,13 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: sis euros amb tretze cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>3.10</b>	<b>m</b>	<b>Tub flexible PVC D.n. 25 mm<sup>2</sup></b>			
		Tub flexible de PVC de diàmetre nominal 25 mm <sup>2</sup> , 450 / 750 V. Tub superficial i empotrat en obra.			
A0150000	0,1 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	2,20	
EG22150	0,1 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	1,60	
	1,00 m	Tub flexible PVC	2,34	2,34	
Suma la partida.....					6,14 €
Costos indirectes.....2%					0,12 €
<b>Total partida</b>					<b>6,26 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: sis euros amb vint-i-sis cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>3.11</b>	<b>m</b>	<b>Tub flexible PVC D.n. 50 mm<sup>2</sup></b>			
		Tub flexible de PVC de diàmetre nominal 50 mm <sup>2</sup> , 450 / 750 V. Tub superficial i empotrat en obra.			
A0150000	0,1 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	2,20	
EG22150	0,1 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	1,60	
	1,00 m	Tub flexible PVC	3,75	3,75	
Suma la partida.....					7,55 €
Costos indirectes.....2%					0,15 €
<b>Total partida</b>					<b>7,70 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: set euros amb setanta cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>3.12</b>	<b>m</b>	<b>Tub flexible PVC D.n. 63 mm<sup>2</sup></b>			
		Tub flexible de PVC de diàmetre nominal 63 mm <sup>2</sup> , 450 / 750 V. Tub superficial i enterrat baix terra.			
A0150000	0,1 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	2,20	
EG22150	0,1 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	1,60	
	1,00 m	Tub flexible PVC	4,20	4,20	
Suma la partida.....					8,00 €
Costos indirectes.....2%					0,16 €
<b>Total partida</b>					<b>8,16 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: vuit euros amb setze cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>3.13</b>	<b>m</b>	<b>Tub flexible PVC D.n. 110 mm<sup>2</sup></b>			
		Tub flexible de PVC de diàmetre nominal 110 mm <sup>2</sup> , 450 / 750 V. Tub superficial i empotrat en obra.			
A0150000	0,1 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	2,20	
EG22150	0,1 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	1,60	
	1,00 m	Tub flexible PVC	4,80	4,80	
Suma la partida.....					8,60 €
Costos indirectes.....2%					0,17 €
<b>Total partida</b>					<b>8,77 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: vuit euros amb setanta-set cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>3.14</b>	<b>u</b>	<b>Interruptor automàtic II, 10 A</b>			
		Interruptor automàtic magnetotèrmic bipolar de 10 A, amb corba tipus C i del fabricant Hager.			
A0150000	0,2 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	4,40	
EG22150	0,2 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	3,20	
	1,00 u	Interruptor automàtic	63,12	63,12	
Suma la partida.....					70,72 €
Costos indirectes.....2%					1,41 €
<b>Total partida</b>					<b>72,13 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: setanta-dos euros amb tretze cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>3.15</b>	<b>u</b>	<b>Interruptor automàtic II, 20 A</b>			
		Interruptor automàtic magnetotèrmic bipolar de 20 A, amb corba tipus C i del fabricant Hager.			
A0150000	0,2 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	4,40	
EG22150	0,2 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	3,20	
	1,00 u	Interruptor automàtic	96,35	96,35	
Suma la partida.....					103,95 €
Costos indirectes.....2%					2,07 €
<b>Total partida</b>					<b>106,02 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: cent sis euros amb dos cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>3.16</b>	<b>u</b>	<b>Interruptor automàtic II, 32 A</b>			
		Interruptor automàtic magnetotèrmic bipolar de 32 A, amb corba tipus C i del fabricant Hager.			
A0150000	0,2 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	4,40	
EG22150	0,2 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	3,20	
	1,00 u	Interruptor automàtic	101,87	101,87	
Suma la partida.....					109,47 €
Costos indirectes.....2%					2,18 €
<b>Total partida</b>					<b>111,65 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: cent onze euros amb seixanta-cinc cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>3.17</b>	<b>u</b>	<b>Interruptor diferencial II, 25A 30mA</b>			
		Interruptor diferencial bipolar de 25 A i amb una sensibilitat de 0,03 A del fabricant Hager.			
A0150000	0,2 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	4,40	
EG22150	0,2 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	3,20	
	1,00 u	Interruptor diferencial	106,34	106,34	
Suma la partida.....					113,94 €
Costos indirectes.....2%					2,27 €
<b>Total partida</b>					<b>116,21 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: cent setze euros amb vint-i-un cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>3.18</b>	<b>u</b>	<b>Interruptor diferencial II, 40A 30mA</b>			
		Interruptor diferencial bipolar de 40 A i amb una sensibilitat de 0,03 A del fabricant Hager.			
A0150000	0,2 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	4,40	
EG22150	0,2 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	3,20	
	1,00 u	Interruptor diferencial	109,61	109,61	
Suma la partida.....					117,21 €
Costos indirectes.....2%					2,34 €
<b>Total partida</b>					<b>119,55 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: cent dinou euros amb cinquanta-cinc cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>3.19</b>	<b>u</b>	<b>Fusibles de 100 A</b>			
		Fusibles de 100 A del fabricant Hager amb un poder de tall de 50 kA.			
A0150000	0,2 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	4,40	
EG22150	0,2 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	3,20	
	1,00 u	Fusibles	12,25	12,25	
Suma la partida.....					19,85 €
Costos indirectes.....2%					0,39 €
<b>Total partida</b>					<b>20,24 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: vint euros amb vint-i-quatre cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>3.20</b>	<b>u</b>	<b>Interruptor automàtic 100 A</b>			
		Interruptor general automàtic bipolar de 100 A, amb un poder de tall de 15 kA i de corba tipus C.			
A0150000	0,2 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	4,40	
EG22150	0,2 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	3,20	
	1,00 u	Interruptor automàtic	93,65	93,65	
Suma la partida.....					101,25 €
Costos indirectes.....2%					2,02 €
<b>Total partida</b>					<b>103,27 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: cent tres euros amb vint-i-set cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>3.21</b>	<b>u</b>	<b>Quadre de distribució</b>			
		Quadre de distribució utilitzat per ubicar els elements de control i protecció de la instal·lació. Armari amb xapa d'acer i revestiment d'alumini, amb un grau de protecció IP 54.			
A0150000	0,3 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	6,60	
EG22150	0,3 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	4,80	
	1,00 u	Quadre de distribució	45,69	45,69	
Suma la partida.....					57,09 €
Costos indirectes.....2%					1,14 €
<b>Total partida</b>					<b>58,23 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: cinquanta-vuit euros amb vint-i-tres cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>3.22</b>	<b>u</b>	<b>Presa de corrent monofàsica</b>			
		Presa de corrent monofàsica del fabricant Cetact amb una base de 16 A 2 P + T.			
A0150000	0,2 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	4,40	
EG22150	0,2 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	3,20	
	1,00 u	Presa de corrent	30,50	30,50	
Suma la partida.....					38,10 €
Costos indirectes.....2%					0,76 €
<b>Total partida</b>					<b>38,86 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: trenta-vuit euros amb vuitanta-sis cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>3.23</b>	<b>u</b>	<b>Commutadors</b>			
		Commutador unipolar de empotrable de 10 A del fabricant Telergon.			
A0150000	0,2 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	4,40	
EG22150	0,2 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	3,20	
	1,00 u	Commutadors	6,29	6,29	
Suma la partida.....					13,89 €
Costos indirectes.....2%					0,27 €
<b>Total partida</b>					<b>14,16 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: catorze euros amb setze cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>3.24</b>	<b>u</b>	<b>Fluorescent Master TL-D de 58 W</b>			
		Fluorescent Master TL-D de 58 W del fabricant Philips.			
A0150000	0,1 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	2,20	
EG22150	0,1 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	1,60	
	1,00 u	Fluorescents	5,92	5,92	
Suma la partida.....					9,72 €
Costos indirectes.....2%					0,19 €
<b>Total partida</b>					<b>9,91 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: nou euros amb noranta-un cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>3.25</b>	<b>u</b>	<b>Pica d'acer de 2 m</b>			
		Pica d'acer de dos metres de longitud recoberta de coure i amb un diàmetre de 20 mm, es farà servir per la posta a terra de la instal·lació.			
A0150000	0,5 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	11,00	
EG22150	0,5 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	8,00	
	1,00 u	Pica d'acer	20,69	20,69	
Suma la partida.....					39,69 €
Costos indirectes.....2%					0,79 €
<b>Total partida</b>					<b>40,48 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: quaranta euros amb quaranta-vuit cèntims</b>					

Codi	Quantitat / U	Descripció	Preu	Sub.total	Import
<b>3.26</b>	<b>u</b>	<b>Arqueta de punt de posta a terra</b>			
		Arqueta de punt de posta a terra de dimensions 150x150 mm.			
A0150000	0,2 h	Oficial 1a Electricista i Fontaneria	22,00	4,40	
EG22150	0,2 h	Ajudant Electricista i Fontaneria	16,00	3,20	
	1,00 u	Arqueta de posta a terra	1,12	1,12	
Suma la partida.....					8,72 €
Costos indirectes.....2%					0,17 €
<b>Total partida</b>					<b>8,89 €</b>
<b>El preu total de la partida és de: vuit euros amb vuitanta-nou cèntims</b>					

## 7.3 Pressupost

### 7.3.1 Instal·lació solar tèrmica

Codi	Descripció	Quantitat	Preu (€)	Total (€)
1.1	<p><b>Captador solar tèrmic Sonnenkraft SK500<sub>N</sub></b></p> <p>Captador solar tèrmic Sonnenkraft SK500<sub>N</sub> vertical. Apte per tot tipus de coberta i per a tot tipus de posició (universal). Alta qualitat en quant a aïllament.</p>	5	753,78	3.768,90
1.2	<p><b>Acumulador solar ELBR 750</b></p> <p>Acumulador d'aigua calent sanitària ELBR de la marca Sonnenkraft amb una capacitat de 750 litres. Incorpora un serpentí interior per tal de realitzar l'intercanvi de calor que escalfarà l'ACS. Disposa d'un aïllament d'alta qualitat amb una espessor de 120 mm. Es pot desmuntar per la meitat per tal de facilitar el seu transport.</p>	1	2.110,38	2.110,38
1.3	<p><b>Sistema de regulació i control SKSC3</b></p> <p>Sistema de regulació i control SKSC3 de la firma Sonnenkraft. Aquesta centralita de control disposa de: control de 3 circuits, 3 sortides amb regulació de rev. I una sortida lliure de potència, 8 entrades de sensors i 13 conceptes seleccionables de la instal·lació (volum de subministrament: 6 sondes).</p>	1	389,02	389,02
1.4	<p><b>Vas d'expansió 18 AMR-B</b></p> <p>Vas d'expansió model 18 AMR-B, amb una capacitat de 18 litres i una pressió màxima de treball de 10 bar. Connexió d'aigua ¾" i pressió de precàrrega de 3 bar.</p>	1	99,55	99,55

<b>Codi</b>	<b>Descripció</b>	<b>Quantitat</b>	<b>Preu (€)</b>	<b>Total (€)</b>
1.5	<b><i>Intercanviador de calor Wagner A26-24 H</i></b> Intercanviador de calor del fabricant Wagner & Co. que disposa d'una potència de 8,4 kW.	1	231,74	231,74
1.6	<b><i>Bomba Grundfos UP-20-30 N 150</i></b> Bomba circulatòria UP-20-30 N 150 del fabricant Grundfos. Bomba del tipus de ròtor encapsulat, els coixinets estan lubricats pel líquid bombejat, disposa d'un selector amb tres tipus de velocitats.	2	350,88	701,76
1.7	<b><i>Purgador d'aire</i></b> Purgador d'aire automàtic. S'instal·laran en els punts alts de la sortida de la bateria de captadors i en aquells altres punts de la instal·lació on s'hagi pogut quedar aire acumulat (acumulador).	2	29,37	58,74
1.8	<b><i>Vàlvula de 3 vies</i></b> Vàlvula de 3 vies utilitzada per establir si s'utilitza el sistema d'ACS o el de calefacció. Està formada per cos de llautó, anelles de tefló i manetes d'acer.	2	84,25	168,50
1.9	<b><i>Sensor de temperatura</i></b> Sensor de temperatura per tal d'informar a la centralita de regulació i control de la temperatura de l'ACS en diversos punts del sistema.	4	26,83	107,32

<b>Codi</b>	<b>Descripció</b>	<b>Quantitat</b>	<b>Preu (€)</b>	<b>Total (€)</b>
1.10	<b><i>Vàlvula de tall</i></b>  Vàlvula de tall utilitzada per aïllar els diversos elements de la instal·lació solar tèrmica. Està formada per cos de llautó, anelles de tefló i manetes d'acer.	17	26,96	458,32
1.11	<b><i>Vàlvula de seguretat</i></b>  Vàlvula de seguretat, dissenyada per tal d'alliberar el fluid quan la pressió interna supera el valor establert. Cos de llautó, anelles de tefló i manetes d'acer.	4	80,42	321,68
1.12	<b><i>Vàlvula de buidat</i></b>  Vàlvula de buidat disposta en la part inferior d'un recipient per tal de buidar el fluid del circuit.	1	23,66	23,66
1.13	<b><i>Manòmetre</i></b>  Manòmetre utilitzat per tal de comprovar la pressió dels diversos circuits tancats de la instal·lació. Mesura de 0 a 6 bar i ½''.	3	15,60	46,80
1.14	<b><i>Termòmetre</i></b>  Termòmetre de contacte amb abraçadera de diàmetre 50 mm i rang de temperatures de 0 a 130 °C.	4	10,60	42,40

<b>Codi</b>	<b>Descripció</b>	<b>Quantitat</b>	<b>Preu (€)</b>	<b>Total (€)</b>
1.15	<b><i>Sonda de temperatura</i></b> Sonda de temperatura per tal de proporcionar els valors de temperatura del circuit.	2	36,67	73,34
1.16	<b><i>Fluid anticongelant 20 l</i></b> Fluid anticongelant de 20 litres encarregat d'extreure (juntament amb l'aigua) la calor captada pel captador solar tèrmic i cedir-la mitjançant un bescanviador tèrmic a l'ACS. Additius anticongelants (propilenglicol) per tal de prevenir les gelades que es puguin produir.	1	109,03	109,03
1.17	<b><i>Tub recte de coure de 22 mm (ACS)</i></b> Tub recte de coure de 22 mm utilitzat en el circuit d'ACS de la instal·lació solar tèrmica.	34	23,66	804,44
1.18	<b><i>Tub recte de coure de 22 mm (Cal.)</i></b> Tub recte de coure de 22 mm utilitzat en el circuit de calefacció de la instal·lació solar tèrmica.	25	23,66	591,50
1.19	<b><i>Tub recte de coure 42 mm</i></b> Tub recte de coure de 42 mm utilitzat en el circuit que va des de l'acumulador d'ACS fins el termos elèctric (sistema auxiliar) de la instal·lació solar tèrmica.	10	32,35	323,50

<b>Codi</b>	<b>Descripció</b>	<b>Quantitat</b>	<b>Preu (€)</b>	<b>Total (€)</b>
1.20	<b><i>Corbes</i></b>  Corbes del fabricant Pecomark utilitzades en els diversos canvis de direcció que es produeixen en la instal·lació solar tèrmica. Està formada per cos de llautó, anelles de tefló i manetes d'acer.	4	32,91	131,64
1.21	<b><i>Colzes</i></b>  Colzes del fabricant Pecomark utilitzades en els diversos canvis de direcció que es produeixen en la instal·lació solar tèrmica. Està formada per cos de llautó, anelles de tefló i manetes d'acer.	6	35,82	214,92
1.22	<b><i>Aïllament tub de coure 22 mm (ACS)</i></b>  Aïllament del fabricant Pecomark per al tub recte de coure de 22 mm utilitzat en el circuit d'ACS de la instal·lació solar tèrmica.	34	6,60	224,40
1.23	<b><i>Aïllament tub de coure 22 mm (Cal.)</i></b>  Aïllament del fabricant Pecomark per al tub recte de coure de 22 mm utilitzat en el circuit de calefacció de la instal·lació solar tèrmica.	22	6,60	145,20
1.24	<b><i>Aïllament tub de coure 42 mm</i></b>  Aïllament del fabricant Pecomark per al tub recte de coure de 22 mm utilitzat en el circuit que va des de l'acumulador d'ACS fins el termos elèctric (sistema auxiliar) de la instal·lació solar tèrmica.	10	7,80	78,00

<b>Codi</b>	<b>Descripció</b>	<b>Quantitat</b>	<b>Preu (€)</b>	<b>Total (€)</b>
1.25	<b><i>Abraçadora isofònica</i></b>  Abraçadora isofònica M6 diàmetre 50 del fabricant Pecomark.	10	5,10	51,00
1.26	<b><i>Sistema estructural captadors</i></b>  Sistema estructural DBP per als captadors solars tèrmics, recomanat pel fabricant Sonnenkraft per a cobertes inclinades.	5	150,96	754,8
1.27	<b><i>Sistema de fixació i anclatge</i></b>  Sistema de fixació i anclatge DBP recomanat pel fabricant Sonnenkraft per tal de fixar els captadors solars tèrmics de la instal·lació.	5	44,88	224,4
<b>Total capítol instal·lació solar tèrmica:.....</b>				<b>12.254,94 €</b>

El total d'aquest capítol referent a la instal·lació solar tèrmica de l'alberg ascendeix a la xifra de *dotze mil dos-cents cinquanta-quatre euros amb noranta-quatre cèntims*.

**7.3.2 Instal·lació solar fotovoltaica**

<b>Codi</b>	<b>Descripció</b>	<b>Quantitat</b>	<b>Preu (€)</b>	<b>Total (€)</b>
2.1	<b><i>Mòdul fotovoltaic SW 165 mono</i></b>  Mòdul fotovoltaic SW 165 monocristal·lí del fabricant SolarWorld i amb una potència pic de 165 W <sub>p</sub> . Superfície total del mòdul: 1,3041 m <sup>2</sup> . Apte per a cobertes inclinades.	32	590,07	18.822,24
2.2	<b><i>Inversor IG 40 Fronius</i></b>  Inversor IG 40 del fabricant Fronius, amb una corrent màxima d'entrada de 29,4 A i potència màxima de sortida de 4.100 W, amb un rendiment màxim del 94,3 %.	1	2.778,07	2.778,07
2.3	<b><i>Caixa de connexions C.C.</i></b>  Caixa de connexions en corrent continua amb un grau de protecció IP 45.	1	61,50	61,50
2.4	<b><i>Comptador monofàssic d'energia</i></b>  Comptador monofàssic d'energia activa a 230 V de la marca AEG.	1	81,19	81,19
2.5	<b><i>Conductor de coure 0,6/1kV, de 1x2,5 mm<sup>2</sup></i></b>  Conductor de coure UNE RV, 0,6/1kV, unipolar i disposat baix d'un tub. Es correspon a les quatre cadenes de captadors que hi ha sobre la teulada de l'alberg.	152	5,00	760,00

<b>Codi</b>	<b>Descripció</b>	<b>Quantitat</b>	<b>Preu (€)</b>	<b>Total (€)</b>
2.6	<b><i>Conductor de coure 0,6/1kV, de 1x6 mm<sup>2</sup></i></b>  Conductor de coure UNE RV, 0,6/1kV, unipolar i disposat baix d'un tub. Es correspon als conductors que van des de la caixa de connexions en C.C. fins l'inversor.	32	6,39	204,48
2.7	<b><i>Conductor de coure 0,6/1kV, de 1x6 mm<sup>2</sup></i></b>  Conductor de coure UNE RV, 0,6/1kV, unipolar i disposat baix d'un tub. Es correspon als conductors que van des de l'inversor fins la injecció de l'energia a la xarxa.	40	6,39	255,60
2.8	<b><i>Tub flexible de D.n. 16 mm<sup>2</sup></i></b>  Tub flexible de diàmetre nominal 16 mm <sup>2</sup> , amb un muntatge superficial i empotrat.	224	5,03	1.126,72
2.9	<b><i>Base modular porta – fusibles</i></b>  Base modular porta – fusibles, per tal de col·locar els fusibles de protecció als conductors positius abans de l'entrada d'aquests a la caixa de connexions en C.C.	4	12,97	51,88
2.10	<b><i>Fusibles de C.C. de 10 A</i></b>  Fusibles de corrent continua de 10 A, que estaran disposats en els conductors positius abans de l'entrada d'aquests a la caixa de connexions de C.C.	4	8,25	33,00

<b>Codi</b>	<b>Descripció</b>	<b>Quantitat</b>	<b>Preu (€)</b>	<b>Total (€)</b>
2.11	<b><i>Interrupctor automàtic II 20 A</i></b>  Interrupctor automàtic bipolar de 20 A, del fabricant Hager i amb una corba tipus C.	1	42,65	42,65
2.12	<b><i>Interrupctor diferencial II 25A, 30mA</i></b>  Interrupctor diferencial bipolar de 25 A i amb una sensibilitat de 0,03 A del fabricant Hager.	1	43,57	43,57
2.13	<b><i>Contactor de desconnexió</i></b>  Contactor de desconnexió del fabricant Hager.	1	64,26	64,26
2.14	<b><i>Pica d'acer de 2 m</i></b>  Pica d'acer de dos metres de longitud recoberta de coure i amb un diàmetre de 20 mm, es farà servir per la posta a terra de la instal·lació.	2	40,48	80,96
2.15	<b><i>Arqueta de punt de posta a terra</i></b>  Arqueta de punt de posta a terra de dimensions 150x150 mm.	1	8,89	8,89
<b>Total capítol instal·lació solar fotovoltaica:.....</b>				<b>24.415,01 €</b>

El total d'aquest capítol referent a la instal·lació solar fotovoltaica de l'alberg ascendeix a la xifra de *vint-i-quatre mil quatre-cents quinze euros amb un cèntim*.

### 7.3.3 Instal·lació elèctrica de Baixa Tensió

Codi	Descripció	Quantitat	Preu (€)	Total (€)
3.1	<b>Conductor coure, 1x1,5mm<sup>2</sup></b>  Conductor de coure unipolar, flexible i despullat, UNE RV 0,6/1kV; col·locat baix tub i del fabricant Polirmet.	40	5,00	200,00
3.2	<b>Conductor de coure, 1x2,5mm<sup>2</sup></b>  Conductor de coure unipolar, flexible i despullat, UNE RV 0,6/1kV; col·locat baix tub i del fabricant Polirmet.	102	5,24	534,48
3.3	<b>Conductor de coure, 1x4mm<sup>2</sup></b>  Conductor de coure unipolar, flexible i despullat, UNE RV 0,6/1kV; col·locat baix tub i del fabricant Polirmet.	2	5,62	11,24
3.4	<b>Conductor de coure, 1x6mm<sup>2</sup></b>  Conductor de coure unipolar, flexible i despullat, UNE RV 0,6/1kV; col·locat baix tub i del fabricant Polirmet.	60	6,39	383,4
3.5	<b>Conductor coure, 1x16mm<sup>2</sup></b>  Conductor de coure unipolar, flexible i despullat, UNE RV 0,6/1kV; col·locat baix tub i del fabricant Polirmet.	2	8,18	16,36

<b>Codi</b>	<b>Descripció</b>	<b>Quantitat</b>	<b>Preu (€)</b>	<b>Total (€)</b>
3.6	<b><i>Conductor d'alumini, 1x16mm<sup>2</sup></i></b>  Conductor d'alumini unipolar, flexible i despullat, UNE RV 0,6/1kV; col·locat baix tub i del fabricant Polirmet.	20	4,59	91,80
3.7	<b><i>Conductor de coure, 1x25mm<sup>2</sup></i></b>  Conductor de coure unipolar, flexible i despullat, UNE RV 0,6/1kV; col·locat baix tub i del fabricant Polirmet.	1	9,74	9,74
3.8	<b><i>Tub flexible PVC D.n. 16 mm<sup>2</sup></i></b>  Tub flexible de PVC de diàmetre nominal 16 mm <sup>2</sup> , 450 / 750 V. Tub superficial i empotrat en obra.	20	5,96	119,20
3.9	<b><i>Tub flexible PVC D.n. 20 mm<sup>2</sup></i></b>  Tub flexible de PVC de diàmetre nominal 20 mm <sup>2</sup> , 450 / 750 V. Tub superficial i empotrat en obra.	50	6,13	306,50
3.10	<b><i>Tub flexible PVC D.n. 25 mm<sup>2</sup></i></b>  Tub flexible de PVC de diàmetre nominal 25 mm <sup>2</sup> , 450 / 750 V. Tub superficial i empotrat en obra.	30	6,26	187,80

<b>Codi</b>	<b>Descripció</b>	<b>Quantitat</b>	<b>Preu (€)</b>	<b>Total (€)</b>
3.11	<b><i>Tub flexible PVC D.n. 50 mm<sup>2</sup></i></b>  Tub flexible de PVC de diàmetre nominal 50 mm <sup>2</sup> , 450 / 750 V. Tub superficial i empotrat en obra.	1	7,70	7,70
3.12	<b><i>Tub flexible PVC D.n. 63 mm<sup>2</sup></i></b>  Tub flexible de PVC de diàmetre nominal 63 mm <sup>2</sup> , 450 / 750 V. Tub superficial i enterrat baix terra.	5	8,16	40,80
3.13	<b><i>Tub flexible PVC D.n. 110 mm<sup>2</sup></i></b>  Tub flexible de PVC de diàmetre nominal 110 mm <sup>2</sup> , 450 / 750 V. Tub superficial i empotrat en obra.	0,5	8,77	4,38
3.14	<b><i>Interruptor automàtic II, 10A</i></b>  Interruptor automàtic magnetotèrmic bipolar de 10 A, amb corba tipus C i del fabricant Hager.	1	72,13	72,13
3.15	<b><i>Interruptor automàtic II, 20A</i></b>  Interruptor automàtic magnetotèrmic bipolar de 20 A, amb corba tipus C i del fabricant Hager.	4	106,02	424,08

<b>Codi</b>	<b>Descripció</b>	<b>Quantitat</b>	<b>Preu (€)</b>	<b>Total (€)</b>
3.16	<b><i>Interruptor automàtic II, 32A</i></b>  Interruptor automàtic magnetotèrmic bipolar de 32 A, amb corba tipus C i del fabricant Hager.	2	111,65	223,30
3.17	<b><i>Interruptor diferencial II, 25A 30mA</i></b>  Interruptor diferencial bipolar de 25 A i amb una sensibilitat de 0,03 A del fabricant Hager.	1	116,21	116,21
3.18	<b><i>Interruptor diferencial II, 40A 30mA</i></b>  Interruptor diferencial bipolar de 40 A i amb una sensibilitat de 0,03 A del fabricant Hager.	2	119,55	239,10
3.19	<b><i>Fusibles de 100A</i></b>  Fusibles de 100 A del fabricant Hager amb un poder de tall de 50 kA.	2	20,24	40,48
3.20	<b><i>Interruptor automàtic 100A</i></b>  Interruptor general automàtic bipolar de 100 A, amb un poder de tall de 15 kA i de corba tipus C.	1	103,27	103,27

<b>Codi</b>	<b>Descripció</b>	<b>Quantitat</b>	<b>Preu (€)</b>	<b>Total (€)</b>
3.21	<b><i>Quadre de distribució</i></b>  Quadre de distribució utilitzat per ubicar els elements de control i protecció de la instal·lació. Armari amb xapa d'acer i revestiment d'alumini, amb un grau de protecció IP 54.	1	58,23	58,23
3.22	<b><i>Presa de corrent monofàsica</i></b>  Preses de corrent monofàsica del fabricant Cetact amb una base de 16 A 2 P + T.	7	38,86	272,02
3.23	<b><i>Commutadors</i></b>  Commutador unipolar de empotrable de 10 A del fabricant Telergon.	3	14,16	42,48
3.24	<b><i>Fluorescent Master TL-D de 58 W</i></b>  Fluorescent Master TL-D de 58 W del fabricant Philips.	6	9,91	59,46
3.25	<b><i>Pica d'acer de 2 m</i></b>  Pica d'acer de dos metres de longitud recoberta de coure i amb un diàmetre de 20 mm, es farà servir per la posta a terra de la instal·lació.	2	40,48	80,96

<b>Codi</b>	<b>Descripció</b>	<b>Quantitat</b>	<b>Preu (€)</b>	<b>Total (€)</b>
3.26	<b><i>Arqueta de punt de posta a terra</i></b>  Arqueta de punt de posta a terra de dimensions 150x150 mm.	1	8,89	8,89

**Total capítol instal·lació elèctrica de Baixa Tensió:..... 3.654,01 €**

El total d'aquest capítol referent a la instal·lació elèctrica de Baixa Tensió de l'alberg ascendeix a la xifra de *tres mil sis-cents cinquanta-quatre euros amb un cèntim*.

## 7.4 Resum del pressupost

Capítol Instal·lació Solar Tèrmica:.....	<b>12.254,94 €</b>
Capítol Instal·lació Solar Fotovoltaica:.....	<b>24.415,01 €</b>
Capítol Instal·lació Elèctrica de Baixa Tensió:.....	<b>3.654,01 €</b>
	+ _____
Pressupost d'Execució Material.....	<b>40.323,96 €</b>
Despeses Generals (13 %)......	<b>5.242,11 €</b>
Benefici Industrial (6 %)......	<b>2.419,43 €</b>
	+ _____
Pressupost d'Execució del Contracte.....	<b>47.985,50 €</b>
I.V.A. (16 %)......	<b>7.677,68 €</b>
	+ _____
Pressupost de Licitació.....	<b>55.663,18 €</b>

Ascendeix el pressupost a la mencionada quantitat de CINQUANTA-CINC MIL  
SIS-CENTS SEIXANTA-TRES EUROS AMB DIVUIT CÈNTIMS.

El tècnic,

Tarragona, Juny de 2009

Marcel Gabriel Gracià  
Enginyer Tècnic Industrial



UNIVERSITAT  
ROVIRA I VIRGILI

Departament d'Enginyeria Electrònica Elèctrica i Automàtica

# **Electrificació i Integració d'Energies Renovables en un Alberg Rural**

## **8. Estudis amb Entitat Pròpia**

**TITULACIÓ: Enginyeria Tècnica Industrial en Electricitat**

**AUTOR:** Marcel Gabriel Gracià.

**DIRECTOR:** José Antonio Barrado Rodrigo.

**DATA:** Juny / 2009.

# ÍNDEX

8.1.- Prevenció de riscos laborals.....	pàg. 4
8.1.1.- Introducció.....	pàg. 4
8.1.2.- Drets i obligacions.....	pàg. 4
8.1.2.1.- Dret a la protecció enfront els riscos laborals.....	pàg. 4
8.1.2.2.- Principis de l'acció preventiva.....	pàg. 4
8.1.2.3.- Avaluació dels riscos.....	pàg. 5
8.1.2.4.- Equips de treball i mitjans de protecció.....	pàg. 7
8.1.2.5.- Informació, consulta i participació dels treballadors.....	pàg. 7
8.1.2.6.- Formació dels treballadors.....	pàg. 7
8.1.2.7.- Mesures d'emergència.....	pàg. 7
8.1.2.8.- Risc greu imminent.....	pàg. 7
8.1.2.9.- Vigilància de la salut.....	pàg. 8
8.1.2.10.- Documentació.....	pàg. 8
8.1.2.11.- Coordinació d'activitats empresarials.....	pàg. 8
8.1.2.12.- Protecció de treballadors especialment sensibles a determinats riscos.....	pàg. 8
8.1.2.13.- Protecció de la maternitat.....	pàg. 9
8.1.2.14.- Protecció dels menors.....	pàg. 9
8.1.2.15.- Relacions de treball temporals, de durada determinada i en empreses de treball temporal.....	pàg. 9
8.1.2.16.- Obligacions dels treballadors en matèria de prevenció de riscos.....	pàg. 9
8.1.3.- Serveis de prevenció.....	pàg. 10
8.1.3.1.- Protecció i prevenció de riscos professionals.....	pàg. 10
8.1.3.2.- Serveis de prevenció.....	pàg. 10
8.1.4.- Consulta i participació dels treballadors.....	pàg. 10
8.1.4.1.- Consulta de treballadors.....	pàg. 10
8.1.4.2.- Drets de participació i representació.....	pàg. 11
8.1.4.3.- Delegats de prevenció.....	pàg. 11
8.2.- Disposicions mínimes en matèria de senyalització de seguretat i salut en el treball.....	pàg. 11
8.2.1.- Introducció.....	pàg. 11

8.2.2.- Obligació general de l'empresari.....	pàg. 12
8.3.- Disposicions mínimes de seguretat i salut per a la utilització pels treballadors dels equips de treball.....	pàg. 13
8.3.1.- Introducció.....	pàg. 13
8.3.2.- Obligació general de l'empresari.....	pàg. 13
8.3.2.1.- Disposicions mínimes generals aplicables als equips de treball.....	pàg. 14
8.3.2.2.- Disposicions mínimes addicionals aplicables als equips de treball mòbils.....	pàg. 15
8.3.2.3.- Disposicions mínimes addicionals aplicables als equips de treball per a elevació de càrregues.....	pàg. 15
8.3.2.4.- Disposicions mínimes addicionals aplicables als equips de treball per a moviment de terres i maquinària pesada en general.....	pàg. 16
8.3.2.5.- Disposicions mínimes addicionals aplicables a la maquinària eina.....	pàg. 17
8.4.- Disposicions mínimes de seguretat i salut en les obres de construcció.....	pàg. 18
8.4.1.- Introducció.....	pàg. 18
8.4.2.- Estudi bàsic de seguretat i salut.....	pàg. 18
8.4.2.1.- Riscos més freqüents en les obres de construcció.....	pàg. 18
8.4.2.2.- Mesures preventives de caràcter general.....	pàg. 20
8.4.2.3.- Mesures preventives de caràcter particular per a cada ofici.....	pàg. 21
8.4.3.- Disposicions específiques de seguretat i salut durant l'execució de les obres.....	pàg. 26
8.5.- Disposicions mínimes de seguretat i salut relatives a la utilització pels treballadors d'equips de protecció individual.....	pàg. 27
8.5.1.- Introducció.....	pàg. 27
8.5.2.- Obligacions generals de l'empresari.....	pàg. 27
8.5.2.1.- Protectors del cap.....	pàg. 27
8.5.2.2.- Protectors de mans i braços.....	pàg. 27
8.5.2.3.- Protectors de peus i cames.....	pàg. 28
8.5.2.4.- Protectors de cos.....	pàg. 28

## 8.1 Prevenció de riscos laborals

### 8.1.1 Introducció

La llei 31/1995, de 8 de novembre de 1995, de Prevenció de Riscos Laborals té per objecte la determinació del cos bàsic de garanties i responsabilitats precis per a establir un adequat nivell de protecció de la salut dels treballadors enfront dels riscos derivats de les condicions de treball.

Com llei estableix un marc legal a partir del qual defineix com les normes reglamentàries aniran fixant i concretant els aspectes més tècnics de les mesures preventives.

Aquestes normes complementàries queden resumides a continuació:

- Disposicions mínimes en matèria de senyalització de seguretat i salut en el treball.
- Disposicions mínimes de seguretat i salut per a la utilització pels treballadors dels equips de treball.
- Disposicions mínimes de seguretat i salut en les obres de construcció.
- Disposicions mínimes de seguretat i salut relatives a la utilització pels treballs d'equips de protecció individual.

### 8.1.2 Drets i obligacions

#### 8.1.2.1 Dret a la protecció enfront els riscos laborals

Els treballadors tenen dret a una protecció eficaç en matèria de seguretat i salut en el treball.

A aquest efecte, l'empresari realitzarà la prevenció dels riscos laborals mitjançant l'adopció de quantes mesures siguin necessàries per a la protecció de la seguretat i la salut dels treballadors, amb les especialitats que es recullen en els articles següents en matèria d'avaluació de riscos, informació, consulta, participació i formació dels treballadors, actuació en casos d'emergència i de risc greu i imminent i vigilància de la salut.

#### 8.1.2.2 Principis de l'acció preventiva

L'empresari aplicarà les mesures preventives pertinents, conformement als següents principis generals:

- Evitar els riscos.
- Avaluar els riscos que no es poden evitar.

- Combatre els riscos a l'origen.
- Adaptar el treball a la persona, en particular pel que fa a la concepció dels llocs de treball, l'organització del treball, les condicions de treball, les relacions socials i la influència dels factors ambientals en el treball.
- Adoptar mesures que anteposin la protecció col·lectiva a la individual.
- Donar les degudes instruccions als treballadors.
- Adoptar les mesures necessàries a fi de garantir que només els treballadors que hagin rebut informació suficient i adequada puguin accedir a les zones de risc greu i específic.
- Preveure les distraccions o imprudències no temeràries que pogués cometre el treballador.

### 8.1.2.3 *Avaluació dels riscos*

L'acció preventiva en l'empresa es planificarà per l'empresari a partir d'una avaluació inicial dels riscos per a la seguretat i la salut dels treballadors, que es realitzarà amb caràcter general, tenint en compte la naturalesa de l'activitat, i en relació amb aquells que estiguin exposats a riscos especials. Igual avaluació haurà de fer-se en ocasió de l'elecció dels equips de treball, de les substàncies o preparats químics i de l'acondicionament dels llocs de treball.

D'alguna manera es podrien classificar les causes dels riscos en les categories següents:

- Insuficient qualificació professional del personal dirigent, caps d'equip i obrers.
- Ocupació de maquinària i equips en treballs que no corresponen a la finalitat per a la qual van ser concebuts o a les seves possibilitats.
- Negligència en la manipulació i conservació de les màquines i instal·lacions. Control deficient en l'explotació.
- Insuficient instrucció del personal en matèria de seguretat.

Referent a les màquines eina, els riscos que poden sorgir al manejar-les es poden resumir en els següents punts:

- Es pot produir un accident o deterioració d'una màquina si s'engega sense conèixer la seva manera de funcionament.
- La lubricació deficient condueix a un desgast prematur pel que els punts d'engreix manual han de ser engraixats regularment.

- Pot haver certs riscos si alguna palanca de la màquina no està en la seva posició correcta.
- El resultat d'un treball pot ser poc exacte si les guies de les màquines es desgasten, i per això cal protegir-les contra la introducció de virutes.

Pot haver riscos mecànics que es derivin fonamentalment dels diversos moviments que realitzen les diferents parts d'una màquina i que poden provocar a l'operari:

- Entrar en contacte amb alguna part de la màquina o ser atrapat entre ella i qualsevol estructura fixa o material.
- Ser copejat o arrossegat per qualsevol part en moviment de la màquina.
- Ser copejat per elements de la màquina que resultin projectats.
- Ser copejat per altres materials projectats per la màquina.

Pot haver riscos no mecànics tals com els derivats de la utilització d'energia elèctrica, productes químics, generació de soroll, vibracions i radiacions. Els moviments perillosos de les màquines es classifiquen en quatre grups:

- Moviments de rotació. Són aquells moviments sobre un eix amb independència de la inclinació del mateix i encara quan girin lentament. Es classifiquen en els següents grups:
  - Elements considerats aïlladament tals com arbres de transmissió, plançons, broques, acoblaments, etc.
  - Punts d'atrapament entre engranatges i eixos girant i altres fixes o dotades de desplaçament lateral a elles.
- Moviments alternatius i de translació. El punt perillós es situa en el lloc on la peça dotada d'aquest tipus de moviment s'aproxima a l'altra peça fixa o mòbil i la sobrepassa.
- Moviments de translació i rotació. Les connexions de bieles i brots amb rodes i volants són alguns dels mecanismes que generalment estan dotats d'aquest tipus de moviment.
- Moviments d'oscil·lació. Les peces dotades de moviments d'oscil·lació pendulars generen punts d'"estisores" entre elles i altres peces fixes.

Les activitats de prevenció hauran de ser modificades quan s'aprecii per l'empresari, com a conseqüència dels controls periòdics previstos en l'apartat anterior, la seva ineducació als fins de protecció requerits.

#### **8.1.2.4 Equips de treball i mitjans de protecció**

Quan la utilització d'un equip de treball pugui presentar un risc específic per a la seguretat i la salut dels treballadors, l'empresari adoptarà les mesures necessàries amb la finalitat de que:

- La utilització de l'equip de treball quedi reservada als encarregats d'aquesta utilització.
- Els treballs de reparació, transformació, manteniment o conservació siguin realitzats pels treballadors específicament capacitats per a això.

L'empresari haurà de proporcionar als seus treballadors equips de protecció individual adequats per al compliment de les seves funcions i vetllar per l'ús efectiu dels mateixos.

#### **8.1.2.5 Informació, consulta i participació dels treballadors**

L'empresari adoptarà les mesures adequades perquè els treballadors rebin totes les informacions necessàries en relació amb:

- Els regs per a la seguretat i la salut dels treballadors en el treball.
- Les mesures i activitats de protecció i prevenció aplicables als riscos.

Els treballadors tindran dret a efectuar propostes a l'empresari, així com als òrgans competents en aquesta matèria, dirigides a la millora dels nivells de la protecció de la seguretat i la salut en els llocs de treball, en matèria de senyalització en dits llocs, en quant a la utilització pels treballadors dels equips de treball, en les obres de construcció i en quant a la utilització pels treballadors d'equips de protecció individual.

#### **8.1.2.6 Formació dels treballadors**

L'empresari haurà de garantir que cada treballador rebi una formació teòrica i pràctica, suficient i adequada, en matèria preventiva.

#### **8.1.2.7 Mesures d'emergència**

L'empresari, tenint en compte la grandària i l'activitat de l'empresa, així com la possible presència de persones alienes a la mateixa, haurà d'analitzar les possibles situacions d'emergència i adoptar les mesures necessàries en matèria de primers auxilis, lluita contra incendis i evacuació dels treballadors, designant per això al personal encarregat de posar en pràctica aquestes mesures i comprovant periòdicament, si s'escau, el seu correcte funcionament.

#### **8.1.2.8 Risc greu imminent**

Quan els treballadors estiguin exposats a un risc greu i imminent en ocasió del seu treball, l'empresari estarà obligat a:

- Informar com més aviat millor a tots els treballadors afectats sobre l'existència de dit risc i de les mesures adoptades en matèria de protecció.
- Donar les instruccions necessàries per a que, en cas de perill greu, imminent i inevitable, els treballadors puguin interrompre la seva activitat i a més estar en condicions, tenint en compte els seus coneixements i els mitjans tècnics llocs a la seva disposició, d'adoptar les mesures necessàries per evitar les conseqüències de dit perill.

#### ***8.1.2.9 Vigilància de la salut***

L'empresari garantirà als treballadors al seu servei la vigilància periòdica del seu estat de salut en funció dels riscos inherents al treball, optant per la realització d'aquells reconeixements o proves que causin les menors molèsties al treballadors i que siguin proporcionals al risc.

#### ***8.1.2.10 Documentació***

L'empresari haurà d'elaborar i conservar a la disposició de l'autoritat laboral la següent documentació:

- Avaluació dels riscos per a la seguretat i salut en el treball, i planificació de l'acció preventiva.
- Mesures de protecció i prevenció a adoptar.
- Resultat dels controls periòdics de les condicions de treball.
- Pràctica dels controls de l'estat de salut dels treballadors.
- Relació d'accidents de treball i malalties professionals que hagin causat al treballador una incapacitat laboral superior a un dia de treball

#### ***8.1.2.11 Coordinació d'activitats empresarials***

Quan en un mateix centre de treball desenvolupin activitats treballadors de dos o més empreses, aquestes hauran de cooperar en l'aplicació de la normativa sobre prevenció de riscos laborals.

#### ***8.1.2.12 Protecció de treballadors especialment sensibles a determinats riscos***

L'empresari garantirà, avaluant els riscos i adoptant les mesures preventives necessàries, la protecció dels treballadors que, per les seves pròpies característiques personals o estat biològic conegut, inclosos aquells que tinguin reconeguda la situació de discapacitat física, psíquica o sensorial, siguin específicament sensibles als riscos derivats del treball.

### **8.1.2.13 Protecció de la maternitat**

L'avaluació dels riscos haurà de comprendre la determinació de la naturalesa, el grau i la durada de l'exposició de les treballadores en situació d'embaràs o part recent, a agents, procediments o condicions de treball que puguin influir negativament en la salut de les treballadores o dels fetus, adoptant, si escau, les mesures necessàries per evitar l'exposició a dit risc.

### **8.1.2.14 Protecció dels menors**

Abans de la incorporació al treball de joves menors de divuit anys, i prèviament a qualsevol modificació important de les seves condicions de treball, l'empresari haurà d'efectuar una avaluació dels llocs de treball a ocupar pels mateixos, a fi de determinar la naturalesa, el grau i la durada de la seva exposició, tenint especialment en compte els riscos derivats de la seva falta d'experiència, de la seva immaduresa per a avaluar els riscos existents o potencials i del seu desenvolupament encara incomplet.

### **8.1.2.15 Relacions de treball temporals, de durada determinada i en empreses de treball temporal**

Els treballadors amb relacions de treball temporals o de durada determinada, així com els contractats per empreses de treball temporal, hauran de gaudir del mateix nivell de protecció en matèria de seguretat i salut que els restants treballadors de l'empresa en la qual presten els seus serveis.

### **8.1.2.16 Obligacions dels treballadors en matèria de prevenció de riscos**

Correspon a cada treballador vetllar, segons les seves possibilitats i mitjançant el compliment de les mesures de prevenció que en cada cas siguin adoptades, per la seva pròpia seguretat i salut en el treball i per la d'aquelles altres persones a les quals pugui afectar la seva activitat professional, a causa dels seus actes i omissions en el treball, de conformitat amb la seva formació i les instruccions de l'empresari.

Els treballadors, conformement a la seva formació i seguint les instruccions de l'empresari, hauran de:

- Usar adequadament, d'acord amb la seva naturalesa i els riscos previsibles, les màquines, aparells, eines, substàncies perilloses, equips de transport i en general, qualsevol altre mitjà amb els quals desenvolupin la seva activitat.
- Utilitzar correctament els mitjans i equips de protecció facilitats per l'empresari.
- No posar fora de funcionament i utilitzar correctament els dispositius de seguretat existent.
- Informar immediatament d'un risc per a la seguretat i la salut dels treballadors.
- Contribuir al compliment de les obligacions establertes per l'autoritat competent.

### **8.1.3 Serveis de prevenció**

#### ***8.1.3.1 Protecció i prevenció de riscos professionals***

En compliment del deure de prevenció de riscos professionals, l'empresari designarà un o diversos treballadors per a ocupar-se d'aquesta activitat, constituirà un servei de prevenció o concertarà dit servei amb una entitat especialitzada aliena a l'empresa. Els treballadors designats hauran de tenir la capacitat necessària, disposar del temps i dels mitjans precisos i ser suficients en nombre, tenint en compte la grandària de l'empresa, així com els riscos que estan exposats els treballadors.

En les empreses de menys de sis treballadors, l'empresari podrà assumir personalment les funcions assenyalades anteriorment, sempre que desenvolupi de forma habitual la seva activitat en el centre de treball i tingui capacitat necessària.

L'empresari que no hagués concertat el Servei de Prevenció amb una entitat especialitzada aliena a l'empresa haurà de sotmetre el seu sistema de prevenció al control d'una auditoria o avaluació externa.

#### ***8.1.3.2 Serveis de prevenció***

Si la designació d'un o diversos treballadors fos insuficient per a la realització de les activitats de prevenció, en funció de la grandària de l'empresa, dels riscos que estan exposats els treballadors o de la perillositat de les activitats desenvolupades, l'empresari haurà de recórrer a un o diversos serveis de prevenció propis o aliens a l'empresa, que col·laboraran quan sigui necessari.

S'entendrà com servei de prevenció el conjunt de mitjans humans i materials necessaris per a realitzar les activitats preventives a fi de garantir d'adequada protecció de la seguretat i la salut dels treballadors, assessorant i assistint per això a l'empresari, als treballadors i als seus representants i als òrgans de representació especialitzats.

### **8.1.4 Consulta i participació dels treballadors**

#### ***8.1.4.1 Consulta de treballadors***

L'empresari haurà de consultar als treballadors, amb la deguda antel·lació, l'adopció de les decisions relatives a:

- La planificació i l'organització del treball en l'empresa i la introducció de noves tecnologies en tot el relacionat amb les conseqüències que aquestes poguessin tenir per a la seguretat i la salut dels treballadors.
- L'organització i desenvolupament de les activitats de protecció de la salut i prevenció dels riscos professionals en l'empresa, inclosa la designació dels treballadors encarregats d'aquestes activitats o el recurs a un servei de prevenció extern.
- La designació dels treballadors encarregats de les mesures d'emergència.

- El projecte i l'organització de la formació en matèria preventiva.

#### **8.1.4.2 Drets de participació i representació**

Els treballadors tenen dret a participar en l'empresa en les qüestions relacionades amb la prevenció de riscos en el treball.

En les empreses o centres de treball que contin amb sis o més treballadors, la participació d'aquests es canalitzarà a través dels seus representants i de la representació especialitzada.

#### **8.1.4.3 Delegats de prevenció**

Els Delegats de Prevenció són els representants dels treballadors amb funcions específiques en matèria de prevenció de riscos en el treball. Seran designats per i entre els representants del personal, conformement a la següent escala:

- De 50 a 100 treballadors: 2 Delegats de Prevenció.
- De 101 a 500 treballadors: 3 Delegats de Prevenció.
- De 501 a 1000 treballadors: 4 Delegats de Prevenció.
- De 1001 a 2000 treballadors: 5 Delegats de Prevenció.
- De 2001 a 3000 treballadors: 6 Delegats de Prevenció.
- De 3001 a 4000 treballadors: 7 Delegats de Prevenció.
- De 4001 des d'ara: 8 Delegats de Prevenció.

En les empreses de fins trenta treballadors el Delegat de Prevenció serà el Delegat de Personal. En les empreses de trenta-un a quaranta-nou treballadors haurà un Delegat de Prevenció que serà elegit per i entre els Delegats de Personal.

## **8.2 Disposicions mínimes en matèria de senyalització de seguretat i salut en el treball**

### **8.2.1 Introducció**

La llei 31/1995, de 8 de novembre de 1995, de Prevenció de Riscos Laborals és la norma legal per la qual es determina el cos bàsic de garanties i responsabilitats precis per a establir un adequat nivell de protecció de la salut dels treballadors enfront dels riscos derivats de les condicions de treball.

D'acord amb l'article 6 d'aquesta llei, seran les normes reglamentàries les quals fixaran les mesures mínimes que deuen adoptar-se per a d'adequada protecció dels treballadors. Entre aquestes es troben les destinades a garantir que en els llocs de treball existeixi una adequada senyalització de seguretat i salut, sempre que els riscos no puguin evitar-se o limitar-se suficientment a través de mitjans tècnics de protecció col·lectiva.

Per tot l'exposat, el Reial decret 485/1997 de 14 d'Abril de 1.997 estableix les disposicions mínimes en matèria de senyalització de seguretat i de salut en el treball, entenent com a tals aquelles senyalitzacions que referides a un objecte, activitat o situació determinada, proporcionin una indicació o una obligació relativa a la seguretat o la salut en el treball mitjançant una senyal en forma de panell, un color, una senyal lluminosa o acústica, una comunicació verbal o una senyal gestual.

### **8.2.2 Obligació general de l'empresari**

L'elecció del tipus de senyal i del nombre i emplaçament dels senyals o dispositius de senyalització a utilitzar en cada cas es realitzarà de forma que la senyalització resulti el més eficaç possible, tenint en compte:

- Les característiques de la senyal.
- Els riscos, elements o circumstàncies que hagin de senyalitzar-se.
- L'extensió de la zona a cobrir.
- El nombre de treballadors afectats.

Per a la senyalització de desnivells, obstacles o altres elements que originin risc de caiguda de persones, xocs o cops, així com per a la senyalització de risc elèctric, presència de matèries inflamables, tòxiques, corrosives o risc biològic, podrà optar-se per una senyal d'avertiment de forma triangular, amb un pictograma característic de color negre sobre fons groc i vores negres.

Les vies de circulació de vehicles hauran d'estar delimitades amb claredat mitjançant franges contínues de color blanc o groc.

Els equips de protecció contra incendis hauran de ser de color vermell.

La senyalització per a la localització i identificació de les vies d'evacuació i dels equips de salvament o socors (farmaciola portàtil) es realitzarà mitjançant una senyal de forma quadrada o rectangular, amb un pictograma característic de color blanc sobre fons verd.

La senyalització dirigida a alertar als treballadors o a tercers de l'aparició d'una situació de perill i de la conseqüent i urgent necessitat d'actuar d'una forma determinada o d'evacuar la zona de perill, es realitzarà mitjançant una senyal lluminosa, una senyal acústica o una comunicació verbal.

Els mitjans i dispositius de senyalització hauran de ser netejats, mantinguts i verificats regularment.

### **8.3 Disposicions mínimes de seguretat i salut per a la utilització dels treballadors dels equips de treball**

#### **8.3.1 Introducció**

La llei 31/1995, de 8 de novembre de 1995, de Prevenció de Riscos Laborals és la norma legal per la qual es determina el cos bàsic de garanties i responsabilitats precis per a establir un adequat nivell de protecció de la salut dels treballadors enfront dels riscos derivats de les condicions de treball.

D'acord amb l'article 6 d'aquesta llei, seran les normes reglamentàries les quals fixaran les mesures mínimes que deuen adoptar-se per a d'adequada protecció dels treballadors. Entre aquestes es troben les destinades a garantir que de la presència o utilització dels equips de treball posats a la disposició dels treballadors en l'empresa o centre de treball no es derivin riscos per a la seguretat o salut dels mateixos.

Per tot l'exposat, el Reial decret 1215/1997 de 18 de Juliol de 1.997 estableix les disposicions mínimes de seguretat i de salut per a la utilització dels treballadors dels equips de treball, entenent com a tals qualsevol màquina, aparell, instrument o instal·lació utilitzat en el treball.

#### **8.3.2 Obligació general de l'empresari**

L'empresari adoptarà les mesures necessàries per a que els equips de treball que es posin a la disposició dels treballadors siguin adequats al treball que tingui que realitzar i convenientment adaptats al mateix, de forma que garanteixin la seguretat i la salut dels treballadors a l'utilitzar a aquests equips.

Haurà d'utilitzar únicament equips que satisfacin qualsevol disposició legal o reglamentària que els sigui d'aplicació.

Per a l'elecció dels equips de treball l'empresari haurà de tenir en compte els següents factors:

- Les condicions i característiques específiques del treball a desenvolupar.
- Els riscos existents per a la seguretat i salut dels treballadors en el lloc de treball.
- Si s'escau, les adaptacions necessàries per a la seva utilització per treballadors discapacitats.

Adoptarà les mesures necessàries per a que, mitjançant un manteniment adequat, els equips de treball es conservin durant tot el temps d'utilització en unes condicions

adequades. Totes les operacions de manteniment, ajustament, desbloqueig, revisió o reparació dels equips de treball es realitzarà després d'haver parat o desconnectat l'equip. Aquestes operacions hauran de ser encomanades al personal especialment capacitat per això.

L'empresari haurà de garantir que els treballadors rebin una formació i informació adequades als riscos derivats dels equips de treball. La informació, subministrada preferentment per escrit, haurà de contenir, com a mínim, les indicacions relatives a:

- Les condicions i forma correcta d'utilització dels equips de treball, tenint en compte les instruccions del fabricant, així com les situacions o formes d'utilització anormals i perilloses que puguin preveure's.
- Les conclusions que, si s'escau, es puguin obtenir de l'experiència adquirida en la utilització dels equips de treball.

### ***8.3.2.1 Disposicions mínimes generals aplicables als equips de treball***

Els òrgans d'accionament d'un equip de treball que tinguin alguna incidència en la seguretat hauran de ser clarament visibles i identificables i no hauran d'implicar riscos com a conseqüència d'una manipulació involuntària.

Cada equip de treball haurà d'estar proveït d'un òrgan d'accionament que permeti la seva parada total en condicions de seguretat.

Qualsevol equip de treball que comporti risc de caiguda d'objectes o de projeccions haurà de estar proveït de dispositius de protecció adequats a dits riscos.

Qualsevol equip de treball que comporti risc per inhalació de gasos, vapors o líquids o per emissió de pols haurà d'estar proveït de dispositius adequats de captació o extracció prop de la font emissora corresponent.

Si fos necessari per a la seguretat o la salut dels treballadors, els equips de treball i els seus elements hauran d'estabilitzar-se per fixació o per altres mitjans.

Quan els elements mòbils d'un equip de treball puguin comportar risc d'accident per contacte mecànic, hauran d'anar equipats amb resguards o dispositius que impedeixin l'accés a les zones perilloses.

Les zones i punts de treball o manteniment d'un equip de treball hauran d'estar adequadament il·luminades en funció de les tasques que hagin de realitzar-se.

Les parts d'un equip de treball que arribin a temperatures elevades o molt baixes hauran de estar protegides quan correspongui contra els riscos de contacte o la proximitat dels treballadors.

Tot equip de treball haurà de ser adequat per a protegir als treballadors exposats contra el risc de contacte directe o indirecte de l'electricitat i els quals comportin risc per soroll, vibracions o radiacions haurà de disposar de les proteccions o dispositius adequats per a limitar, en la mesura del possible, la generació i propagació d'aquests

agents físics. Les eines manuals hauran de estar construïdes amb materials resistents i la unió entre els seus elements haurà de ser ferm, de manera que s'evitin els trencaments o projeccions dels mateixos.

La utilització de tots aquests equips no podrà realitzar-se en contradicció amb les instruccions facilitades pel fabricant, comprovant-se abans d'iniciar la tasca que totes les seves proteccions i condicions d'ús són les adequades.

Hauran de prendre's les mesures necessàries per evitar el agafament del cabell, robes de treball o altres objectes del treballador, evitant, en qualsevol cas, sotmetre als equips a sobrecàrregues, sobrepressions, velocitats o tensions excessives.

### ***8.3.2.2 Disposicions mínimes addicionals aplicables als equips de treball mòbils***

Els equips amb treballadors transportats hauran d'evitar el contacte d'aquests amb rodes i erugues i el apassionament per les mateixes. Per això disposaran d'una estructura de protecció que impedeixi que l'equip de treball inclini més d'una cambra de tornada o una estructura que garanteixi un espai suficient voltant dels treballadors transportats quan l'equip pugui inclinar-se més d'una cambra de tornada. No es requeriran aquestes estructures de protecció quan l'equip de treball es trobi estabilitzat durant la seva ocupació.

Els carretons elevadors hauran d'estar condicionades mitjançant la instal·lació d'una cabina per al conductor, una estructura que impedeixi que el carretó bolqui, una estructura que garanteixi que, en cas de bolcada, quedi espai suficient per al treballador entre el sòl i determinades parts d'aquest carretó i una estructura que mantingui al treballador sobre el seient de conducció en bones condicions.

Els equips de treball automotors hauran de contar amb dispositius de frenat i parada, amb dispositius per a garantir una visibilitat adequada i amb una senyalització acústica d'advertiment. En qualsevol cas, la seva conducció estarà reservada als treballadors que hagin rebut una informació específica.

### ***8.3.2.3 Disposicions mínimes addicionals aplicables als equips de treball per a elevació de càrregues***

Hauran d'estar instal·lats fermament, tenint present la càrrega que hagin d'aixecar i les tensions induïdes en els punts de suspensió o de fixació. En qualsevol cas, els aparells d'hissar estaran equipats amb limitador del recorregut del carro i dels ganxos, els motors elèctrics estaran proveïts de limitadors d'altura i del pes, els ganxos de subjecció seran d'acer amb tanques de seguretat i els carrils per a desplaçament estaran limitats a una distància d'1 m del seu terme mitjançant límits de seguretat de final de carrera elèctrics.

Haurà de figurar clarament la càrrega nominal.

Hauran d'instal·lar-se de manera que es redueixi el risc que la càrrega caigui en picat, es Deixi anar o es desviï involuntàriament de forma perillosa. En qualsevol cas, s'evitarà la presència de treballadors sota les càrregues suspeses. En cas d'anar equipades amb cabines per a treballadors haurà d'evitar-se la caiguda d'aquestes, la

seva esclafada o xoc. Els treballs d'hissat, transport i descens de càrregues suspeses, quedaran interromputs sota règim de vents superiors als 60 km/h.

#### ***8.3.2.4 Disposicions mínimes addicionals aplicables als equips de treball per a moviment de terres i maquinària pesada en general***

Les màquines per als moviments de terres estaran dotades de fars de marxa cap a endavant i de reculada, servofrens, fre de mà, sirena automàtica de reculada, retrovisors en ambdós costats, pòrtic de seguretat antivolcament i antiimpactes i un extintor. Es prohibeix treballar o romandre dintre del radi d'acció de la maquinària de moviment de terres, per evitar els riscos per atropellament.

Durant el temps de parada de les màquines es senyalitzarà el seu entorn amb "senyals de perill", per evitar els riscos per fallada de frens o per atropellament durant l'engegada. Si es produís contacte amb línies elèctriques el maquinista romandrà immòbil en el seu lloc i sol·licitarà auxili per mitjà del clàxon. Possiblement el salt sense risc de contacte elèctric, el maquinista saltarà fora de la màquina sense tocar, al uníson, la màquina i el terreny.

Abans de l'abandonament de la cabina, el maquinista haurà deixat en repòs, en contacte amb el paviment (la fulla, cassó, .), posat el fre de mà i desocupat el motor extraient la clau de contacte per evitar els riscos per fallades del sistema hidràulic.

Les passarel·les i esglaons d'accés per a conducció o manteniment romandran nets de graves, fangs i oli, per evitar els riscos de caiguda.

Es prohibeix el transport de persones sobre les màquines per al moviment de terres, per a evitar els riscos de caigudes o d'atropellaments.

S'instal·laran límits de seguretat de fi de recorregut, davant la coronació dels talls (talussos o terraplens) als quals deu aproximar-se la maquinària emprada en el moviment de terres, per evitar els riscos per caiguda de la màquina.

Es senyalitzaran els camins de circulació interna mitjançant corda de banderoles/ i senyals normalitzats de tràfic.

Es prohibeix l'apilament de terres a menys de 2 m. de la vora de l'excavació (com a norma general).

No es pot fumar quan s'abasteixi de combustible la màquina, doncs podria inflamar-se.

Al realitzar aquesta tasca el motor haurà de romandre desocupat.

Es prohibeix realitzar treballs en un radi de 10 m entorn a les màquines de clava, en prevenció de cops i atropellaments.

Les cintes transportadores estaran dotades de passadís lateral de visita de 60 cm d'amplària i baranes de protecció d'aquest de 90 cm d'altura. Estaran dotades

d'encausadores antidespreniments d'objectes per desbordament de materials. Sota les cintes, en tot el seu recorregut, s'instal·laran safates de recollida d'objectes despresos.

Els compressors seran dels cridats "silenciosos" en la intenció de disminuir el nivell de soroll. La zona dedicada per a la ubicació del compressor quedarà acordonada en un radi de 4 m. Les mànegues estaran en perfectes condicions d'ús, és a dir, sense esquerdes ni desgast que puguin produir una rebentada.

Cada tall amb martells pneumàtics, estarà treballat per dues quadrilles que s'alternaran cada hora, en prevenció de lesions per permanència continuada rebent vibracions. Els pisoners/mecànics es guiaran avançant frontalment, evitant els desplaçaments laterals.

Per a realitzar aquestes tasques s'utilitzarà faixa elàstica de protecció de cintura, canelleres ben ajustades, botes de seguretat, cascs antisorolls i una mascareta amb filtre mecànic recanviable.

#### **8.3.2.5 Disposicions mínimes addicionals aplicables a la maquinària eina**

Les màquines-eina estaran protegides elèctricament mitjançant doble aïllament i els seus motors elèctrics estaran protegits per la carcassa.

Les que tinguin capacitat de tall tindran el disc protegit mitjançant una carcassa antiprojeccions.

Les que s'utilitzin en ambients inflamables o explosius estaran protegides mitjançant carcasses antideflagrants. Es prohibeix la utilització de màquines accionades mitjançant combustibles líquids en llocs tancats o de ventilació insuficient.

Es prohibeix treballar sobre llocs entollats, per evitar els riscos de caigudes i riscos elèctrics.

Per a totes les tasques es disposarà una il·luminació adequada, entorn de 100 lux. En prevenció dels riscos per inhalació de pols, s'utilitzaran en via humida les eines que el produeixin.

Les taules de serra circular, talladores de material ceràmic i serres de disc manual no se situaran a distàncies inferiors a 3 metres de la vora dels forjats, amb l'excepció dels quals estiguin clarament protegits (xarxes o baranes, petos de rematada, etc). En cap concepte es retirarà la protecció del disc de tall, utilitzant-se en tot moment ulleres de seguretat antiprojecció de partícules. Com a normal general, s'hauran d'extreure els claus o parts metàl·liques clavades en l'element a tallar.

Amb les pistoles fixa-claus no es realitzaran tirs inclinats, s'haurà de verificar que no hi ha ningú a l'altre costat de l'objecte sobre el qual es dispara, s'evitarà clavar sobre fàbriques de rajola buit i s'assegurarà l'equilibri de la persona abans d'efectuar el tir.

Per a la utilització dels trepants portàtils i fresadores elèctriques es triaran sempre les broques i discos adequats al material a trepar, s'evitarà realitzar trepants en una sola

maniobra i trepants o fresadores inclinades a pols i es tractarà de no recalentar les broques i discos.

En les tasques de soldadura per arc elèctric s'utilitzarà màscara de soldar o pantalla de mà, no es mirarà directament a l'arc voltaic, no es tocaran les peces recentment soldades, se soldarà en un lloc ventilat, es verificarà la inexistència de persones en l'entorn vertical del lloc de treball, no es deixarà directament la pinça en el sòl o sobre la perfil·leria, s'escollirà l'elèctrode adequada per al cordó a executar i se suspendran els treballs de soldadura amb vents superiors a 60 km/h i a la intempèrie amb règim de pluges.

En la soldadura oxiacetilènica (oxitall) no es barrejaran botelles de gasos diferents, aquestes es transportaran sobre bats engabiades en posició vertical i lligades, no se situaran al sol ni en posició inclinada i els encenedors estaran dotats de vàlvules antirretrocès de la flama. Si es desprenen pintures es treballarà amb mascareta protectora i es farà a l'aire lliure o en un local ventilat.

## **8.4 Disposicions mínimes de seguretat i salut en les obres de construcció**

### **8.4.1 Introducció**

La llei 31/1995, de 8 de novembre de 1995, de Prevenció de Riscos Laborals és la norma legal per la qual es determina el cos bàsic de garanties i responsabilitats precis per a establir un adequat nivell de protecció de la salut dels treballadors enfront dels riscos derivats de les condicions de treball.

D'acord amb l'article 6 d'aquesta llei, seran les normes reglamentàries les quals fixaran les mesures mínimes que deuen adoptar-se per a d'adequada protecció dels treballadors. Entre aquestes es troben necessàriament les destinades a garantir la seguretat i la salut en les obres de construcció.

Per tot l'exposat, el Reial decret 1627/1997 de 24 d'octubre de 1.997 estableix les disposicions mínimes de seguretat i salut en les obres de construcció, entenent com a tals qualsevol obra, pública o privada, en la qual s'efectuïn treballs de construcció o enginyeria civil.

Per tant, el promotor estarà obligat que en la fase de redacció del projecte s'elabori un estudi bàsic de seguretat i salut.

### **8.4.2 Estudi bàsic de seguretat i salut**

#### **8.4.2.1 Riscos més freqüents en les obres de construcció**

Els oficis més comuns en l'obra en projecte són els següents:

- Moviment de terres. Excavació de pous i rases.
- Emplenat de terres.
- Encofrats.
- Treballs amb ferralla, manipulació i posada en obra.
- Treballs de manipulació del formigó.
- Muntatge d'estructura metàl·lica.
- Muntatge de prefabricats.
- Ofici de paleta.
- Instal·lació elèctrica definitiva i provisional d'obra.

Els riscos més freqüents durant aquests oficis són els descrits a continuació:

- Lliscaments, despreniments de terres per diferents motius (no emprar el talús adequat per variació de la humitat del terreny etc.)
- Riscos derivats del maneig de màquines-eina i maquinària pesada en general.
- Atropellaments, col·lisions, bolcades i falses maniobres de la maquinària per a moviment de terres.
- Caigudes al mateix o distint nivell de persones, materials i útils.
- Els derivats dels treballs polvorents.
- Contactes amb el formigó (dermatitis per ciments, etc).
- Despreniments per mal apilat de la fusta, planxes metàl·liques.
- Talls i ferides en mans i peus, aixafades, ensopegades i torcedisses al caminar sobre les armadures.
- Enfonsaments, trencament o rebentament d'encofrats, fallades de intubacions.
- Contactes amb l'energia elèctrica (directes i indirectes), electrocucions, cremades.
- Cossos estranys en els ulls.
- Agressió per soroll i vibracions en tot el cos.

- Microclima laboral (fred-calor), agressió per radiació ultraviolada, infraroja.
- Agressió mecànica per projecció de partícules.
- Cops.
- Talls per objectes i/o eines.
- Incendi i explosions.
- Risc per sobre esforços musculars i mals gestos.
- Càrrega de treball física.
- Deficient il·luminació.
- Efecte psicofisiològic d'horaris i torns.

#### ***8.4.2.2 Mesures preventives de caràcter general***

S'establiran al llarg de l'obra rètols divulgatius i senyalització dels riscos (bolcada, atropellament, col·lisió, caiguda en altura, corrent elèctric, perill d'incendi, materials inflamables, prohibit fumar, etc), així com les mesures preventives previstes (ús obligatori del casc, ús obligatori de les botes de seguretat, ús obligatori de guants, ús obligatori de cinturó de seguretat, etc).

S'habilitaran zones o estades per a l'apilament de material i útils (ferralla, perfil·leria metàl·lica, peces prefabricades, material elèctric, etc).

Es procurarà que els treballs es realitzin en superfícies seques i netes, utilitzant els elements de protecció personal, fonamentalment calçat antilliscant reforçat per a protecció de cops en els peus, casc de protecció per al cap i cinturó de seguretat.

El transport aeri de materials i útils es farà suspenent-los des de dos punts mitjançant "eslingas", i es guiaran per tres operaris, dos d'ells guiaran la càrrega i el tercer ordenarà les maniobres.

El transport d'elements pesats es farà sobre carretó de mà i així evitar sobre esforços. Les bastides sobre borriquetes, per a treballs en altura, tindran sempre plataformes de treball d'amplària no inferior a 60 cm (3 taulons travats entre si), prohibint-se la formació de bastides mitjançant bidons, caixes de materials, banyeres, etc. S'estendran cables de seguretat amarrats a elements estructurals sòlids en els quals enganxar el mosquetó del cinturó de seguretat dels operaris encarregats de realitzar treballs en altura.

La distribució de màquines, equips i materials en els locals de treball serà d'adequada, delimitant les zones d'operació i pas, els espais destinats a llocs de treball, les separacions entre màquines i equips.

L'àrea de treball estarà a l'abast normal de la mà, sense necessitat d'executar moviments forçats.

Es vigilaran els esforços de torsió o de flexió del tronc, sobretot si el cos estan en posició inestable.

S'evitaran les distàncies massa grans d'elevació, descens o transport, així com un ritme massa alt de treball.

S'intentarà que la càrrega i el seu volum permetin agafar-la amb facilitat. Es recomana evitar els fangars, en prevenció d'accidents.

Es té que seleccionar l'eina correcta per al treball a realitzar, mantenint-la en bon estat i ús correcte d'aquesta. Després de realitzar les tasques, es guardaran en lloc segur. La il·luminació per a desenvolupar els oficis convenientment oscil·larà entorn dels 100 lux.

És convenient que els vestits estiguin configurats en diverses capes al comprendre entre elles quantitats d'aire que milloren l'aïllament al fred. Ocupació de guants, botes i orelleres. Es protegirà al treballador de vents mitjançant apantallaments i s'evitarà que la roba de treball es xopi de líquids evaporables.

Si el treballador patís estrès tèrmic es deuen modificar les condicions de treball, amb la finalitat de disminuir el seu esforç físic, millorar la circulació d'aire, apantallar el calor per radiació, dotar al treballador de vestimenta adequada (barret, ulleres de sol, cremes i locions solars), vigilar que la ingestió d'aigua tingui quantitats moderades de sal i establir descansos de recuperació si les solucions anteriors no són suficients. L'aportació alimentària calòrica ha de ser suficient per a compensar la despesa derivada de l'activitat i de les contraccions musculars.

Per evitar el contacte elèctric directe s'utilitzarà el sistema de separació per distància o allunyament de les parts actives fins una zona no accessible pel treballador, interposició d'obstacles i/o barreres (armaris per a quadres elèctrics, tapes per a interruptors, etc.) i recobriments o aïllament de les parts actives.

Per evitar el contacte elèctric indirecte s'utilitzarà el sistema de posta a terra de les masses (conductors de protecció, línies d'enllaç amb terra i elèctrodes artificials) i dispositius de tall per intensitat de defecte (interruptors diferencials de sensibilitat adequada a les condicions d'humitat i resistència de terra de la instal·lació provisional). Serà responsabilitat de l'empresari garantir que els primers auxilis puguin prestar-se en tot moment per personal amb la suficient formació per això.

#### *8.4.2.3 Mesures preventives de caràcter particular per a cada ofici*

##### **Moviment de terres. Excavació de pous i rases**

Abans de l'inici dels treballs, s'inspeccionarà el tall amb la finalitat de detectar possibles esquerdes o moviments del terreny.

Es prohibirà l'apilament de terres o de materials a menys de dos metres de la vora de l'excavació, per evitar sobrecàrregues i possibles bolcades del terreny, senyalitzant-se, a més, mitjançant una línia a aquesta distància de seguretat.

S'eliminaran tots els bols o viseres dels fronts de l'excavació que per la seva situació ofereixin el risc de despreniment.

La maquinària estarà dotada d'esglaons i agafador per a pujar o baixar de la cabina de control. No s'utilitzarà com suport per a pujar a la cabina les llantes, cobertes, cadenes i parafangs.

Els desplaçaments per l'interior de l'obra es realitzaran per camins senyalitzats. S'utilitzaran xarxes tibants o mallaç electrosoldat situades sobre els talussos, amb una solapa mínima de 2 m.

La circulació dels vehicles es realitzarà a un màxim d'aproximació a la vora de l'excavació no superior als 3 m. per a vehicles lleugers i de 4 m per a pesats. Es conservaran els camins de circulació interna cobrint sots, eliminant blandones compactant mitjançant "zahorras".

L'accés i sortida dels pous i rases s'efectuarà mitjançant una escala sòlida, ancorada en la part superior del pou, que estarà proveïda de sabates antilliscants.

Quan la profunditat del pou sigui igual o superior a 1,5 m., s'entaularà (o s'encamisarà) el perímetre en prevenció d'esfondraments.

S'efectuarà l'evacuació immediata de les aigües que afloren (o cauen) en l'interior de les rases, per evitar que s'alteri l'estabilitat dels talussos.

En presència de línies elèctriques en servei es tindran en compte les següents condicions:

- Es procedirà a sol·licitar de la companyia propietària de la línia elèctrica el tall de fluid i posta a terra dels cables, abans de realitzar els treballs.
- La línia elèctrica que afecta a l'obra serà desviada del seu actual traçat al límit marcat en els plànols. La distància de seguretat pel que fa a les línies elèctriques que creuen l'obra, queda fixada en 5 m., en zones accessibles durant la construcció.

Es prohibeix la utilització de qualsevol calçat que no sigui aïllant de l'electricitat en proximitat amb la línia elèctrica.

Es prohibeix el transport de personal fora de la cabina de conducció i/o en nombre superior als seients existents en l'interior.

Es regaran periòdicament els talls, les càrregues i caixes de camió, per evitar les polsegueres. Especialment si es deu conduir per vies públiques, carrers i carreteres. S'instal·larà, en la vora dels terraplens d'abocament, sòlids límits de limitació de recorregut per a l'abocament en reculada.

Es prohibeix la permanència de persones en un radi no inferior als 5 m. entorn de les compactadores i màquines d'apiconar en funcionament.

Els vehicles de compactació i piconat, aniran proveïts de cabina de seguretat de protecció en cas de bolcada.

### **Treballs amb ferralla, manipulació i posada en obra**

Els paquets de rodons s'emmagatzemaran en posició horitzontal sobre recolzaments de fusta capa a capa, evitant-se les altures de les piles superiors al 1'50 m.

S'efectuarà un escombrat diari de puntes, filferros i retallades de ferralla entorn del banc (o bancs, barriquetes) de treball.

Queda prohibit el transport aeri d'armadures de pilars en posició vertical. Es prohibeix grimpar per les armadures en qualsevol cas.

Es prohibeix el muntatge de cercols perimetrals, sense abans estar correctament instal·lades les xarxes de protecció.

S'evitarà, en tant que sigui possible, caminar pels profunds dels encofrats de jàsseres o bigues.

### **Treballs de manipulació del formigó**

S'instal·laran forts límits finals de recorregut dels camions formigonera, per evitar bolcades.

Es prohibeix apropar les rodes dels camions formigoneres a menys de 2 m. de la vora de l'excavació.

Es prohibeix carregar la galleda per sobre de la càrrega màxima admissible de la grua que el sustenta.

Es procurarà no copejar amb la galleda els encofrats, ni les intubacions. La canonada de la bomba de formigó, es donarà suport sobre cavallets, collant les parts susceptibles de moviment.

Per a vibrar el formigó des de posicions sobre la fonamentació que es formigona, s'establiran plataformes de treball mòbils formades per un mínim de tres taulons, que es disposaran perpendicularment a l'eix de la rasa o sabata.

### **Muntatge d'elements metàl·lics**

Els elements metàl·lics (bàculs, pals, etc) s'apilaran ordenadament sobre recolzaments de fusta de suport de càrregues, establint capes fins una altura no superior al 1'50 m.

Les operacions de soldadura en altura, es realitzaran des de l'interior d'una guíndola de soldador, proveïda d'una barana perimetral de 1 m. d'altura formada per

passamans, barra intermitja i rodapeu. El soldador, a més, lligarà el mosquetó del cinturó a un cable de seguretat, o a argolles soldades a aquest efecte en la perfileria.

Es prohibeix la permanència d'operaris dintre del radi d'acció de càrregues suspeses.

Es prohibeix la permanència d'operaris directament sota talls de soldadura.

L'ascens o descens, es realitzarà mitjançant una escala de mà proveïda de sabates antilliscants i ganxos que penguin i immobilitat amatents de tal forma que sobrepassin l'escala 1 m. l'altura de desembarcament.

El risc de caiguda a la buidor es cobrirà mitjançant la utilització de xarxes de safata.

### **Muntatge de prefabricats**

El risc de caiguda des d'altura, s'evitarà realitzant els treballs de recepció i instal·lació del prefabricat des de l'interior d'una plataforma de treball envoltada de baranes de 90 cm d'altura, formades per passamans, llistó intermedi i rodapeu de 15 cm., sobre bastides (metàl·lics, tubulars de barriquetes).

Es prohibeix treballar o romandre en llocs de trànsit de peces suspeses en prevenció del risc de desplom.

Els prefabricats s'apilaran en posició horitzontal sobre recolzaments disposats per capes de tal forma que no danyin els elements d'enganxament per al seu hissat.

Es paralarà la labor d'instal·lació dels prefabricats sota règim de vents superiors a 60 Km/h.

### **Ofici de paleta**

Els enderrocs i rebles s'evacuaran diàriament, per evitar el risc de trepitjades sobre materials.

### **Pintura i envernissats**

Es prohibeix emmagatzemar pintures susceptibles d'emanar vapors inflamables amb els recipients mal o incompletament tancats, per evitar accidents per generació d'atmosferes tòxiques o explosives.

Es prohibeix realitzar treballs de soldadura i oxitall en llocs pròxims als talls en els quals s'emprin pintures inflamables, per evitar el risc d'explosió o d'incendi.

S'extendran xarxes horitzontals subjectes a punts fermes de l'estructura, per evitar el risc de caiguda des d'altures.

Es prohibeix la connexió d'aparells de càrrega accionats elèctricament (ponts grua per exemple) durant les operacions de pintura de carrils, suports, límits, baranes, en prevenció d'atrapaments o caigudes d'altura.

### **Instal·lació elèctrica provisional d'obra**

El muntatge d'aparells elèctrics serà executat per personal especialista, en prevenció dels riscos per muntatges incorrectes.

El calibre o secció del cablatge serà sempre l'adequat per a la càrrega elèctrica que ha de suportar.

Els fils tindran la funda protectora aïllant sense defectes apreciables (rascades, repèls i assimilables). No s'admetran trams defectuosos.

La distribució general des del quadre general d'obra als quadres secundaris, s'efectuarà mitjançant mànega elèctrica antihumitat.

L'estesa dels cables i mànegues, s'efectuarà a una alçada mínima de 2 m. en els llocs per als vianants i de 5 m. en els de vehicles, amidats sobre el nivell del paviment.

Els entroncaments provisionals entre mànegues, s'executaran mitjançant connexions normalitzades estances antihumitat.

Les mànegues de l'allargadora per ser provisionals i de curta estada poden dur-se esteses pel sòl, però acostades als paraments verticals.

Els interruptors s'instal·laran en l'interior de caixes normalitzades, proveïdes de porta d'entrada amb pany de seguretat.

Els quadres elèctrics metàl·lics tindran la carcassa connectada a terra.

Els quadres elèctrics es penjaran pendants de taulers de fusta rebuts als paraments verticals o bé a "peu dret" fermes.

Les maniobres a executar en el quadre elèctric general s'efectuaran pujat a una banqueta de maniobra o catifa aïllant.

Els quadres elèctrics portaran preses de corrent per a connexions normalitzades blindades per a intempèrie.

La tensió sempre estarà en la clavilla "femella", mai en la "mascle", per evitar els contactes elèctrics directes.

Els interruptors diferencials s'instal·laran d'acord amb les següents sensibilitats: 300 mA alimentació a la maquinària 30 mA alimentació a la maquinària com a millora del nivell de seguretat. 30 mA per les instal·lacions elèctriques d'enllumenat.

Les parts metàl·liques de tot l'equip elèctric disposaran de presa de terra.

El neutre de la instal·lació estarà posat a terra.

El cable de presa de terra, sempre estarà identificat amb els colors verd – groc. Es prohibeix expressament utilitzar-lo per a d'altres usos.

La il·luminació mitjançant portàtils complirà la següent norma:

- Portalàmpades estanc de seguretat amb mànec aïllant, reixeta protectora de la bombeta dotada de ganxo que pengi a la paret, mànega antihumitat, clavilla de connexió normalitzada estanca de seguretat, alimentats a 24 V.
- La il·luminació dels talls se situarà a una altura entorn dels 2 m., amidats des de la superfície de suport dels operaris en el lloc de treball.
- La il·luminació dels talls, sempre que sigui possible, s'efectuarà creuada amb la finalitat de disminuir ombres.
- Les zones de passada de l'obra, estaran permanentment il·luminades evitant racons foscs.

No es permetrà les connexions a terra a través de conduccions d'aigua.

No es permetrà el trànsit de carretons i persones sobre mànegues elèctriques, poden pelar-se i produir accidents.

No es permetrà el trànsit sota línies elèctriques de les companyies amb elements longitudinals transportats a muscle (perxes, regles, escales de mà i assimilables). La inclinació de la peça pot arribar a produir el contacte elèctric.

#### **8.4.3 Disposicions específiques de seguretat i salut durant l'execució de les obres**

Quan en l'execució de l'obra intervingui més d'una empresa, o una empresa i treballadors autònoms o diversos treballadors autònoms, el promotor designarà un coordinador en matèria de seguretat i salut durant l'execució de l'obra, que serà un tècnic competent integrat en l'adreça facultativa.

Quan no sigui necessària la designació de coordinador, les funcions d'aquest seran assumides per l'adreça facultativa.

En aplicació de l'estudi bàsic de seguretat i salut, cada contractista elaborarà un pla de seguretat i salut en el treball en el qual s'analitzin, estudiïn, desenvolupin i completin les previsions contingudes en l'estudi desenvolupat en el projecte, en funció del seu propi sistema d'execució de l'obra.

Abans del començament dels treballs, el promotor haurà de efectuar un avís a l'autoritat laboral competent.

## **8.5 Disposicions mínimes de seguretat i salut relatives a la utilització dels treballadors d'equips de protecció individual**

### **8.5.1 Introducció**

La llei 31/1995, de 8 de novembre, de Prevenció de Riscos Laborals, determina el cos bàsic de garanties i responsabilitats precis per a establir un adequat nivell de protecció de la salut dels treballadors enfront dels riscos derivats de les condicions de treball.

Així són les normes de desenvolupament reglamentari les quals deuen fixar les mesures mínimes que deuen adoptar-se per a d'adequada protecció dels treballadors. Entre elles es troben les destinades a garantir la utilització dels treballadors en el treball d'equips de protecció individual que els protegeixin adequadament d'aquells riscos per a la seva salut o la seva seguretat que no puguin evitar-se o limitar-se suficientment mitjançant la utilització de mitjans de protecció col·lectiva o l'adopció de mesures d'organització en el treball.

### **8.5.2 Obligacions generals de l'empresari**

Farà obligatori l'ús dels equips de protecció individual que a continuació es desenvolupen.

#### **8.5.2.1 *Protectors del cap***

- Cascos de seguretat, no metàl·lics, classe N, aïllats per a baixa tensió, amb la finalitat de protegir als treballadors dels possibles xocs, impactes i contactes elèctrics.
- Protectors auditius acoblables als cascos de protecció.
- Ulleres de muntura universal contra impactes i antipols.
- Mascareta antipols amb filtres protectors.
- Pantalla de protecció per a soldadura autògena i elèctrica.

#### **8.5.2.2 *Protectors de mans i braços***

- Guants contra les agressions mecàniques (perforacions, talls, vibracions).
- Guants de goma fins, per a operaris que treballin amb formigó.
- Guants dielèctrics per a B.T.
- Guants de soldador.

- Canelleres.
- Mànec aïllant de protecció en les eines.

#### **8.5.2.3 *Protectors de peus i cames***

- Calçat proveït de sola i puntera de seguretat contra les agressions mecàniques.
- Botes dielèctriques per a B.T.
- Botes de protecció impermeables.
- Polaines de soldador.
- Genolleres.

#### **8.5.2.4 *Protectors de cos***

- Crema de protecció i pomades.
- Armilles, jaquetes i mandils de cuir per a protecció de les agressions mecàniques
- Vestit impermeable de treball.
- Cinturó de seguretat, de subjecció i caiguda, classe A.
- Faixes i cinturons antivibracions.
- Perxa de B.T.
- Banqueta aïllant classe I per a maniobra de B.T.
- Llanterna individual de situació.
- Comprovador de tensió.

El tècnic,

Tarragona, Juny de 2009

Marcel Gabriel Gracià  
Enginyer Tècnic Industrial