



Escola Politècnica Superior  
d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

# PROJECTE FI DE CARRERA

**TÍTOL: ELECTRIFICACIÓ I ESTUDI TÈRMIC PER REALITZAR UNA CASA SOSTENIBLE**

**AUTOR: JOSEP FRANCH PICÓ**

**TITULACIÓ: ENGINYERIA TÈCNICA INDUSTRIAL  
(ESPECIALITAT EN ELECTRICITAT)**

**DIRECTOR: JOSEP FONT I MATEU**

**DEPARTAMENT: ENGINYERIA ELÈCTRICA**

**DATA: 02 de juliol de 2012**

Aquest Projecte té en compte aspectes mediambientals:  Sí  No

## PROJECTE FI DE CARRERA

### RESUM (màxim 50 línies)

L'objectiu del projecte és aconseguir una vivenda sostenible, basada en la utilització d'energies renovables i en l'ús eficient de l'energia aconseguint un compromís amb l'aspecte econòmic.

Es defineixen les característiques de la vivenda, parcel·la, així com la seva ubicació.

S'ha realitzat un estudi i càlcul, dels elements elèctrics necessaris a utilitzar, així com la seva potència i s'han pogut determinar les previsions de càrrega. La previsió de càrrega s'ha realitzat tenint en compte el RBT, el CTE, el RITE i altre tipus de legislació vigent. Un cop trobades les previsions de càrrega s'han dibuixat uns plànols on en ells es dibuixaran tots els elements que componen la instal·lació.

L'estudi s'ha centrat en la realització d'aspectes sostenibles, ecològics i medi ambientals; com han sigut el càlcul i la producció de l'energia elèctrica necessària mitjançant panells solars fotovoltaics. Seguidament, s'ha centrat amb el tema del confort de la casa, realitzant el càlcul de les càrregues tèrmiques, tant en el tema de la calefacció que s'ha optat pel terra radiant, com en el subministrament de l'aigua calenta sanitària (ACS), les dues parts mitjançant panells solars tèrmics.

S'ha realitzat un estudi minucios per captar l'aigua de pluja en un dipòsit, la qual després es retornada a la instal·lació interior, per utilitzar-la en els llocs que no són d'ús de boca. Seguint el mateix procés, també s'ha realitzat un estudi per poder recollir i tractar les aigües residuals de la vivenda, tenint l'opció en un futur d'un reaprofitament d'aquesta aigua.

Cal destacar també que s'ha realitzat una valoració econòmica detallada de tots els punts tractats, i es compara l'estalvi econòmic que aporta un disseny sostenible.

Per concloure, s'ha efectuat un estudi d'impacte ambiental que compara la totalitat de l'energia elèctrica produïda pròpiament per l'edifici respecte la demanda energètica real. Amb l'objectiu de poder determinar que l'edifici és totalment autosuficient i la viabilitat per a la seva posterior aplicació. Un altre punt diferent de l'estalvi energètic que s'aconsegueix, és la disminució de les emissions de CO<sub>2</sub> aconseguides gràcies a la utilització d'aquestes instal·lacions sostenibles.

### Paraules clau (màxim 10):

Sostenible	Panell PV	Panell tèrmic	RBT
Autosuficient	Calefacció	Terra radiant	CTE
Eficiència	ACS		

# I. ÍNDEX GENERAL

I. Índex general .....	1
II. Memòria .....	2
III. Annexes .....	99
IV. Plànols .....	100
V. Plec de Condicions .....	101
VI. Estat de Mesuraments .....	123
VII. Pressupost .....	133
VIII. Estudis amb entitat pròpia .....	134

## II. Memòria

### ÍNDEX

1. Objectius i justificació de la memòria.....	6
1.2. Metodologia utilitzada per a la realització de la memòria .....	6
1.3. Estructura de la memòria .....	7
2. Dades de la memòria.....	9
2.1. Emplaçament .....	9
2.2. Descripció de la parcel·la.....	10
2.3. Descripció de la vivenda.....	10
2.4. Descripció de les dependències .....	12
3. Normes i referències.....	13
3.1. Disposicions legals i normes aplicades.....	13
3.2. Bibliografia .....	13
3.3. Programes de càlcul .....	15
4. Definicions i abreviatures.....	16
5. Instal·lació elèctrica.....	22
5.1. Objectiu.....	22
5.2. Potència total prevista per a la casa .....	22
5.3. Potència de l'habitatge (PH) .....	22
5.4. Subministrament, distribució i esquema de la instal·lació .....	22
5.5. Instal·lació d'enllaç.....	23
5.5.1. Escomesa.....	24
5.5.1.1. Tipus d'escomesa .....	24
5.5.2. Caixa General de Protecció (CGP).....	24
5.5.3. Ubicació de Comptadors (CC) .....	24
5.6. Derivació Individual (DI) .....	24
5.6.1. Dispositius Generals i individuals de Comandament i Protecció (DGCP) .....	25
5.6.2. Interruptor de Control de Potència (ICP) .....	25
5.6.3. Posada a terra o connexió a terra.....	25
5.7. Instal·lació interior .....	26
5.7.1. Caixa General de Dispositius de Comandament i Protecció (CGMP) .....	26
5.7.2. Conductors .....	26
5.7.3. Equilibrat de càrregues.....	26
5.7.4. Resistència d'aïllament i rigidesa elèctrica .....	27
5.8. Configuració de la instal·lació interior de la vivenda .....	27
5.8.1. Grau d'electrificació.....	27

5.8.1.1. Nombre i característiques dels circuits.....	27
5.8.2. Descripció de la instal·lació interior.....	30
5.9. Proteccions elèctriques.....	30
5.9.1. Instal·lació de posada a terra de la casa.....	31
5.9.2. Proteccions contra sobreintensitats .....	31
5.9.3. Protecció contra sobretensions .....	32
5.9.3.1. Categories de les sobretensions.....	32
5.9.3.2. Mesures per al control de les sobretensions .....	32
5.9.3.3. Selecció dels materials en la instal·lació .....	33
5.9.4. Protecció contra contactes directes i indirectes.....	33
5.9.4.1. Protecció contra contactes directes.....	33
5.9.4.1.1. Protecció per aïllament de les parts actives.....	33
5.9.4.1.2. Protecció per mitjà de barreres o embolcalls.....	33
5.9.4.1.3. Protecció complementària per dispositius de corrent diferencial-residual ..	33
5.9.4.2. Protecció contra contactes indirectes .....	34
6. Generació i estudi d'energia elèctrica .....	35
6.1. Fotovoltaica .....	35
6.1.1. Introducció a l'energia solar fotovoltaica.....	35
6.1.2. Descripció del sistema.....	35
6.1.3. Disseny del sistema .....	38
6.1.4. Dimensionat de la instal·lació fotovoltaica .....	38
6.1.5. Connexió dels mòduls fotovoltaics .....	42
6.1.5.1. Connexió en sèrie .....	42
6.1.5.2. Connexió en paral·lel.....	42
6.1.5.3. Tipus de connexió escollit.....	42
6.1.6. Distància mínima entre files de mòduls .....	43
6.1.7. Secció del cable dels mòduls fotovoltaics a l'inversor .....	43
6.1.8. Líquid solar .....	44
6.1.9. Proteccions .....	44
6.1.10. Comptadors per a connexió a xarxa .....	44
6.1.11. Advertències i riscos .....	44
6.1.12. Manteniment del generador fotovoltaic .....	45
7. Estudi tèrmic, proposta de generació i distribució .....	46
7.1. Càlcul de càrregues tèrmiques en calefacció .....	46
7.1.1. Objectiu.....	46
7.1.2. Condicions interiors de disseny.....	47
7.1.3. Condicions exteriors de disseny .....	48

7.1.4. Demanda calorífica d'un edifici .....	49
7.1.4.1. Avaluació de les pèrdues per transmissió ( $Q_T$ ).....	49
7.1.4.2. Avaluació de les pèrdues de calor per infiltracions d'aire o ventilació ( $Q_v$ ).....	50
7.1.4.3. Avaluació de les pèrdues de calor per suplementes ( $Q_s$ ) .....	52
7.1.4.3.1. Suplement per orientació ( $S_1$ ).....	52
7.1.4.3.2. Suplement per interrupció de servei ( $S_2$ ).....	53
7.1.4.3.3. Suplement per paret freda ( $S_3$ ) .....	53
7.1.4.4. Guanys gratuïts de calor ( $Q_a$ ) .....	54
7.1.4.4.1. Guanys de calor per aportació dels ocupants .....	54
7.1.4.4.2. Guanys de calor per il·luminació.....	54
7.1.4.4.3. Altres aportacions.....	54
7.3. Avaluació dels possibles sistemes de climatització .....	55
7.3.1. Condicions de confort .....	55
7.3.2. Sistemes de calefacció.....	56
7.3.2.1. Sistema de caldera amb radiadors d'aigua .....	56
7.3.2.2. Calefacció elèctrica .....	56
7.3.2.3. Calefacció per aire calent .....	56
7.3.2.4. Calefacció per bomba de calor aire-aire (multisplits) .....	57
7.3.2.5. Calefacció per terra radiant .....	57
7.3.3. Descripció dels diferents sistemes.....	57
7.4. Calefacció per terra radiant.....	59
7.4.1. Característiques .....	59
7.4.2. Fonts d'energia.....	59
7.4.3. Avantatges.....	60
7.4.4. Inconvenients .....	60
7.4.5. Estalvi energètic d'una calefacció amb terra radiant.....	60
7.4.6. Característiques constructives.....	62
7.4.7. Elements de la instal·lació .....	62
7.4.8. Tipus de circuits i les seves variants .....	65
7.4.9. Per què utilitzar el sistema de terra radiant .....	67
7.4.10. Localització dels col·lectors .....	68
7.4.11. Disseny de circuits .....	68
7.5. Aigua calenta sanitària (ACS) .....	68
7.5.1. Sistemes de producció d'aigua calenta.....	69
7.5.2. Obtenció d'ACS per mitjà de l'energia solar.....	70
7.5.3. Consideracions per a la determinació de la superfície de captació necessària .....	74
7.5.4. Regles i normes per a la instal·lació d'aigua calenta .....	74

7.5.5. Dimensionament de les instal·lacions d'aigua calenta.....	75
7.5.6. Producció d'ACS.....	78
8. Captació, depuració, tractament i aprofitament d'aigües .....	80
8.1. Objectiu.....	80
8.2. Aprofitament de les aigües pluvials.....	80
8.2.1. Objectiu .....	80
8.2.2. Descripció de la instal·lació .....	81
8.2.3. Instal·lació de captació de les aigües pluvials.....	81
8.2.4. Càlcul de les baixants d'aigües pluvials .....	82
8.2.5. Càlcul de peu de baixants d'aigües pluvials .....	82
8.2.6. Càlcul dels col·lectors d'aigües pluvials.....	83
8.2.7. Càlcul d'arquetes d'aigües pluvials .....	83
8.2.8. Profunditat de las arquetes d'aigües pluvials.....	83
8.2.9. Elecció del dipòsit d'aigües pluvials.....	84
8.2.10. Bomba recirculació aigües pluvials.....	86
8.3. Evacuació de les aigües residuals .....	86
8.3.1. Objectiu .....	86
8.3.2. Propietats de la instal·lació.....	86
8.3.3. Elements que componen la instal·lació.....	87
8.3.3.1. Elements de la xarxa d'evacuació .....	87
8.3.3.1.1. Tancaments hidràulics.....	87
8.3.3.1.2. Xarxes de petita evacuació .....	88
8.3.3.1.3. Baixants i canalons.....	88
8.3.3.1.4. Col·lectors .....	88
8.3.3.1.5. Elements de connexió.....	89
8.3.4. Disseny .....	89
8.3.5. Càlcul d'aigües residuals.....	89
8.3.6. Càlcul del diàmetre dels col·lectors d'aigües residuals .....	90
8.3.7. Càlcul de les arquetes d'aigües residuals .....	91
8.3.8. Profunditat de las arquetes d'aigües residuals.....	91
8.3.9. Elecció del dipòsit d'aigües residuals .....	91
8.3.9.1. Descripció del procés de tractament de l'aigua.....	91
8.3.9.2. Instal·lació de la fossa sèptica .....	92
9. Pressupost.....	93
10. Conclusions .....	94
11. Agraïments .....	96

## 1. Objectius i justificació de la memòria

Durant els últims anys, i com a conseqüència de l'augment en la preocupació pel medi ambient i el canvi climàtic degut a les emissions de gasos d'efecte hivernacle, s'està impulsant des de diferents fronts la introducció a la utilització d'energies renovables dins la nostra llar per poder aconseguir un nivell acceptable de sostenibilitat i gestió de l'energia, reduint així l'emissió d'aquests gasos nocius per al medi ambient. Amb aquesta iniciativa, es pretén que tothom participi i aporti el seu granet de sorra per poder reduir l'efecte del canvi climàtic. I és que el consum de la suma del sector residencial més el terciari suposa el 24% del consum total del país; segon, darrere del transport. Per tant ens hem de conscienciar que tots som part del problema i que tots podem ser part de la solució.

Aquestes diferents fonts que lluiten per a la sostenibilitat són:

- o Les noves normatives i reglaments tècnics de l'edificació
- o Les empreses fabricants i/o instal·ladores

Per una banda, les noves normatives i reglaments tècnics de l'edificació obliguen a dia d'avui a disposar d'un determinat percentatge de generació d'energia sostenible per al seu posterior aprofitament, com és en el cas de la producció d'aigua calenta sanitària (d'ara en endavant ACS) i a més a més poden arribar a donar subvencions per cobrir una part del cost de les instal·lacions renovables que quelcom decideixi introduir en la seva vivenda. I per l'altra banda, per mitjà de les empreses fabricants i/o instal·ladores, que veuen com aquest és el negoci del futur, a més a més, de fer-se una bona autopublicitat considerant que són unes empreses conscienciades amb la sostenibilitat i el medi ambient.

Dit això, una de les finalitats d'aquest projecte és fer la comparació de les tecnologies i innovacions que ha pensat i ha suggerit l'arquitecte pel tema d'aïllament i la de demostrar com una vivenda pot arribar a ser el màxim sostenible (no vol dir energèticament independent), millorant fins i tot en confort, i autosuficient ella mateixa mitjançant una inversió inicial que amb el pas dels anys acabarà sent amortitzada i fins i tot beneficiada econòmicament per la reducció del consum. Abans però, s'ha fet un estudi d'electrificació amb la seva distribució corresponent dels consums apropiats a la vivenda, així com el càlcul dels diferents circuits utilitzats en la instal·lació.

### 1.2. Metodologia utilitzada per a la realització de la memòria

El mètode de treball que s'ha utilitzat per a la creació d'aquest treball ha estat estructurat en 4 línies diferenciades cronològicament entre elles, i de forma successiva tenim:

o Investigació: aquest és el primer punt amb el qual s'ha començat per poder portar a terme aquest projecte. Es basa en la recerca d'informació podríem dir, inclús, de forma massiva i sempre intentant recopilar informació des de diferents referències i autors.

o Aprenentatge: una vegada acabada la investigació, és de vital importància ordenar tota la informació recopilada, seleccionar-la, estudiar-la, entendre-la i fer-se una idea interior de quines són les característiques bàsiques dels aspectes a treballar i que s'entenen com a essencials en el projecte.

o Realització de càlculs i disseny de plànols: una vegada sabut què i com s'ha de realitzar el projecte mitjançant l'aprenentatge, és hora de posar en pràctica tot el que s'ha après i aplicar-ho en el propi projecte mitjançant la realització de càlculs, plànols, com també esquemes, figures, etc. És la primera presa de contacte amb el projecte pròpiament dit, i una vegada acabada ha de poder mostrar les característiques i resultats generals que s'obtidran amb la finalització del projecte.



o Redacció: aquest punt és potser el més feixuc de tots, però si partim d'unes bones pautes del punt anterior facilitarà molt la feina. Podríem dir que és la posada a punt del projecte, on s'ha de posar en pràctica d'una forma ordenada, clara i senzilla tots els coneixements i càlculs adquirits en els punts anteriors per tal que el projecte en si pugui ser expressiu i faciliti la transmissió de les idees i resultats obtinguts per l'autor.

### 1.3. Estructura de la memòria

Per complir amb els objectius, aquesta memòria s'ha estructurat en 11 capítols:

- o En el primer capítol en el qual ens trobem, es detalla l'objectiu i justificació perquè s'ha escollit aquest tipus d'instal·lació; així com també la metodologia seguida a l'hora d'elaborar aquesta memòria i la seva estructura.
- o El segon capítol descriu totes les dades del projecte. L'emplaçament i les diferents descripcions de la parcel·la, vivenda i dependències. Serviran per poder entendre posteriorment els estudis i dimensionaments realitzats per aconseguir els objectius del projecte.
- o El tercer capítol fa referència a les normes utilitzades per a la redacció, aplicació i elaboració. També es fa constància de la bibliografia consultada i utilitzada, i dels programes informàtics utilitzats durant tot el procés d'elaboració de la memòria.
- o En el quart capítol, s'ha redactat un glossari de les definicions i abreviatures més importants i destacades en la redacció de la memòria.
- o A partir del cinquè capítol, es troben desenvolupats els requisits de disseny. Dins d'aquest punt es descriu la instal·lació elèctrica que necessita la vivenda incloent les mesures de protecció adients per al seu bon funcionament donant abast a totes les necessitats elèctriques i a possibles ampliacions de cara al futur.
- o El sisè capítol inclou la generació i producció d'energia elèctrica per mitjà de plaques fotovoltaïques. També s'anomenen els elements necessaris que s'han d'instal·lar per poder fer ús d'aquest tipus d'energia.
- o El setè capítol inclou tot l'estudi tèrmic de la vivenda determinant en primera instància la quantitat d'energia tèrmica que necessita la vivenda subdividint aquestes necessitats entre climatització i producció d'ACS. Tot seguit es valoraran diferents sistemes de climatització, obtenint una elecció que s'acomodi als objectius del projecte i a les necessitats requerides; i finalment, es valoraran diferents fonts de generació tèrmica que puguin proporcionar l'energia requerida amb l'elecció final que s'adeqüi bé amb el sistema de climatització escollit i la producció d'ACS. En el mateix capítol s'inclou un punt el que fa referència al sistema de calefacció escollit, que en aquest cas és el terra radiant. Així com les seves avantatges, característiques per a instal·lar aquest sistema, i condicions a tenir en compte.
- o En el vuitè capítol es parla de la captació, depuració, tractament, emmagatzematge i aprofitament de les aigües pluvials. Així com també del procés de captació i depuració de les aigües residuals.

- El novè capítol inclou la valoració econòmica requerida per a l'aplicació dels diferents sistemes i instal·lacions proposades al llarg del projecte, així com la cotització final obtinguda de la suma de totes les propostes.
- El desè capítol inclou les conclusions que, una vegada acabat el projecte, serviran per valorar d'una forma objectiva la consecució o no dels objectius inicials, com també la valoració sobre el projecte realitzat així com els coneixements, problemes, respostes, valoracions, etc., obtinguts durant el transcurs del projecte.
- En l'onzè capítol estan detallat els agraïments a les persones, que d'alguna manera m'han ajudat a que pogués realitzar aquest projecte, bé sigui amb la docència i consells dels professors, com de les persones que sempre han estat donat-me suport en tot moment.

## 2. Dades de la memòria

Aquí es descriuran breument les característiques bàsiques d'aquesta casa, què, conjuntament amb els plànols exposats, es podrà obtindre una idea clara i senzilla del que serà l'esquelet i la base de la memòria. Aquest apartat s'ha subdividit en quatre parts:

- o Emplaçament
- o Descripció de la parcel·la
- o Descripció de la casa
- o Descripció de les dependències

L'objectiu d'aquest apartat és únicament el de donar informació sobre els trets generals de la vivenda que tractarem durant tot el projecte d'una forma objectiva i sense entrar en qüestions tècniques ni energètiques.

### 2.1. Emplaçament

La vivenda en qüestió està situada al terme municipal de la ciutat de Roquetes, a la comarca del Baix Ebre, dins la província de Tarragona. Més concretament s'ubica al Camí del Barranc de l'Ós, núm. 7, Polígon 54, Parcel·la 135. En termes geogràfics aquesta parcel·la té com a coordenades: 40° 49' 23,18'' N de latitud i 0° 28' 55,22'' E de longitud.

Amb la següent imatge aèria extreta del Google Earth, es visualitza l'abast de la parcel·la, el contorn de la mateixa ha estat pintat de color blau.



Figura 1.1. Fotografia aèria i emplaçament de la parcel·la [4]

## 2.2. Descripció de la parcel·la

El desnivell de la parcel·la es pot menysprear, ja que és completament plana amb un lleuger pendent O-E. L'accés a la parcel·la no té cap dificultat, situada al finalitzar el camí d'accés a la urbanització. Compta amb una superfície total aproximada de 1575m<sup>2</sup> i s'emplaça a uns 68 metres per sobre del nivell del mar.

En les dues imatges següents es mostra el mapa topogràfic actual de la parcel·la i la segona imatge la posició respecte a Catalunya.

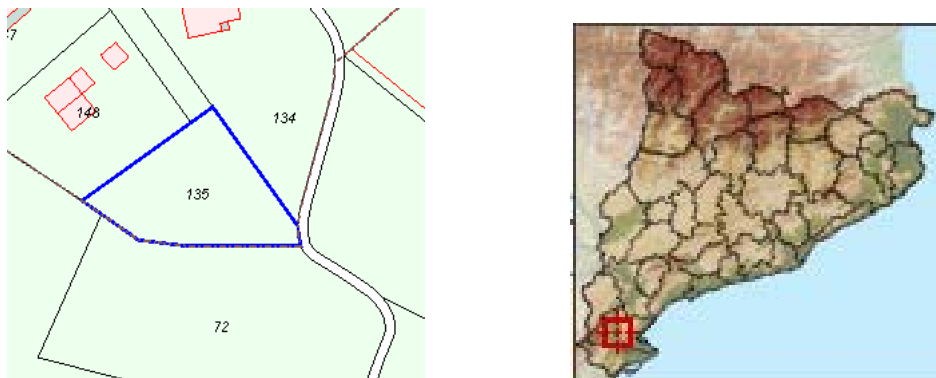


Figura 1.2. i 1.3. Mapa topogràfic i d'ubicació actual de la parcel·la respecte a Catalunya. [5]

## 2.3. Descripció de la vivenda

La casa consta d'una sola planta; la qual està formada per la vivenda i, adossat, s'ubica el garatge:

- Planta vivenda amb 142,5 m<sup>2</sup> de superfície construïda.
- Planta garatge amb 29,94 m<sup>2</sup> de superfície construïda.

Descripció de les dues parts principals de la casa:

- Garatge → és on estarà situat el pàrquing per als cotxes o vehicles en general. També es trobarà ubicat l'escalfador tèrmic i la rentadora.
- Vivenda → serà per ús de la família amb les següents estances: rebedor, distribuïdor, bany 01 i bany 02, habitació 01, habitació 02, habitació 03, estudi, cuina, menjador i porxo.

La teulada s'ha dissenyat amb forma plana, amb una capa de quitrà com aïllant de la humitat i pluja, uns rectangles de poliestirè expandit i un gruix de pedra aïllant [6].

Aquesta descripció de la vivenda s'ha pensat per a un ús quotidià d'una família de 4 integrants (matrimoni més dos fills), amb la possibilitat d'augmentar el nombre d'integrants en dies puntuals.

La part principal de la casa està orientada cap al nord-est.

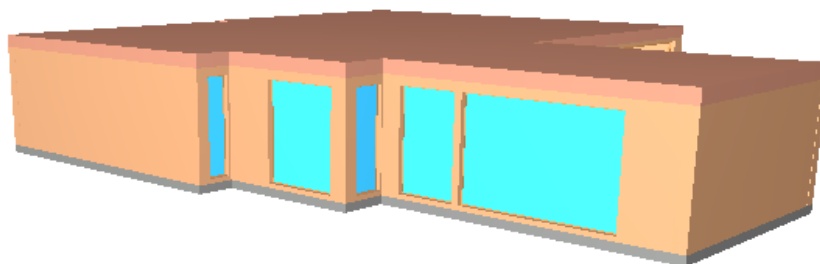
Tot seguit es mostren 5 vistes virtuals de la casa obtingudes del programa CYPE<sup>®</sup> que més endavant serà utilitzat per als càlculs de les càrregues tèrmiques. Aquestes vistes són:

o Nord – est:



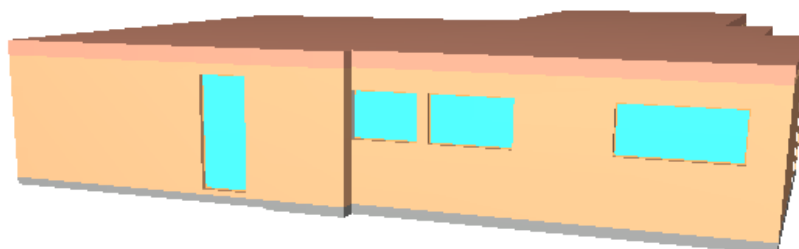
**Figura 1.4.1. Vista virtual Nord – est de la vivenda [3]**

o Sud – est:



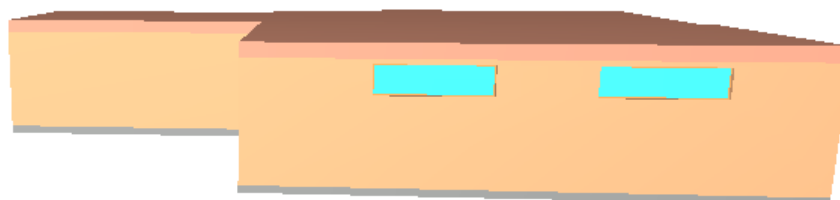
**Figura 1.4.2. Vista virtual Sud – est de la vivenda [3]**

o Sud – oest:



**Figura 1.4.3. Vista virtual Sud – oest de la vivenda [3]**

o Nord – oest:



**Figura 1.4.4. Vista virtual Nord – oest de la vivenda [3]**

- Alçat interior, vist des de l'est:

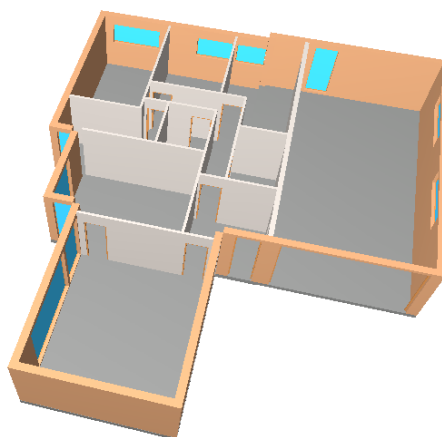


Figura 1.4.5. Vista virtual de la distribució de les estances [3]

## 2.4. Descripció de les dependències

L'ús de cada dependència i les seves característiques dimensionals s'indiquen en les següents taules:

- Planta vivenda:

Dependència	Ús	Alçada (m)	Superfície (m <sup>2</sup> )	Volum (m <sup>3</sup> )
Rebedor	Entrada i sortida de la casa	2,5	8,64	21,6
Distribuïdor	Facilitar la circulació entre les diferents estances	2,5	6,03	15,075
Menjador	Menjar àpats i descansar	2,5	29,40	73,5
Cuina	Preparar i menjar àpats	2,5	17,46	43,65
Estudi	Zona de treball	2,5	6,22	15,55
Habitació 01	Dormitori	2,5	11,92	29,8
Vestidor	Desar la roba i complements	2,5	2,40	9,5
Habitació 02	Dormitori per un fill	2,5	10,02	25,05
Habitació 03	Dormitori per un fill	2,5	14,56	36,4
Bany 01	WC, dutxa i lavabo	2,5	3,80	9,5
Bany 02	WC, banyera, bidet i lavabo	2,5	4,95	12,375
Porxo	Menjar àpats a la fresca	2,5	29,40	73,5

Taula 1.1. Dependències de la planta vivenda [6]

- Planta garatge:

Dependència	Ús	Alçada (m)	Superfície (m <sup>2</sup> )	Volum (m <sup>3</sup> )
Garatge Pàrquing de vehicles	Pàrquing de vehicles Ubicació rentadora i escalfador tèrmic	2,5	29,94	74,85

Taula 1.2. Dependències de la planta garatge [6]

## 3. Normes i referències

### 3.1. Disposicions legals i normes aplicades

UNE 157001 – “Criterios generales para la elaboración de proyectos”

UNE-100-011-91 – “Ventilación para una calidad aceptable de aire en la climatización de los locales”

UNE 100-014-84 – “Climatización. Bases para el proyecto. Condiciones exteriores de cálculo”

UNE 100.001-2001– “Climatización. Condiciones climáticas para proyectos”

ITC-BT-06 – “Redes aéreas para distribución en baja tensión”

ITC-BT-07 – “Redes subterráneas para distribución en baja tensión”

ITC-BT-011 – “Redes de distribución de energía eléctrica. Acometidas”

ITC-BT-013 – “Instalación de enlace Cajas Generales de Protección”

ITC-BT-015 – “Instalaciones de enlace Derivaciones Individuales”

ITC-BT-016 – “Instalaciones de enlace Contadores: ubicación y sistemas de instalación”

ITC-BT-017 – “Instalaciones de enlace dispositivos generales e individuales de mando y protección, Interruptor de Control de Potencia”

ITC-BT-018 – “Instalación de Puesta a Tierra”

Real Decreto 1751/1998 de 31 de julio, aprobación del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE) y se crea la Comisión Asesora para las Instalaciones Térmicas de los Edificios.

Real Decreto 47/2007 de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de edificios de nueva construcción.

Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto, aprobación del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT).

UNE-EN 94 002: 2004 “Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria: Cálculo de la demanda de energía térmica”.

UNE EN-ISO 9488:2001 “Energía solar. Vocabulario”

### 3.2. Bibliografia

[1] <http://ca.wikipedia.org>

[2] <http://dlc.iec.cat> : Institut d'Estudis Catalans. Diccionari de la llengua catalana

[3] <http://www.cype.es>

[4] *GoogleEarth*, programa informàtic de localització terrestre en coordenades

[5] <http://www.icc.cat> : Institut Cartogràfic de Catalunya

[6] Dades aportades pel despatx d'arquitectes de la casa

[7] *Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (RBT)*, Clara M<sup>a</sup> de la Fuente Rojo, Consuelo García Asensio, Thomson Editores Spain Paraninfo, S.A., ISBN: 84-283-2925-7

- [8] *Técnicas y Procesos en las Instalaciones Eléctricas de Media y Baja Tensión*, José Luis Sanz Serrano, José Carlos Toledano Gasca y Enrique Iglesias Álvarez, Thomson Editores Spain Paraninfo, S.A., Pàgines 142-160, ISBN: 84-9732-241-X
- [9] *Energía Solar. Energías alternativas y medio ambiente*, Lluís Jutglar, Ediciones CEAC, Año Edición 2004, ISBN: 8432910635
- [10] *Energía Solar Fotovoltaica*, Javier María Méndez Muñiz, Rafael Cuervo García, FC Editorial Fundación Confemetal, Año Edición: 2009, ISBN: 978-84-9273-577-8
- [11] *Instalaciones solares fotovoltaicas*, Miguel Moro Vallina, Editorial Thomson Editores Spain Paraninfo, ISBN: 9788497327763
- [12] <http://www.merkasol.com> : Productes per a l'energia fotovoltaica, tèrmica ACS, eòlica.
- [13] <http://www.meteo.cat> : Servei Meteorològic de Catalunya
- [14] <http://www.renovables-andalucia.com>
- [15] <http://www.radius-gefran.es>
- [16] *Manual de instalaciones de Calefacción por Agua Caliente*, Franco Martín Sánchez, 2<sup>a</sup> Edición. Año 2003, AMV Ediciones (A. Madrid Vicente, Ediciones) ISBN: 978-84-96709-15-7
- [17] *Cálculo y diseño de instalaciones de Energía Solar Térmica*. Centro Internacional de métodos numéricos en ingeniería. Madrid, 2003
- [18] *Calefacción y Refrescamiento por superficies radiantes*, Antonio Ortega Rodríguez, Editorial Thomson Editores Spain Paraninfo, Año 2001, ISBN: 9788428327411
- [19] Código Técnico de la Edificación (CTE)  
Documento básico HE. Ahorro energía. HE 4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria  
Documento básico HE. Salubridad. HS5 Evacuación de aguas
- [20] <http://www.gasnaturaldistribucion.com>
- [21] [http://www.fisicanet.com.ar/fisica/unidades/tb19\\_potencia.php](http://www.fisicanet.com.ar/fisica/unidades/tb19_potencia.php) : Unitats i mesures
- [22] <http://www.material-instalaciones.com/es/product/distribuidor-plastico-para-10-circuitos>
- [23] Catàleg “Sistemas de recuperación de Agua de lluvia”, empresa Graf Iberica de Girona 17003, [www.grafiberica.com](http://www.grafiberica.com)
- [24] Programa Censol 5.0
- [25] Catàleg “Suelo radiante, sistema Barbi”, empresa Industrial Blansol de Palau de Plegamans 08184, [www.barbi.es](http://www.barbi.es)
- [26] “Electrificación d’una unitat d’actuació municipal” Projecte de Final de Carrera, Albert Pascual Varela, febrer 2009
- [27] “Projecte de les instal·lacions d’un complex spa-gimnàs” Projecte Final de Carrera, Miguel Àngel Ramis Perelló, gener 2011



[28] “Casa Rural Sostenible” Projecte Final de Carrera, Alberto Arias Navarro, gener 2009

[29] <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/4743/3/article.pdf>

[30] <http://www.coac.net/mediambient/renovables/>

[31] <http://www.ener-g-invest.com/nuestros-socios-de-negocio/casos-de-exito/>

[32] <http://desenchufados.net/tarifas-electricas-en-el-2012/>

[33] <http://www.sorea.es/ESP/5956.asp>

[34] <http://www.alboraya.org/fulla/guias/Guia1.pdf>

[35] <http://www.smartinthegrid.com/post/emisiones-de-co2-equivalentes-de-la-generacion-electrica/>

[36] Informe tècnic instal·lació d'enllaç (ITI)

[37] [www.totagua.com](http://www.totagua.com) : Fossa sèptica

[38] <http://www.hergomalternative.com> : Caldera de pelet

<http://www.softcatala.org/traductor>

<http://www.prysmian.es> Cables elèctrics

<http://www.capsa.com.ni> Tub corrugat i flexibles

<http://www.hager.es> Material elèctric de protecció

### 3.3. Programes de càlcul

Office 2007, Autocad 2008, CYPE® i Censol 5.0.

## 4. Definicions i abreviatures

### A

---

- ACS → Aigua apta per al consum humà escalfada. Es fa servir en llars i edificis i és proporcionada per una instal·lació que rep el mateix nom. L'ús de l'Aigua Calenta Sanitària (ACS) és, en general, per a la neteja personal o d'utensilis. En termes energètics, l'ACS és una component important a tenir en compte, ja que representa entre un 25 i un 40% del consum energètic de les vivendes [1].
- Aigües pluvials → Aigües procedents de precipitació natural, bàsicament sense contaminar [1].
- Aigües residuals → Definició d'un tipus d'aigua que està contaminada amb substàncies fecals o orina, procedents dels aparells sanitaris comuns dels edificis, de les deixalles orgàniques humanes o animals. La seva importància és tal que requereix sistemes de canalització, tractament i desallotjament. El seu tractament nul o indegut genera greus problemes de contaminació [1].
- Aire exterior → Aire que entra en el sistema, procedent de l'exterior, abans de qualsevol tractament [16].
- Arquitectura sostenible → És la que té en compte l'impacte ambiental de tots els processos implicats en una vivenda, des dels materials de fabricació (obtenció que no produeix residus tòxics i augmenta la producció de CO<sub>2</sub>), les tècniques de construcció (que suposin una mínima deterioració ambiental), la ubicació de la vivenda i el seu impacte en l'entorn, el consum energètic de la mateixa i el seu impacte, fins el reciclatge de materials. Dóna la mateixa importància als factors ambientals, als factors econòmics i socials a l'hora de realitzar un habitatge [1].
- Autosuficient → Que es basta a si mateix [2].

### B

---

- Baixant → Conducte vertical de forma cilíndrica que condueix les aigües pluvials des dels embornals sifònics en coberta i els canalons, i l'aigua bruta dels aparells sanitaris (aigües residuals) des de les xarxes de petita evacuació i vàters fins a l'arqueta a peu de baixant, col·lector o claveguerons [1].

### C

---

- Caldera → És una màquina o aparell d'enginyeria que està dissenyat per generar vapor saturat. Una caldera és qualsevol aparell a pressió on la calor procedent de qualsevol font d'energia es transforma en energia utilitzable, mitjançant un mitjà de transport en fase líquida o vapor. Conjunt format pel cos de la caldera i el cremador [1].
- Calor latent → Energia requerida per una quantitat de substància per canviar de fase, de sòlid a líquid (calor de fusió) o de líquid a gasós (calor de vaporització). S'ha de tenir en compte que aquesta energia en forma de calor s'inverteix per al canvi de fase i no per a un augment de la

temperatura; per tant en canviar de gasós a líquid i de líquid a sòlid s'allibera la mateixa quantitat d'energia. És la quantitat de calor necessària per elevar 1 gram de massa 1°C de temperatura [1].

- Calor sensible → És aquella calor que rep un cos o un objecte i fa que augmenti la seva temperatura sense afectar la seva estructura molecular i per tant el seu estat. En general, s'ha observat experimentalment que la quantitat de calor necessària per escalfar o refredar un cos és directament proporcional a la massa del cos i a la diferència de temperatures [1].
- Càrregues elèctriques → És un propietat fonamental associada a les partícules subatòmiques que segueix la llei de conservació i determina el seu comportament davant les interaccions electromagnètiques. La interacció entre una càrrega en moviment i un camp electromagnètic és l'origen de la força electromagnètica [1].
- Cèl·lula solar o fotovoltaica → Dispositiu que transforma la radiació solar en energia elèctrica [19].
- Censolar 5.0<sup>®</sup> → Programa informàtic concebut inicialment com una eina de càlcul per realitzar de forma automàtica el dimensionament bàsic d'instal·lacions, tal com la funció bàsica de càlcul, l'estudi i anàlisi de l'aprofitament energètic de la radiació solar. És una eina d'indubtable valor i interès didàctic i professional [24].
- Climatització → És el procés mitjançant el qual es condiciona l'aire d'un espai (locals, vehicles, etc.) en controlar-ne la temperatura, i de vegades també la humitat [1].
- Código Técnico de la Edificación (CTE) → Conjunt principal de normatives que regulen la construcció d'edificis a Espanya. En ell s'estableixen els requisits bàsics de seguretat i habitabilitat de les construccions. Intervé en les fases de projecte, construcció, manteniment i conservació. Format per un conjunt de normatives, cadascuna es denomina “Document Bàsic”. Aquests es classifiquen en els dedicats a la seguretat i els dedicats a l'habitabilitat [1].
- Coeficient de conductivitat tèrmica → És la quantitat de calor, que passa en la unitat de temps a través de la unitat d'àrea, d'una mostra d'extensió infinita i cares planes-paral·leles i d'espessor unitat, quan s'estableix una diferència de temperatura entre les seves cares d'un grau [16].
- Coeficient de transmissió tèrmica global d'un edifici → És la mesura ponderada dels coeficients de transmissió de calor dels tancaments que engloben un edifici (K) [1].
- Coeficient global de pèrdues → Representa el flux energètic que circula a través de les parets i de les superfícies que delimiten l'habitatge, per unitat de temps i per cada grau centígrad de diferència entre la temperatura interior i exterior, i es pot calcular a partir del disseny de l'habitatge i dels materials emprats en la construcció [1].
- Coeficient de simultaneïtat → És el que correspon aplicar per raó de la no coincidència en el temps de les demandes màximes previstes per a cada instal·lació [1].
- Col·lector → Claveguera de grans dimensions que forma part de la xarxa de sanejament i té la funció de recollir les aigües de pluja i fecals que hi aboquen les clavegueres i destinat a distribuir un fluid cap a conduccions secundàries, conduir-les lluny de la població, cap a l'estació depuradora o cap al lloc del desguàs [1].
- Conductor elèctric → És un material físic que permet amb facilitat el trànsit de càrregues elèctriques pel seu interior. Els metalls (or, coure, plata, alumini, ferro, zinc, etc) són especialment bons conductors. En funció del tipus de càrrega que es mou es poden considerar

dos tipus de conductors: amb càrrega negativa, per tant es mouen els electrons, i els que porten càrrega positiva en forma de ions [1].

- Constant solar → Energia total rebuda del sol per unitat de superfície normal [16].
- Corrent de curtcircuit → Tot defecte provocat per un contacte entre conductors, o entre algun contacte i terra (o qualsevol element metàl·lic connectat a terra) [1].
- CYPE® → Programari tècnic per a càlcul d'estructures, instal·lacions d'edificis, gestió de la construcció, projectes d'enginyeria, etc. Aquest programa proporciona una base de dades de la majoria de poblacions espanyoles, on s'indiquen els paràmetres de la seva situació geogràfica, temperatures màximes i mínimes durant l'any, humitat relativa segons l'època de l'any i altres paràmetres [3].

## D

---

- Demanda tèrmica → Energia tèrmica necessària per climatitzar un espai; pot avaluar-se en unitat de temps (potència tèrmica) o un període de temps finit (d'hivern o d'estiu) [2].
- Demanda energètica → És l'energia necessària per mantenir a l'interior de l'edifici unes condicions de confort definides reglamentàriament en funció de l'ús de l'edifici i de la zona climàtica en la qual se situa. Es compon de la demanda energètica de calefacció, corresponents als mesos de la temporada de calefacció i de refrigeració respectivament [19].

## E

---

- Efecte Joule → És la manifestació tèrmica de la resistència elèctrica. Si per un conductor elèctric circula electricitat, part de l'energia cinètica dels electrons es transforma en calor degut al xoc que experimenten els electrons amb les molècules del conductor per on circulen, cosa que fa augmentar la temperatura del conductor [1].

## G

---

- Grau d'electrificació → És la càrrega màxima per vivenda. Depèn del grau d'utilització que es vulgui aconseguir. S'estableixen dos tipus: bàsica i elevada [1].

## H

---

- Humitat relativa → És la quantitat de vapor d'aigua present a l'aire. En el SI es pot expressar en percentatge de la humitat total que pot contenir l'aire a la temperatura a què ens trobem. Serveix com a mesura del confort ambiental [1].

---

## I

- Índex d'indumentària → Serveix per valorar l'aïllament que la indumentària (la roba o vestimenta més altres accessoris, com sabates o barrets) que les persones es posen per afrontar les inclemències del temps. Aquest índex serveix per valorar l'influx de la indumentària sobre les necessitats tèrmiques del cos humà davant les temperatures ambientals. Òbviament, com més abrigada sigui la indumentària, es requereix menor temperatura per a la comoditat [1].
- Índex metabòlic → S'utilitza en climatització per a aproximar-se a la sensació de comoditat tèrmica, avaluant la quantitat de calor que el cos humà necessita dissipar a l'ambient, segons l'activitat realitzada. El cos humà consumeix energia per al seu manteniment, i l'obté en la digestió dels aliments. L'òrgan encarregat de mantenir la temperatura interior del cos és la pell i ho fa dissipant més o menys calor, la qual cosa depèn de la producció de calor i de la temperatura de l'ambient [1].
- Inèrcia tèrmica → La inèrcia tèrmica és la capacitat que té la massa de conservar l'energia tèrmica rebuda i anar alliberant-la progressivament, disminuint d'aquesta forma la necessitat d'aportació de climatització. Depèn de la seva massa, la seva densitat i la seva calor específica. Edificis de gran inèrcia tèrmica tenen variacions tèrmiques més estables ja que la calor acumulada durant el dia s'allibera en el període nocturn, això vol dir que a major inèrcia tèrmica major estabilitat tèrmica [1].
- Instal·lació elèctrica de baixa tensió → D'acord amb el RBT, és qualsevol conjunt d'aparells i circuits associats en previsió d'un fi particular: producció, conversió, transformació, transmissió, distribució o utilització de l'energia elèctrica, de tensions nominals iguals o inferiors a 1.000 volts per a corrent altern i 1.500 volts per a corrent continu [1].
- Instal·lació solar fotovoltaica → Aquella que disposa de mòduls fotovoltaics per a la conversió directa de la radiació solar en energia elèctrica, sense cap pas intermig [19].
- Irradiància solar → Potència radiant incident per unitat de superfície sobre un pla. S'expressa en  $\text{KW/m}^2$  [19].
- Irradiació solar → Energia incident per unitat de superfície sobre un pla dau, obtinguda per integració de la irradiància durant un interval de temps donat, normalment una hora o un dia [19].
- Informe tècnic instal·lació d'enllaç (ITI) → Document que, basat en la present Norma Tècnica Particular, detalla les característiques elèctriques essencials al fet que han d'ajustar-se el projecte i la realització de les instal·lacions d'enllaç [36].

---

## N

- Nivell percentil → Percentatge de nombre d'hores dels mesos que defineixen les estacions d'hivern i estiu, durant les quals les temperatures indicades són iguals o superiors a la de referència (s'expressa en %) [16].

---

## P

- Panell solar fotovoltaic → Dispositiu dissenyat per absorbir la radiació solar i transmetre l'energia tèrmica així produïda a un fluid de treball que circula pel seu interior [19].

- Pont tèrmic → És la part d'un tancament, amb una resistència tèrmica inferior a la resta del mateix i, com a conseqüència, de temperatura també inferior [16].

## R

---

- Radiadors → És un tipus d'emissor de calor, la seva funció és intercanviar calor del sistema de calefacció per cedir-lo a l'ambient, i és un dispositiu sense parts mòbils ni producció de calor. Forma part de les instal·lacions centralitzades de calefacció [1].

- Reglament Electrotècnic per a Baixa Tensió (REBT) → També conegut com a RBT, és el reglament de caràcter tècnic de seguretat industrial que recull el conjunt d'especificacions tècniques relatives al marc normatiu en el camp de les instal·lacions elèctriques de baixa tensió i estableix les condicions tècniques i garanties que han de complir aquestes instal·lacions [1].

- Regulador de càrrega → Dispositiu encarregat de protegir la bateria enfront de sobrecàrregues sobtades [1].

- Rigidesa dielèctrica → O també anomenada *rigidesa electrostàtica*, és el valor límit de la intensitat del camp elèctric en el que un material perd la seva propietat aïllant i passa a ser conductor. Es mesura en volts per metre V/m (al SI). També pot definir-se com la màxima tensió que pot suportar un aïllant sense perforar-se [1].

- “Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios y sus Instrucciones Técnicas complementarias (RITE)” → El Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques als Edificis (RITE), estableix les condicions que han de complir les instal·lacions destinades a atendre la demanda de benestar tèrmic i higiene a través de les instal·lacions de calefacció, climatització i aigua calenta sanitària, per aconseguir un ús racional de l'energia [1].

## S

---

- Semiconductor → És un material que es comporta com un aïllant a molt baixa temperatura, però que presenta certa conductivitat elèctrica a temperatura ambient éssent possible de controlar aquesta conductivitat per mitjà de l'addició d'impureses. Els semiconductors presenten una resistivitat elèctrica a mig camí entre la dels conductors i la dels aïllants, i aquesta resistivitat pot variar amb la presència d'un camp elèctric extern [1].

- Sensació tèrmica → És la sensació aparent que les persones tenen en funció dels paràmetres que determinen l'ambient en el qual es mouen [1].

- Sostenible → Que es pot mantenir indefinidament, especialment sense afectar l'equilibri ecològic. La definició tècnica i oficial, pot ser "satisfer les necessitats de la generació actual sense comprometre la capacitat per satisfer les necessitats de les generacions futures" [1].

---

## T

---

- Temperatura seca → La temperatura seca de l'aire o simplement temperatura seca, és la temperatura de l'aire, prescindint de la radiació calorífica dels objectes que envolten aquest ambient i dels efectes de la humitat relativa i de la velocitat de l'aire. La temperatura seca és la temperatura que mesurem amb un termòmetre de manera habitual [1].
- Transmissió tèrmica → És el flux de calor, en règim estacionari, dividit per l'àrea i per la diferència de temperatures dels mitjans situats a cada costat de l'element que es considera [19].

---

## V

---

Velocitat del vent → Velocitat mitjana escalar, del vent dominant, en una adreça definida, al llarg d'un any [16].

## 5. Instal·lació elèctrica

### 5.1. Objectiu

L'objectiu d'aquest apartat és l'estudi, disseny i càlcul de la instal·lació elèctrica de baixa tensió de la casa. Té com a finalitat l'execució i posada en servei de la instal·lació elèctrica que haurà d'alimentar la vivenda, així com també les mesures de seguretat pertinents.

La proposta s'elaborarà de manera que es garanteixi el confort global i la qualitat de vida dels ocupants, així com la racionalització energètica de la casa. S'hauran de tenir en compte les càrregues elèctriques pròpies de la casa.

### 5.2. Potència total prevista per a la casa

Les necessitats elèctriques s'han calculat segon el “*Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión*” (en endavant RBT) vigent i les seves Instruccions Tècniques. Aquest ens indica la potència que cal preveure per a l'habitatge.

El subministrament d'energia elèctrica l'efectuarà l'empresa Endesa Energía S.A., i es compliran les característiques de la ITI corresponent, des de la seva xarxa general fins a la caixa general de protecció. La tensió a subministrar serà de 400V entre fases, i 230V entre fase i neutre [7].

Aquesta informació, també es pot consultar a l'arxiu “1. Documents elèctrics”; que es troba a l'Annex II. Documentació informativa adicional” [36].

### 5.3. Potència de l'habitatge (PH)

En el cas dels habitatges, la potència a preveure varia en funció del grau d'electrificació de la vivenda, que pot ser bàsic o elevat. Aquest grau d'electrificació ve donat per la superfície, la quantitat i el tipus d'aparells elèctrics. En el nostre projecte, haurà de ser elevat ja que partim del condicionant de que la superfície és més elevada de 160 m<sup>2</sup>, a més de disposar de circuits addicionals en C1, C2 i C5.

Així doncs, segons la instrucció ITC-BT-10 del RBT, per tal de garantir la connexió i utilització segura dels receptors usats, s'ha de considerar un grau d'electrificació elevat amb una previsió de potència mínima de 9200W.

Segons l'Empresa subministradora, per aquest esglaió de potència el calibre de l'Interruptor General Automàtic (IGA), serà de 40A. Aquesta informació també es pot consultar a l'arxiu “1. Documents elèctrics”; que es troba a l'Annex II. Documentació informativa adicional” [36].

Tenint únicament una vivenda i aplicant el coeficient de simultaneïtat que ens facilita el reglament, en la instrucció ITC-BT-10, que és d'1; s'obté una potència total mínima de 9200W [7].

### 5.4. Subministrament, distribució i esquema de la instal·lació

La contractació es realitzarà en la modalitat de baixa tensió amb corrent altern trifàsic, a la tensió 230/400V R, S, T + N, amb una freqüència de 50Hz. El valor màxim del corrent de curtcircuit de la xarxa de baixa tensió serà (230/400) 10kA. Aquesta informació també es pot consultar a l'arxiu “2.1. Documents elèctrics”; que es troba a l'Annex II. Documentació informativa adicional” [36].

L'esquema de distribució serà TT. Té un punt d'alimentació, generalment el neutre o compensador, connectat directament a terra. Les masses de la instal·lació receptora estan connectades a una presa de terra separada de la presa de terra de l'alimentació:



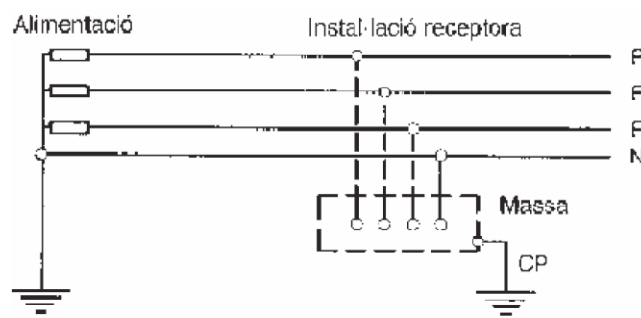


Figura 5.1. Esquema de distribució tipus TT. ITC-BT-08 [7]

## 5.5. Instal·lació d'enllaç

Es denominen instal·lacions d'enllaç aquelles que uneixen la Caixa General de Protecció (CGP) amb les instal·lacions interiors o receptores de l'usuari.

Començaran, per tant, en el final de l'escomesa i finalitzaran en els dispositius generals de comandament i protecció.

Aquestes instal·lacions se situaran i recorreran sempre per llocs d'ús comú i quedaran a propietat de l'usuari, que es responsabilitzarà de la seva conservació i manteniment.

Parts que constitueixen la instal·lació d'enllaç:

- Escomesa (és propietat de l'empresa subministradora)
- Caixa General de Protecció (CGP)
- Línea General d'Alimentació (LGA)
- Elements per a la Ubicació de Comptadors (CC)
- Derivació Individual (DI)
- Caixa per a l'Interruptor de Control de Potència (ICP)
- Caixa General de Dispositius de Comandament i Protecció (CGMP). Aquesta ja forma part de la instal·lació interior privada de l'usuari.

En aquest cas, al tractar-se d'un sol usuari; llavors es poden simplificar la instal·lació d'enllaç al coincidir en el mateix lloc la Caixa General de Protecció (CGP) i la situació de l'equip de mesura (CC) i per tant no existeix la Línea General d'Alimentació (LGA). En conseqüència, el fusible de seguretat, instal·lat després de l'escomesa, coincideix amb el fusible de la CGP [8].

A continuació, es reflecteix l'esquema simplificat de la instal·lació d'enllaç.

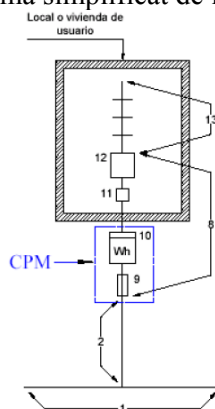


Figura 5.2. Esquema de la instal·lació d'enllaç per a un usuari [7]

### 5.5.1. Escomesa

És part de la instal·lació de la xarxa de distribució, que alimenta la Caixa de Protecció i Mesura (en endavant CPM). Els conductors seran de coure o alumini. Aquesta línia ha de complir les instruccions ITC-BT-11, 06 i 07 [8].

#### 5.5.1.1. Tipus d'escomesa

Atenent al seu traçat, al sistema d'instal·lació i a les característiques de la xarxa, les escomeses podran ser:

TIPUS	SISTEMA D'INSTAL·LACIÓ
Aèries	Posada sobre façana
	Tibada sobre pal
Subterrànies	Amb entrada i sortida
	En derivació
Mixtes	Aèria-subterrània

**Taula 5.1. Tipus d'escomesa en funció del sistema d'instal·lació [7]**

En el nostre cas es fa servir el tipus “aèria - posada sobre façana”. Els cables instal·lats sobre la façana seran aïllats de tensió assignada 0,6/1KV. La instal·lació d'aquests cables és competència de l'empresa subministradora [7].

Aquesta informació també es pot consultar a l'arxiu “1. Documents elèctrics”; que es troba a l'Annex II. Documentació informativa addicional” [36].

### 5.5.2. Caixa General de Protecció (CGP)

És la caixa, on qual s'allotgen els elements de protecció de les LGA. Marca el límit de propietat entre l'empresa elèctrica i l'usuari.

Per a un sol abonat en distribució monofàsica, la caixa té una capacitat per a 100A. Es denomina esquema 1 o CGP 1.

Per complir les característiques, veure els requisits necessaris i normes, es farà ús de la instrucció ITC-BT-13 [8].

### 5.5.3. Ubicació de Comptadors (CC)

Es defineix com el conjunt d'equips de mesura, que estan situats en un mateix local o emplaçament, i col·locats en mòduls prefabricats. Estan alimentats per una mateixa LGA. Hauran de permetre de forma directa la lectura dels comptadors i interruptors horaris, així com la de la resta de dispositius de mesura, quan així calgui. Les parts transparents que permeten la lectura directa hauran de ser resistents als rajos ultraviolats.

Per a la col·locació d'aquest, es farà ús de la Caixa de Protecció i Mesura, del tipus i característiques indicats en l'apartat 2 de la instrucció ITC MIE-BT-13.

Per complir les característiques, veure els requisits necessaris i normes, es farà ús de la instrucció ITC-BT-16 [7].

## 5.6. Derivació Individual (DI)

És la part de la instal·lació que, partint de la LGA, subministra energia elèctrica a la instal·lació de l'usuari.

S'inicia en l'embarat general i comprèn els fusibles de seguretat, el conjunt de mesura i els dispositius generals de comandament i protecció.

La derivació individual estarà constituïda per conductors aïllats en l'interior de tubs enterrats. L'aïllament dels quals serà tensió assignada 0,6/1KV.

Per complir les característiques, veure els requisits necessaris i normes, es farà ús de la instrucció ITC-BT-15 [8].

### **5.6.1. Dispositius Generals i individuals de Comandament i Protecció (DGCP)**

Els dispositius generals de comandament i protecció se situaran el més prop possible del punt d'entrada de la DI. Es col·locarà una caixa per a l'Interruptor de Control de Potència (ICP), immediatament abans dels altres dispositius, en compartiment independent i precintable. Aquesta caixa es podrà col·locar en el mateix quadre on es col·loquin els DGCP.

L'altura a la qual se situaran els dispositius generals i individuals de comandament i protecció dels circuits, mesurada des del nivell del sòl, estarà compresa entre 1 i 2 m.

Per complir les característiques, veure els requisits necessaris i normes, es farà ús de la instrucció ITC-BT-17 [8].

### **5.6.2. Interruptor de Control de Potència (ICP)**

L'interruptor de control de Potència és un element de mesura, en forma d'interruptor magnetotèrmic, que s'instal·la d'acord amb la potència contractada en el cas que el client vulgui limitar la seva potència mitjançant un sistema fix.

Els dispositius generals de comandament i protecció se situaran el més a prop possible del punt d'entrada de la DI en l'habitatge de l'usuari.

S'haurà de preveure ubicar els DGCP al costat de la porta d'entrada, i no podran instal·lar-se en dormitoris, banys, etc.

Els DGCP seran, com a mínim;

- Un interruptor general automàtic de tall omnipolar (IGA), que permeti el seu accionament manual i que estigui dotat d'elements de protecció contra sobrecàrregues i curtcircuits. Aquest interruptor serà independent de l'ICP.
- Un interruptor diferencial general, destinat a la protecció contra contactes indirectes de tots els circuits; excepte que la protecció contra contactes s'efectuï mitjançant altres dispositius d'acord a la instrucció ITC-BT-24
- Dispositiu de tall omnipolar, destinats a la protecció contra sobrecàrregues i curtcircuits de cadascun dels circuits interiors de l'habitatge.

El ICP de tall omnipolar tindrà un poder de tall suficient per a la intensitat de curtcircuit que pugui produir-se en el punt de la seva instal·lació, de 4500A com a mínim. Aquesta informació també es pot consultar a l'arxiu "1. Documents elèctrics"; que es troba a l'"Annex II. Documentació informativa addicional" [36].

Per complir les característiques, veure els requisits necessaris i normes, es farà ús de la instrucció ITC-BT-17 [8].

### **5.6.3. Posada a terra o connexió a terra**

Les posades a terra s'estableixen principalment a fi de limitar la tensió que, pel que fa a terra, puguin presentar en un moment donat les masses metàl·liques, assegurar l'actuació de les proteccions i eliminar o disminuir el risc que suposa una avaria en els materials elèctrics utilitzats.

La posada o connexió a terra és la unió elèctrica directa, sense fusibles ni altra protecció, d'una part del circuit elèctric o d'una part conductora no pertanyent al mateix mitjançant una presa de terra amb un elèctrode o grups d'elèctrodes enterrats en el sòl.

Les disposicions de posada a terra poden ser utilitzades alhora o separatament, per raons de protecció o raons funcionals, segons les preinscripcions de la instal·lació.

Per complir les característiques, veure els requisits necessaris i normes, es farà ús de la instrucció ITC-BT-18 [7].

## 5.7. Instal·lació interior

És la part de la instal·lació elèctrica, propietat de l'usuari, que partint del quadre general de comandament i protecció enllaça amb tots els receptors fonamentals a través de punts de llum i preses de corrent.

Les tensions d'utilització en corrent altern no seran superiors a 250V en relació amb terra, i els conductors utilitzats en la instal·lació interior seran rígids o flexibles, de coure o alumini i seran sempre aïllats.

### 5.7.1. Caixa General de Dispositius de Comandament i Protecció (CGMP)

És l'element de la instal·lació que allotja tots els elements de seguretat, de protecció i control de la vivenda. Es col·loca al principi de la instal·lació interior després de la de caixa del ICP, i el més a prop possible de l'entrada a la casa.

En el nostre cas està compost per:

Descripció	Quantitat	Valor
IGA	1	40A
Interrupctor diferencial	2	40A – 30mA
PIA	2	10A
PIA	4	16A
PIA	3	20A
PIA	1	25A
Borns de protecció		

Taula 5.2. Tipus d'escomesa en funció del sistema d'instal·lació [7]

### 5.7.2. Conductors

La secció dels conductors a utilitzar es determinarà de manera que la caiguda de tensió (c.d.t.) entre l'origen de la instal·lació, i qualsevol punt d'utilització sigui, excepte el prescrit en les Instruccions Particulars, menor del 3% de la tensió nominal per a qualsevol circuit interior d'habitatges.

La identificació de conductors es realitzarà mitjançant el color dels seus aïllants, segons instrucció vigent (ITC-BT-19, apartat 2.2.4). Els conductors de la instal·lació han de ser fàcilment identificables, especialment pel que respecta al conductor neutre i al conductor de protecció. Quan existeixi conductor neutre en la instal·lació o es prevegui per un conductor de fase el seu pas posterior a conductor neutre, s'identificaran aquests pel color blau clar. Al conductor de protecció se l'identificarà pel color verd-groc. Tots els conductors de fase, o en el seu cas, aquells pels que no es prevegui el seu pas posterior a neutre, s'identificaran pels colors negre o marró.

	Fase (R)	Fase (S)	Fase (T)	Neutre	Protecció
Monofàsic	Negre	no	no	Blau clar	Verd-Groc

Taula 5.3. Identificació dels conductors, segons els seus colors corresponents [7]

### 5.7.3. Equilibrat de càrregues

Perquè es mantingui el major equilibri possible entre la càrrega dels conductors que formen part d'una instal·lació, es procurarà que aquella quedi repartida entre les seves fases o conductors polars.

### 5.7.4. Resistència d'aïllament i rigidesa elèctrica

Les instal·lacions haurien de presentar una resistència d'aïllament almenys igual als valors indicats en la següent taula:

Tensió nominal instal·lació	Tensió assaig corrent continu(V)	Resistència d'aïllament (MΩ)
MBTS o MBTP	250	≥0,25
≤500V	500	≥0,50
>500V	1000	≥1,00

**Taula 5.4. Resistències d'aïllament mínimes [7]**

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.

Per complir les característiques, veure els requisits necessaris i normes, es farà ús de la instrucció ITC-BT-19.

## 5.8. Configuració de la instal·lació interior de la vivenda

En aquest apartat tractarem la instal·lació interior de l'habitatge projectat.

### 5.8.1. Grau d'electrificació

El primer pas en el disseny de la instal·lació elèctrica d'una vivenda o habitatge, és determinar el seu grau d'electrificació. El procediment per calcular aquest grau, és pot observar a la taula “5.5. Característiques elèctriques dels circuits de la vivenda”.

El Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió vigent estipula que serà d'electrificació elevada quan sigui obligatori instal·lar més d'un circuit dels de l'electrificació bàsica (que són els 5 circuits primers), o amb superfícies útils dels habitatges superiors a 160m<sup>2</sup>.

En la taula 5.6., els resultats obtinguts després de el sumatori de tota la potència necessària, el nombre total dels elements necessaris, el càlcul de la intensitat, la secció mínima corresponent, el interruptor automàtic exigut i el tub necessari a instal·lar; per cada un dels 8 circuits de la casa.

#### 5.8.1.1. Nombre i característiques dels circuits

Descripció dels circuits

- C1: Circuit de distribució interna, destinat a alimentar els punts d'il·luminació.
- C2: Circuit de distribució interna, destinat a preses d'ús general i frigorífic.
- C3: Circuit de distribució interna, destinat a alimentar la cuina i el forn.
- C4: Circuit de distribució interna, destinat a alimentar la rentadora, el rentavaixelles i l'escalfador elèctric.
- C5: Circuit de distribució interna, destinat a alimentar preses del bany i lavabo, i també les preses auxiliars de la cuina.
- C6: Circuit de distribució interna, adicional del tipus C1.
- C7: Circuit de distribució interna, adicional del tipus C2.
- C12: Circuit de distribució interna, adicional del tipus C5.

Estància	Circuit	Tipus	Unitats	Potència unitat (W)	Potència prevista (W)	Factor simultaneïtat (Fs)	Factor d'utilització (Fu)	Potència total (W)
Rebedor	C6	Il·luminació	2	200	400	0,75	0,5	150
	C7	Endolls	2	3450	6900	0,2	0,25	345
Distribuïdor	C6	Il·luminació	4	200	800	0,75	0,5	300
	C2	Endolls	3	3450	10350	0,2	0,25	517,5
Bany 02	C1	Il·luminació	3	200	600	0,75	0,5	225
	C5	Endolls	3	3450	10350	0,4	0,5	2070
Habitació 01	C1	Il·luminació	4	200	800	0,75	0,5	800,38
	C2	Endolls	3	3450	10350	0,2	0,25	517,5
Habitació 02	C6	Il·luminació	3	200	600	0,75	0,5	225
	C2	Endolls	3	3450	10350	0,2	0,25	517,5
Habitació 03	C6	Il·luminació	4	200	800	0,75	0,5	300
	C2	Endolls	4	3450	13800	0,2	0,25	690
Estudi	C6	Il·luminació	2	200	400	0,75	0,5	150
	C7	Endolls	5	3450	17250	0,2	0,25	862,5
Bany 01	C1	Il·luminació	3	200	600	0,75	0,5	225
	C5	Endolls	3	3450	10350	0,4	0,5	2070
Cuina	C6	Il·luminació	3	200	600	0,75	0,5	225
	C7	Endolls	3	3450	17250	0,2	0,25	862,5
	C3	Forn	1	5400	5400	0,5	0,75	2025
	C3	Cuina elèctrica	1	5400	5400	0,5	0,75	2025
	C4	Rentavaixelles	1	3450	3450	0,66	0,75	1707,75
	C12	Endolls	3	3450	10350	0,4	0,5	2070
Menjador	C6	Il·luminació	4	200	800	0,75	0,5	300
	C7	Endolls	5	3450	17250	0,2	0,25	862,5
Garatge	C1	Il·luminació	4	200	800	0,75	0,5	300
	C2	Endolls	5	3450	6900	0,2	0,25	345
	C4	Rentadora, escalfador tèrmic	2	3450	6900	0,66	0,75	3415,5
Porxo	C6	Il·luminació	3	200	600	0,75	0,5	225
Exterior	C1	Il·luminació	10	200	2000	0,75	0,5	750

<b>TOTAL</b>	<b>25078,63</b>
--------------	-----------------

Taula 5.5. Característiques elèctriques dels circuits de la vivenda [7]

Circuits	Potència (W)	Nº elements	I (A)	Secció mínima (mm <sup>2</sup> )
C1	2300,38	24	10	2x1,5mm <sup>2</sup> + 1,5mm <sup>2</sup>
C2	2587,5	18	11,3	2x2,5mm <sup>2</sup> + 2,5mm <sup>2</sup>
C3	4050	2	17,6	2x6mm <sup>2</sup> + 6mm <sup>2</sup>
C4	5123,25	3	22,3	2x4mm <sup>2</sup> + 4mm <sup>2</sup>
C5	4140	6	18	2x2,5mm <sup>2</sup> + 2,5mm <sup>2</sup>
C6	1875	25	8,2	2x1,5mm <sup>2</sup> + 1,5mm <sup>2</sup>
C7	2932,5	15	12,8	2x2,5mm <sup>2</sup> + 2,5mm <sup>2</sup>
C12	2070	3	9	2x2,5mm <sup>2</sup> + 2,5mm <sup>2</sup>

Interruptor automàtic (A)	I admissible	Tub o conducte diàmetre (mm)
10	15	16
16	21	20
25	36	25
20	27	20
16	21	20
10	15	16
16	21	20
16	21	20

**Taula 5.6. Càlculs necessaris per a cada circuit independent de la casa [7]**

En el nostre cas, i tal com es mostra en els plànols adjunts a l'Annex: Plànols s'ha de fer front a:

- 9 interruptors
- 18 commutadors
- 4 creuaments
- 49 punts d'il·luminació, repartits de la següent forma:
  - 3 downlights (cuina)
  - 4 làmpades de descàrrega (garatge)
  - 13 exteriors
  - 2 aplics (punts de llum a la paret)
- 47 preses de corrent, repartides de la següent forma:
  - 33 endolls (C2)
  - 1 cuina elèctrica i 1 forn (C3)
  - 1 rentadora (C4)
  - 1 rentavaixelles (C4)
  - 1 escalfador tèrmic (C4)
  - 9 estan situades en cambres de bany i cuina. (C5 i C12)

Per tant, necessitarem els següents circuits per alimentar els respectius receptors:

Circuit	Elements	Utilització
C1	24	Punts de llum
C2	18	Preses de corrent general i frigorífic
C3	1	Cuina elèctrica
	1	Forn elèctric
C4	1	Rentadora
	1	Rentavaixelles
	1	Escalfador elèctric
C5	6	Preses de corrent de les cambres de bany
C6	25	Punts de llum
C7	15	Preses de corrent d'ús general
C12	3	Preses de corrent de la cuina

**Taula 5.7. Circuits necessaris en la vivenda [7]**

El C6 és una ampliació del C1, per superar el nombre màxim de punts de llum per circuit.

El C7 és una ampliació del C2, per superar el nombre màxim de preses per circuit.

El C12 és una ampliació del C5, per superar el nombre màxim de preses per circuit.

En el C4, s'ha instal·lat de forma que cada presa individual està connectada mitjançant un conductor de secció de 2,5 mm<sup>2</sup> que prové d'una caixa de derivació del circuit general de 4 mm<sup>2</sup> [8].



**Figura 5.3. Imatge d'un quadre d'electrificació elevada amb l'allotjament per l'ICP. Cablejat del quadre anterior. [7]**

### 5.8.2. Descripció de la instal·lació interior

La instal·lació interior dels habitatges es realitzarà amb conductors flexibles sota tub corrugat flexible, seguint les prescripcions generals de l'apartat de configuracions generals de les instal·lacions interiors, encastats en obra o en muntatge superficial per sobre el fals sostre. Els circuits estaran formats per dos cables unipolars més el conductor de protecció, que tindrà la mateixa secció que els altres i tots de tensió assignada 450/750V o superior. Es connectaran a aquest conductor totes les masses metàl·liques dels receptors quan les seves instal·lacions ho permetin. Totes les bases de corrent disposaran de presa a terra.

Els conductors de la instal·lació hauran de ser fàcilment identificables, en particular el neutre i el conductor de protecció. Aquesta identificació es realitzarà pels colors dels seus aïllaments. El neutre portarà coberta de color blau clar mentre que el conductor de protecció serà de color verd-groc. Els conductors de fases podran ser marrons o negres.

## 5.9. Proteccions elèctriques

Les proteccions elèctriques obligatòries per complir amb la normativa dins d'una vivenda es poden subdividir en:



- o Instal·lació de posada a terra de la casa
- o Proteccions contra sobreintensitats
- o Proteccions contra sobretensions
- o Proteccions contra contactes directes i indirectes

### 5.9.1. Instal·lació de posada a terra de la casa

Les posades a terra s'estableixen principalment a fi de limitar la tensió que, pel que fa a terra, puguin presentar en un moment donat les masses metàl·liques, assegurar l'actuació de les proteccions i eliminar o disminuir el risc que suposa una avaria en els materials elèctrics utilitzats. La protecció de persones contra contactes indirectes es pot dur a terme per diferents sistemes, la posada a terra de la casa usada de manera conjunta amb elements de tall per intensitat de defecte, tals com l'interruptor diferencial, constitueix el més idoni sistema per a la protecció de persones en edificis destinats a vivendes, usant-se diferencials d'alta sensibilitat. La posada o connexió a terra és la unió elèctrica directa, sense fusibles ni protecció alguna, d'una part del circuit elèctric o d'una part conductora no pertanyent al mateix, mitjançant una presa de terra amb un elèctrode o grup d'elèctrodes enterrats en el sòl.

Mitjançant la instal·lació de posada a terra s'haurà d'aconseguir que en el conjunt d'instal·lacions de la casa i superfície pròxima del terreny no apareguin diferències de potencial perilloses i que, al mateix temps, permeti el pas a terra dels corrents de defecte o les de descàrrega d'origen atmosfèric.

Per complir les característiques, veure els requisits necessaris i normes, es farà ús de la instrucció ITC-BT-18 [7].

### 5.9.2. Proteccions contra sobreintensitats

Tot circuit estarà protegit contra els efectes de les sobreintensitats que puguin presentar-se en el mateix, per això 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:

- o Sobrecàrregues degudes als aparells d'utilització o defectes d'aïllament de gran impedància.
- o Curtcircuits.
- o Descàrregues elèctriques atmosfèriques.

a) 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.

b) Protecció contra curtcircuits. En l'origen de tot circuit s'establirà un dispositiu de protecció contra curtcircuits la capacitat de tall dels quals estarà d'acord amb la intensitat de curtcircuit que pugui presentar-se en el punt de la seva connexió. S'admet, no obstant això, que quan es tracti de circuits derivats d'un principal, cadascun d'aquests 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 UNE 20.460 -4-43 recull tots els aspectes requerits per als dispositius de protecció. La norma UNE 20.460 -4-473 defineix l'aplicació de les mesures de protecció exposades en la norma UNE 20.460 - 4-43 segons sigui per causa de sobrecàrregues o curtcircuit, assenyalant en cada cas el seu emplaçament o omisió.

Per complir les característiques, veure els requisits necessaris i normes, es farà ús de la instrucció ITC-BT-22 [7].

### 5.9.3. Protecció contra sobretensions

#### 5.9.3.1. Categories de les sobretensions

Les categories indiquen els valors de tensió suportada a l'ona de xoc de sobretensió que han 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.

Tensió nominal de la instal·lació		Tensió suportada a impulsos 1,2/50 (KV)			
Sistemes trifàsics	Sistemes monofàsics	Categoria IV	Categoria III	Categoria II	Categoria I
230/400	230	6	4	2,5	1,5
400/690/1000	-	8	6	4	2,5

Taula 5.8. Categories de sobretensions [7]

#### 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, eines portàtils i altres equips similars).

#### 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, embarrats, aparells: interruptors, seccionadors, preses de corrent, etc, canalitzacions i els seus accessoris: cables, caixa de derivació, etc, motors amb connexió elèctrica fixa: ascensors, màquines industrials, etc).

#### 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 mesura, equips principals de protecció contra sobreintensitats, etc).

#### 5.9.3.2. Mesures per al control de les sobretensions

Es poden presentar dues situacions diferents:

##### 1. Situació natural

Quan no cal la protecció contra les sobretensions transitòries, doncs es preveu un baix risc de sobretensions en la instal·lació (degut al fet que està alimentada per una xarxa subterrània en la seva totalitat). En aquest cas es considera suficient la resistència a les sobretensions dels equips

indicada en la taula de categories, i no es requereix cap protecció suplementària contra les sobretensions transitòries.

## 2. Situació controlada

Quan cal la protecció contra les sobretensions transitòries en l'origen de la instal·lació, doncs 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 que 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 s'han de seleccionar 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 cadascun dels conductors, incloent el neutre o compensador i la terra de la instal·lació.

### 5.9.3.3. Selecció dels materials en la instal·lació

Els equips i materials s'han d'escollir 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 en:

- Situació normal, quan el risc sigui acceptable.
- Situació controlada, si la protecció contra les sobretensions és adequada.

Per complir les característiques, veure els requisits necessaris i normes, es farà ús de la instrucció ITC-BT-23 [7].

## 5.9.4. Protecció contra contactes directes i indirectes

### 5.9.4.1. Protecció contra contactes directes

#### 5.9.4.1.1. Protecció per aïllament de les parts actives

Les parts actives haurien d'estar recobertes d'un aïllament que no pugui ser eliminat més que destruint-lo.

#### 5.9.4.1.2. Protecció per mitjà de barreres o embolcalls

Les parts actives han d'estar situades en l'interior dels embolcalls o darrere de barreres que posseeixin, com a mínim, el grau de protecció IP XXB, segons UNE 20.324. 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 toquin les parts actives i es garantirà que les persones siguin conscients del fet que les parts actives no han de ser tocades voluntàriament.

#### 5.9.4.1.3. Protecció complementària per dispositius de corrent diferencial-residual

Aquesta mesura de protecció està destinada només a complementar altres mesures de protecció contra els contactes directes.

La utilització de dispositius de corrent diferencial-residual, amb un valor de corrent diferencial assignada de funcionament inferior o igual a 30mA, es reconeix com una 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.

#### 5.9.4.2. Protecció contra contactes indirectes

La protecció contra contactes indirectes s'aconseguirà mitjançant "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 a resultat un risc. La tensió límit convencional és igual a 50 V, valor eficaç en corrent altern, 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.

Per complir les característiques, veure els requisits necessaris i normes, es farà ús de la instrucció ITC-BT-24 [7].

## 6. Generació i estudi d'energia elèctrica

### 6.1. Fotovoltaica

#### 6.1.1. Introducció a l'energia solar fotovoltaica

La conversió directa de la radiació solar en electricitat ofereix una font de potència neta i il·limitada. Els principals avantatges específics de l'energia fotovoltaica són l'eficiència raonable de conversió emprant la radiació solar directa i difusa, i el fet que els mòduls fotovoltaics puguin integrar-se en edificis com a mòduls constructius amb un baix impacte ambiental. Els mòduls fotovoltaics es caracteritzen per la seva fiabilitat, llarga vida i baix cost de manteniment [9].

#### 6.1.2. Descripció del sistema

L'element més simple dels sistemes fotovoltaics és la seva cèl·lula solar. Aquesta consta de dos o més capes de material semiconductor, els àtoms de la qual absorbeixen la llum alliberant electrons que constitueixen el corrent elèctric. Una unió entre dos materials semiconductors diferents crea un voltatge que condueix els electrons a través del circuit. L'esquema següent reflecteix la divisió general d'un mòdul fotovoltaic [9].

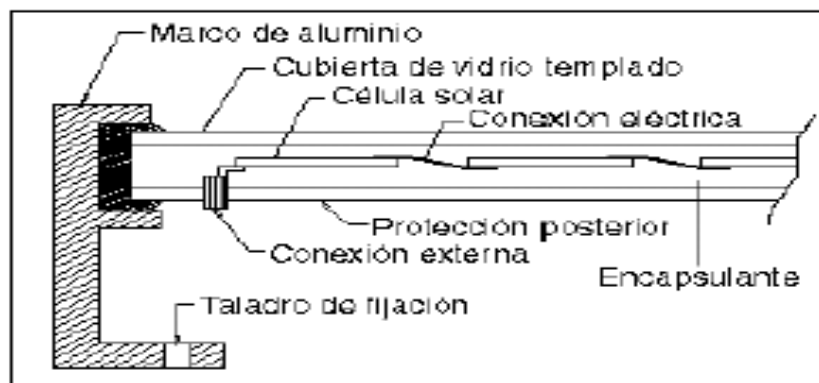


Figura 6.1. Esquema de la divisió d'un panell fotovoltaic [9]

Les parts principals que componen un sistema d'electrificació amb energia solar es descriuen a continuació:

- Generador solar fotovoltaic: capta la radiació solar i la transforma en energia elèctrica en forma de corrent continu de baixa tensió. Està constituït per diversos mòduls fotovoltaics connectats en sèrie i/o paral·lel, segons la tensió que es pretengui aconseguir (generalment 12, 24 o 48 volts).

- Caixes de connexió entre mòduls: estan situades en la part posterior dels mateixos. Estan preparades per resistir la intempèrie sempre que es respecti l'estanquitat en els passa-cables o premsaestopes en fer passar els cables a través d'ells.

En cada mòdul existeix una sola caixa de connexions per als dos terminals, o una caixa per al terminal positiu i una altra per al negatiu. Haurà de respectar-se la polaritat en les connexions per al correcte funcionament dels mòduls.

Les caixes de connexió són similars en els mòduls amb igual tensió nominal; els esquemes de les caixes de connexió per 12V i 24V es mostren a continuació:

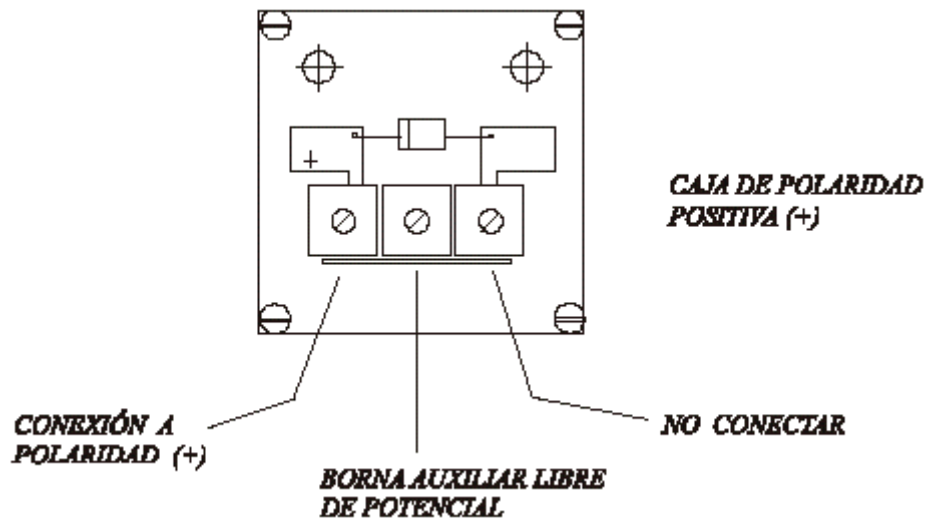


Figura 6.2. Caixa de connexió per a mòduls de 12V [10]

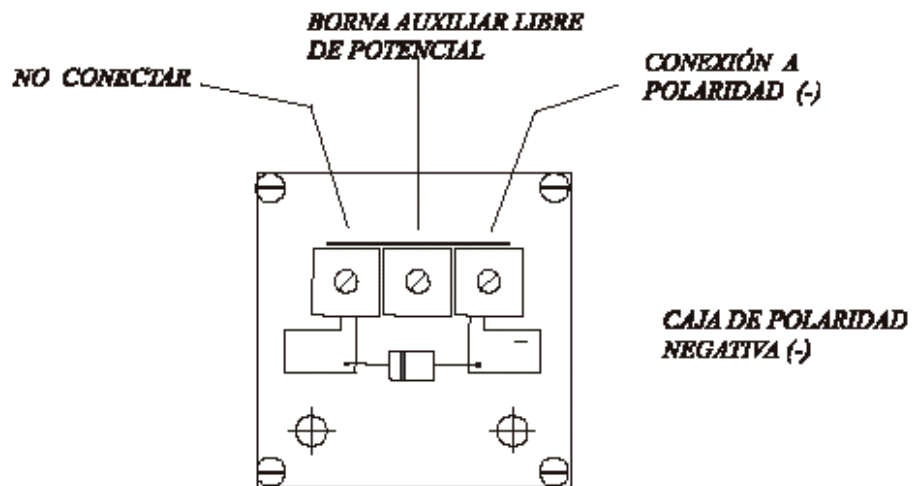


Figura 6.3. Caixa de connexió per a mòduls de 12V [10]

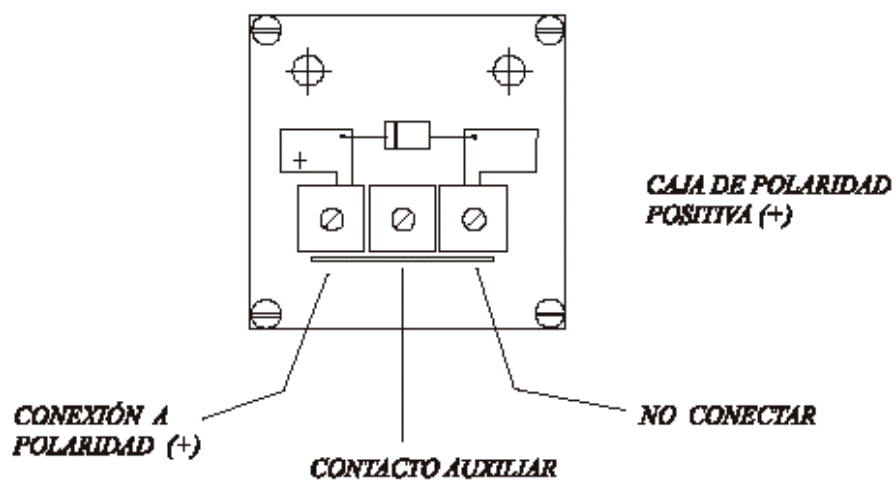
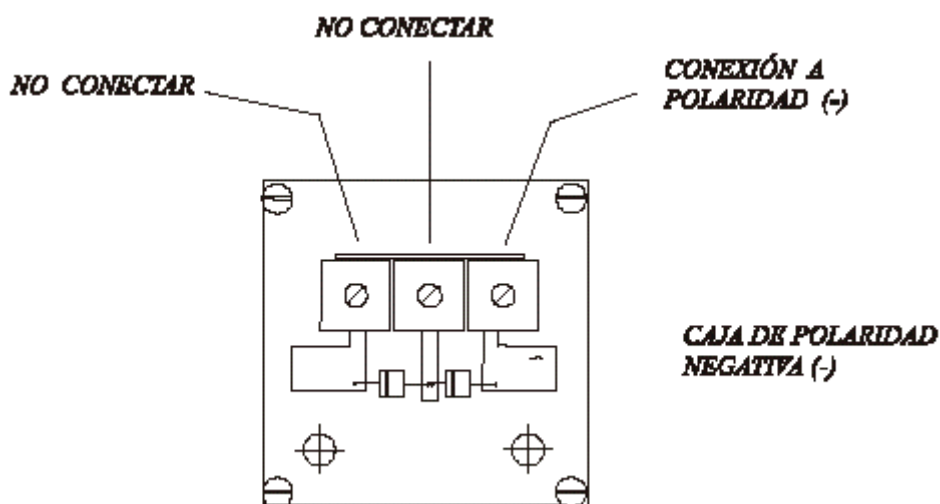


Figura 6.4. Caixa de connexió per a mòduls de 24V [10]



**Figura 6.5. Caixa de connexió per a mòduls de 24V [10]**

- Regulator de càrrega: la seva funció primordial és protegir la bateria o l'acumulador de sobrecàrregues o descàrregues excessives. Addicionalment pot portar un amperímetre i un voltímetre, que informen respectivament de la intensitat del corrent procedent del generador solar i la tensió d'entrada de la bateria.

- Acumulador o bateria: emmagatzema l'energia produïda pels panells solars en aquells sistemes no connectats a la xarxa, permetent disposar de l'electricitat en el moment que es requereixi. La seva capacitat es mesura en ampers-hora (Ah) i es calcularà en funció del consum mitjà diari d'aplicació (mesurat en watts-hora/dia) i del nombre de dies d'autonomia que s'estimi convenient.

- Inversor CC/CA: transforma el corrent continu emmagatzemat en l'acumulador en corrent altern a 230V i 50Hz de freqüència, la qual cosa permet utilitzar els aparells elèctrics convencionals. Existeixen diversos tipus d'inversors segons l'ona de sortida (sinusoide, quadrada i trapezoïdal), amb diverses potències. L'elecció d'un o un altre dependrà del tipus de càrrega que s'empri - resistiva o reactiva (motors) - i de la potència màxima que es requereixi.

- Proteccions elèctriques: l'ombreig d'alguna cèl·lula pot provocar un efecte invers en ella. Aquesta cèl·lula consumiria per tant potència generada per les altres en sèrie amb ella produint-se un escalfament indesitjat de la cèl·lula ombrejada. Aquest efecte, anomenat de punt calent, serà tan gran com major sigui la radiació incident sobre la resta de cèl·lules i menor la que rebí aquesta cèl·lula a causa de l'ombra. En un cas extrem, la cèl·lula podria trencar-se per sobreescalfament.

L'ús de díodes de protecció o by-pass redueix el risc d'escalfament de les cèl·lules ombrejades, limitant el corrent que pugui circular per elles i evitant d'aquesta manera el trencament de les mateixes.

Les diferents cases comercials distribueixen els seus mòduls amb un nombre de cèl·lules de 30 a 35 amb díodes de protecció. En mòduls amb menor nombre de cèl·lules són necessaris díodes de protecció independents, en no venir integrats amb el mòdul [10].

### 6.1.3. Disseny del sistema

Es treballarà en paral·lel amb el sistema “tradicional” d'energia, ja que existeix la possibilitat que es connecti la xarxa elèctrica. Per tant, aquest sistema es dissenyarà per produir l'energia necessària per cobrir la contribució fotovoltaica mínima d'energia elèctrica exigida a la normativa CTE-DB-HE5, permetent obtenir part de l'energia necessària per poder cobrir les necessitats energètiques de l'habitatge.

Com s'ha indicat anteriorment, el sistema fotovoltaic és un tipus d'instal·lació en la qual participen essencialment cinc elements:

Energia solar
Grup de mòduls solars fotovoltaics convenientment connectats i situats de manera tal que rebin la major quantitat de llum a l'amplària de l'any
Inversor fotovoltaic per convertir el corrent continu i corrent altern
Regulador
Acumuladors o bateries que són els encarregats d'emmagatzemar l'energia fins que es necessiti

**Taula 6.1. Elements participants en el sistema fotovoltaic [11]**

Aquest tipus d'instal·lacions eviten l'emissió de partícules contaminants a l'atmosfera com a sofre, CO<sub>2</sub>, CO, plom..., ja que utilitzen energia neta generada amb radiació solar i eviten la generació d'electricitat mitjançant altres formes d'energia que són perjudicials per al medi ambient.

D'altra banda, la vida mitjana dels panells fotovoltaics és de 25 a 30 anys, i fins i tot després d'aquest temps segueixen sent operatius però amb un rendiment inferior [11].

### 6.1.4. Dimensionat de la instal·lació fotovoltaica

En primer lloc s'estimaràn els consums elèctrics diaris dels equips que vagin a operar de continu en la instal·lació. Amb la finalitat d'optimitzar l'aprofitament de l'energia, es considera que per a la il·luminació de les diferents sales s'utilitzaran llums de baix consum energètic.

A partir del consum energètic teòric  $E_T$  (Wh), s'ha de calcular el consum energètic real  $E$  (Wh), necessari per fer front als múltiples factors de pèrdues que existiran en la instal·lació fotovoltaica, de la següent manera:

$$E = E_T / R \quad (\text{Eq. 6.1.}) \quad [9]$$

on:

$R$ : paràmetre de rendiment global de la instal·lació fotovoltaica, definit com:

$$R = (1 - k_b - k_c - k_v) \times \left(1 - \frac{k_a N}{p_d}\right) \quad (\text{Eq.6.2.}) \quad [9]$$

on:

$k_b$ : coeficient de pèrdues per rendiment de l'acumulador, de valor 0,05 en sistemes que no requereixin descàrregues intenses i 0,1 en sistemes amb descàrregues profundes.

$k_c$ : coeficient de pèrdues en el convertidor, de valor 0,05 per a convertidors sinusoidals purs, treballant en règim òptim i 0,1 en altres condicions de treball, lluny de l'òptim.

$k_v$ : coeficient de pèrdues vàries. Agrupa altres pèrdues com a rendiment de la xarxa, efecte Joule, etc. Pren valors entre 0,05 i 0,15.

$k_a$ : coeficient d'autodescàrrega diari, de valor 0,002 per a bateries de baixa autodescàrrega de Ni-Cd, 0,005 per a bateries estacionàries de Pb-àcid (les més habituals) i 0,012 per a bateries d'alta autodescàrrega.



$N$ : nombre de dies d'autonomia de la instal·lació. Seran els dies que la instal·lació hagi d'operar sota una irradiació mínima (dies ennuvolats continus), en els quals es va a consumir més energia de la qual el sistema fotovoltaic serà capaç de generar. Se solen prendre de 4 a 10 dies com a valors de referència.

$p_d$ : profunditat de descàrrega diària de la bateria. Aquesta profunditat de descàrrega no excedirà del 80% (referida a la capacitat nominal de l'acumulador), ja que l'eficiència d'aquest decreix en gran mesura amb cicles de càrrega-descàrrega molt profunds.

Aparell	Unitats	Potència (W)	Tensió (V)	Hores / dia	Consum (Wh)
Bombetes de baix consum 1	2	11	230	3,5	77
Bombetes de baix consum 2	13	20	230	6	1560
Ulls de bou	27	5	230	4	540
Downlights (cuina)	3	18	230	3	162
Fluorescents	4	36	230	2,5	360
Ràdio	1	15	230	4	60
Televisió	2	150	230	3	900
DVD	1	25	230	1,5	37,5
Planxa	1	1200	230	1,5	1800
Ordinador	2	150	230	6	1800
Impressora multifunció	1	18	230	0,5	9
Assecador	1	825	230	0,5	412,5
Planxa de pèl	1	40	230	0,12	4,8
Carregador de telèfon	3	34,5	230	4	414
Frigorífic	1	300	230	24	7200
Forn	1	1500	230	1,5	2250
Cuina elèctrica	1	2500	230	2	5000
Escalfador elèctric	1	1500	230	2	3000
Microones	1	800	230	1,5	1200
Rentadora	1	2500	230	2	5000
Rentavaixelles	1	1400	230	2	2800
Torradora	1	1500	230	0,1	150
Aspiradora	1	1800	230	0,5	900
Cafetera exprés	1	1100	230	0,75	825
Equip de música 300	1	300	230	3,5	1050
Batedora	1	125	230	0,5	62,5
Total Energia Consumida					37574,3

**Taula 6.2. Consum energètic estimat vivenda [7]**

S'han considerat els següents valors dels coeficients de pèrdues:

$$k_b = 0,05 / k_c = 0,05 / k_v = 0,05 / k_a = 0,005 / N = 10 / p_d = 0,7$$

Segons això, el rendiment de la instal·lació fotovoltaica  $R$ , serà el següent:

$$R = (1 - 0,05 - 0,05 - 0,05) \times \left(1 - \frac{0,005 \cdot 10}{0,7}\right) = 0,789, \text{ per tant } R = 0,8$$

I el consum energètic real  $E$  (Wh):

$$E = 37574,3 / 0,8 = 47562,4 \text{ Wh}$$

Una cop definida la utilitat energètica real  $E$  (Wh), es pot obtenir fàcilment la capacitat del banc de bateries  $C$  (Ah) necessari, de la següent manera:

$$C = E \cdot N / V \cdot p_d = 47562,4 \cdot 10 / 12 \cdot 0,7 = 56621,9 \text{ Ah} \quad (\text{Eq. 6.3.}) \quad [9]$$

on:

$V$ : tensió nominal de l'acumulador, 12V.

A partir de la capacitat calculada, se seleccionarà l'equip comercial més proper en prestacions, dins de la categoria de bateries plom-àcid. En aquest cas s'ha optat per 10 unitats de l'equip "Bateria Eersol OPzS Classic Solar 4100 Ah".

Podem consultar les característiques en l'arxiu pdf "2.2. Documents fotovoltaica" pàgina 1; que es troba a l'"Annex II. Documentació informativa adicional" [12].

Una vegada definides les bateries, és necessari calcular els panells solars necessaris per a la instal·lació. Per a això s'ha de conèixer, a partir de valors estadístics històrics de la zona, el valor d'irradiació solar diària mitjana en superfície inclinada  $I_h$  (kWh/m<sup>2</sup>·dia) del lloc.

En la taula 6.2., en la segona columna, es recullen els valors mitjans mensuals dels darrers anys 2007, 2008, 2009 i 2010.

Aquesta informació la podem consultar en l'arxiu pdf "2. Documents fotovoltaica" pàgina 2, 3, 4, i 5 que es troba a l'"Annex II. Documentació informativa adicional" [13].

En la figura 6.6. es pot observar una gràfica d'aquests valors de la mitjana de la irradiació solar diària.

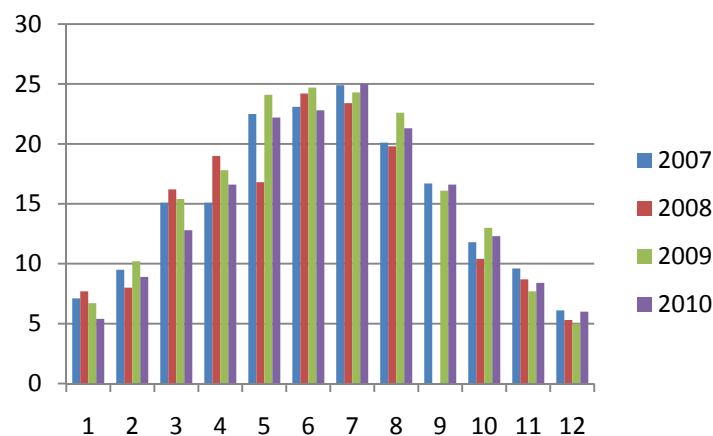


Figura 6.6. Valors anuals de irradiació solar [13]

Els valors numèrics de la tercera columna equivalen a les hores de pic solar per a les condicions considerades. Si s'aplica el coeficient de pèrdues del 75% previst per a l'orientació oest. Amb el que obtenim els valors de la columna central de la taula 6.3..

Els valors de les hores de pic solar varien cada mes. Per tant el nombre de panells necessaris serà també diferent en cada mes. Valors que corresponen a la tercera columna de la taula 6.3..

S'ha considerat que els panells es disposin en orientació Sud amb una inclinació de 45°.

Les dades obtingudes per a cada mes són les següents:

	HPS	Coefficient pèrdues 75%	NP
Gener	6,9	5,175	40,85
Febrer	9,2	6,9	30,64
Març	15,25	11,4375	18,48
Abril	17,2	12,9	16,39
Maig	22,35	16,7625	12,61
Juny	23,65	17,7375	11,92
Juliol	24,6	18,45	11,46
Agost	20,7	15,525	13,62
Setembre	16,6	12,45	16,98
Octubre	12,05	9,0375	23,39
Novembre	8,55	6,4125	32,97
Desembre	5,65	4,2375	49,89

**Taula 6.3. Valors HPS, Coeficient de pèrdues i nombre de panells solars NP [13]**

La irradiació  $I_h$  (kWh/m<sup>2</sup>) és igual al producte de la irradiància de referència  $I$  (1 kW/m<sup>2</sup>) per les hores de pic solar  $HPS$  (h). Per tant, els valors de les hores de pic solar són iguals a la irradiació.

$$H \text{ (kWh/m}^2\text{)} = I(1\text{KW/m}^2) \cdot HPS(h) \quad (\text{Eq. 6.4.}) \quad [7]$$

Els panells solars produeixen energia elèctrica únicament durant les hores de pic solar operant a la seva màxima potència. Aquesta màxima potència és el principal paràmetre que defineix un panell solar i és un dels principals paràmetres de disseny que el projectista ha de definir.

Al mercat hi ha panells solars de diverses potències màximes segons la demanda d'energia que es precisi. Així mateix hi ha panells de diverses qualitats, segons les cel·les cristal·lines de silici semiconductor de les quals estan formats siguin monocristalins (les més eficients i cares), policristal·lines (menys eficients i més econòmiques) o amorfes (poc eficients, però molt econòmiques).

En aquest cas s'ha optat per un panell “Módulo fotovoltaico Monocristalino 250W STP250s 20/Wd”.

Podem consultar les característiques en l'arxiu pdf “2. Documents Fotovoltaica” a les pàgines 6 i 7 que es troba en “Annex II. Documentació informativa addicional” [12].

És necessari la utilització de 50 unitats.

El nombre de panells solars NP necessaris es calcula de la següent manera:

$$NP = \frac{E}{0,9 \cdot W_p \cdot HPS} \quad (\text{Eq.6.5.}) \quad [7]$$

on:

$W_p$ : potència pic de cada panell solar (250W).

Per cobrir tota la demanda d'energia elèctrica per mitjà dels panells fotovoltaics són necessaris 50 unitats, i en el terrat, podem col·locar fins un màxim de 52 panells de les característiques escollides. Per tant, no hi ha cap impediment per a la correcta instal·lació.

Una vegada definit el generador fotovoltaic, es procedeix a calcular el regulador de càrrega necessari. Per a això solament s'ha de multiplicar la intensitat de curtcircuit de cada panell, obtinguda del catàleg pel nombre de panells en paral·lel necessaris.

El producte serà la màxima intensitat nominal a la qual treballarà el regulador  $I_{m\grave{a}x}(A)$ :

$$I_{m\grave{a}x} = I_{sc} \cdot NP_T = 8,63 \cdot 50 = 431,5A \quad (\text{Eq. 6.6.}) \quad [7]$$

on:

$I_{SC}$ : corrent de curtcircuit

$NP_T$ : nombre de panells totals

Per cobrir aquestes necessitats s'escullen 6 reguladors model "Steca Power Tarom 2140 12/24V 140".

Podem consultar les característiques en l'arxiu pdf "2. Documents Fotovoltaica" a les pàgines 8 i 9; que es troba a l'"Annex II. Documentació informativa adicional" [14].

Finalment, se seleccionarà l'inversor necessari. Per a això ha d'estimar-se la potència instantània màxima que la instal·lació podrà requerir. Sumant totes les potències indicades en la taula 6.2., s'observa que aquesta pot arribar a ser de 37574,3W en el remot supòsit que tots els aparells elèctrics de la vivenda es trobin en funcionament alhora. En conseqüència, es seleccionarà un inversor que pugui fer front a aquest valor com demanda pic. Es tindrà present que els inversors són equips amb baix rendiment a baixes càrregues de treball, per la qual cosa no és d'utilitat aplicar un gran sobredimensionat en la seva elecció. L'equip seleccionat és un model APV 20k-4-TL-DM.

Podem consultar les característiques en l'arxiu pdf "2. Documents Fotovoltaica", a les pàgines 10, 11 i 12 que es troba a l'"Annex II. Documentació informativa adicional" [15].

### 6.1.5. Connexió dels mòduls fotovoltaics

En aquesta instal·lació es compta amb 50 mòduls fotovoltaics de 250W i 30,7V.

#### 6.1.5.1. Connexió en sèrie

En connectar els mòduls en sèrie s'aconsegueixen intensitats petites i en conseqüència la secció dels cables serà menor. L'inconvenient que presenta aquest tipus de connexió és que les tensions se sumen i per tant hi ha tensions elevades perilloses per a les persones. També, si es produís la fallada en algun mòdul, tota la instal·lació quedaria fora de servei. D'altra banda les fallades en aquest tipus d'instal·lacions són fàcils de detectar i solucionar.

#### 6.1.5.2. Connexió en paral·lel

Aquesta forma de connexió seria tot el contrari a l'anterior ja que no s'haurien de sumar les tensions. En canvi la secció dels cables seria bastant major ja que la intensitat és major. Aquesta circumstància fa que la instal·lació augmenti el seu preu.

#### 6.1.5.3. Tipus de connexió escollit

Tenint en compte els avantatges i inconvenients exposats en els punts anteriors s'ha optat per la connexió mixta que és una barreja de les dos anteriors. En la instal·lació fotovoltaica de la casa es connectaran 10 mòduls en sèrie connectats en paral·lel amb altres 10 mòduls en sèrie per aconseguir no tenir un voltatge molt elevat ni una secció molt gran a causa del corrent.

La instal·lació solar fotovoltaica solament serà manipulada per personal qualificat per aquest motiu s'entén que no hi ha cap problema a què hi hagi una tensió elevada.

Realitzant la connexió mixta de tots els mòduls s'obtenen les següents dades:

$$I_{m\grave{a}x \text{ mòdul}} = \frac{P_{m\grave{a}x \text{ mòdul}}}{V_{m\grave{a}x \text{ mòdul}}} = \frac{250W}{30,7V} = 8,14A \quad (Eq.6.7.) \quad [28]$$

$$P_{instal\cdot laci\grave{o} \text{ fotovoltaica}} = V_{m\grave{a}x \text{ mòdul}} \cdot I_{m\grave{a}x} = 50 \cdot 30,7 \cdot 8,14 = 12494,9W \quad (Eq.6.8.) \quad [28]$$

### 6.1.6. Distància mínima entre files de mòduls

La distància “ $d$ ”, mesura sobre l'horitzontal, entre unes files de mòduls obstacle, d'altura “ $h$ ”, que pugui produir ombres sobre la instal·lació haurà de garantir un mínim de 4 hores de sol entorn del migdia del solstici d'hivern. Aquesta distància “ $d$ ” serà superior al valor obtingut per l'expressió:

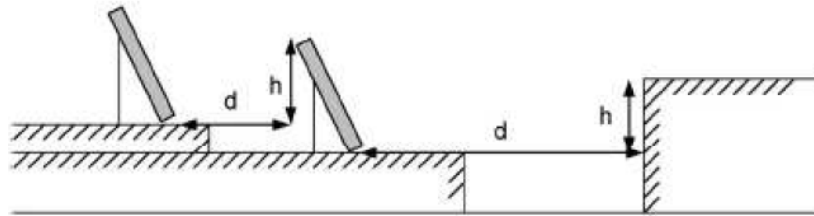


Figura 6.7. Distància entre files de mòduls [16]

Aplicant “ $h$ ” a la diferència d'altures entre la part alta d'una fila i la part baixa de la següent. Substituint els valors en l'expressió anterior obtenim:

$$d = \frac{h}{\tan(61^\circ - \text{latitud})} = \frac{0,9}{\tan(61 - 40^\circ)} = 2,35m \quad (\text{Eq.6.9.}) \quad [28]$$

La separació entre la part posterior d'una fila i el començament de la següent no serà inferior a l'obtinguda per l'expressió anterior.

### 6.1.7. Secció del cable dels mòduls fotovoltaics a l'inversor

La resistència al pas de l'energia produeix una caiguda de tensió i pèrdues per l'efecte Joule. Per aquest motiu els conductors es calculen de la següent manera

$$c. d. t. (\%) = \frac{100 \cdot 2 \cdot L \cdot I}{S \cdot K \cdot V} \quad (\text{Eq.6.10.}) \quad [28]$$

on:

- $c.d.t.$ : Caiguda de tensió (V)
- $L$ : Longitud de la línia (m)
- $K$ : Conductivitat del coure ( $44 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ )
- $S$ : Secció del conductor ( $\text{mm}^2$ )
- $I$ : Intensitat (A)
- $V$ : Tensió (V)
- $\text{Cos } \gamma$ : Factor de potència

La caiguda de tensió màxima aconsellada és d'un 2%.

$$S = \frac{100 \cdot 2 \cdot L \cdot I \cdot \text{cos } \gamma}{c.d.t. \cdot k \cdot V} = \frac{100 \cdot 2 \cdot 18 \cdot 8,14 \cdot 0,95}{2 \cdot 44 \cdot 230} = 1,375 \text{mm}^2 \quad (\text{Eq.6.11.}) \quad [28]$$

El resultat obtingut és la secció teòrica. Mirant la publicació de Prysmian per a un tipus d'instal·lació B1 s'obté una secció d' $1,5 \text{ mm}^2$ . A continuació es mostra la c.d.t. real per a un cable d' $1,5 \text{ mm}^2$ .

$$c. d. t. (\%) = \frac{100 \cdot 2 \cdot L \cdot I}{S \cdot K \cdot V} = \frac{100 \cdot 2 \cdot 18 \cdot 8,14 \cdot 0,95}{1,5 \cdot 44 \cdot 230} = 1,83$$

### 6.1.8. Líquid solar

És el fluid portador de la calor absorbida del col·lector solar, compost per propilenglicol i inhibidors de la corrosió. Per protegir la instal·lació de gelades fins a  $-21^{\circ}\text{C}$  la proporció és de 40% de líquid solar i 60% d'aigua desmineralitzada amb anticongelants i para gelades de com màxim  $-32^{\circ}\text{C}$  la proporció és a parts iguals.

En aquest cas la proporció serà del 40% de líquid solar.

### 6.1.9. Proteccions

En aquest apartat se seguirà l'establert pel REIAL DECRET 1663/2000, de 29 de setembre.

En l'inversor triat s'integren les funcions de protecció de màxima i mínima tensió i de màxima i mínima freqüència i en tal caso les maniobres automàtiques de desconnexió-connexió seran realitzades per aquest. En aquest cas només es precisarà disposar addicionalment de les proteccions d'interruptor general manual i d'interruptor automàtic diferencial.

### 6.1.10. Comptadors per a connexió a xarxa

El comptador de sortida tindrà capacitat de mesurar en tots dos sentits. 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.

Tots els elements integrants de l'equip de mesura, tant els de entrada com els de sortida d'energia, seran precintats per l'empresa distribuïdora.

### 6.1.11. Advertències i riscos

L'equip haurà de ser instal·lat i manipulat només per personal qualificat.

- Els mòduls fotovoltaics s'envien en caixes especialment dissenyades perquè estiguin degudament protegits durant el transport. Es recomana no treure'ls d'elles fins al moment de la instal·lació.
- No deixar mai un mòdul en un lloc en el qual no estigui degudament subjecte, doncs si cau pot trencar-se el vidre. Un mòdul amb vidre trencat no s'ha d'usar.
- No deixar caure el mòdul ni llançar objectes sobre ell. No pujar-se ni caminar sobre ell.
- Utilitzar el mòdul únicament per a la funció a la qual està destinat. No desmuntar el mòdul o treure qualsevol part, etiqueta o peça instal·lada pel fabricant, incloent díodes de protecció, sense autorització del mateix.
- No concentrar la llum solar sobre el mòdul.
- Un mòdul fotovoltaic genera electricitat quan està exposat a la llum del sol o a altres fonts de llum. S'ha de cobrir totalment la superfície del mòdul amb un material opac durant la instal·lació, desmuntatge o manipulació.
- Utilitzar eines que estiguin degudament revestides amb material aïllant durant els treballs amb el mòdul.
- Treballar sempre sota condicions seques, tant per al mòdul com les eines.
- No instal·lar el mòdul on hi hagi gasos o vapors inflamables, ja que es poden produir espurnes.
- Evitar les descàrregues elèctriques en instal·lar, cablejar, posar en funcionament o realitzar el manteniment del mòdul.
- No tocar els borns mentre el mòdul estigui exposat a la llum. Dotar la instal·lació de dispositius de protecció adequats per impedir que pugui produir-li una descàrrega de 30 o més volts de corrent continu a qualsevol persona. Quan es connecten els mòduls en sèrie, les tensions se sumen i quan es fa en paral·lel, les intensitats se sumen. Per tant, un sistema format per mòduls fotovoltaics pot produir altes tensions i intensitats, que constitueixen un perill afegit.

### 6.1.12. Manteniment del generador fotovoltaic

Els mòduls fotovoltaics requereixen molt escàs manteniment per la seva pròpia configuració, mancats de parts mòbils i amb el circuit interior de les cèl·lules i les soldadures de connexió aïllades de l'ambient exterior per capes de material protector. Al mateix temps, el control de qualitat realitzat per les empreses distribuïdores és rigorós i rares vegades es presenten problemes per aquesta raó.

El manteniment engloba els següents processos:

- Neteja periòdica del mòdul

La brutícia acumulada sobre la coberta transparent del mòdul redueix el rendiment del mateix i pot produir efectes d'inversió similars als produïts per ombres. El problema pot arribar a ser seriós en el cas dels residus industrials i els procedents de les aus. La intensitat de l'efecte depèn de l'opacitat del residu. Les capes de pols que redueixen la intensitat del sol de forma uniforme no són perilloses i la reducció de la potència no sol ser significativa. La periodicitat del procés de neteja depèn, lògicament, de la intensitat del procés d'embrutament.

En el cas dels dipòsits procedents de les aus convé evitar-los instal·lant petites antenes elàstiques en la part alta del mòdul, que impedeixi a aquestes posar-se.

L'acció de la pluja pot, en molts casos, reduir al mínim o eliminar la necessitat de la neteja dels mòduls.

- Manual de l'usuari de mòduls fotovoltaics

L'operació de neteja ha de ser realitzada en general pel propi usuari i consisteix simplement en el rentat dels mòduls amb aigua i algun detergent no abrasiu, procurant evitar que l'aigua s'acumuli sobre el mòdul. No és acceptable en cap cas utilitzar mànegues a pressió.

- Inspecció visual del mòdul

La inspecció visual del mòdul té per objecte detectar possibles fallades, concretament:

- Possible trencament del cristall.
- Oxidacions dels circuits i soldadures de les cèl·lules fotovoltaïques: normalment són degudes a entrada d'humitat en el mòdul per trencament de les capes d'encapsulat durant la instal·lació o transport.

- Control de connexions i cablejat

Cada 6 mesos realitzar un manteniment preventiu efectuant les següents operacions:

- Comprovació de la subjecció i l'estat dels terminals dels cables de connexionat dels mòduls.
- Comprovació de l'estanquitat de la caixa de terminals.

En cas d'observar-se fallades d'estanquitat, es procedirà a la substitució dels elements afectats i a la neteja dels terminals. És important cuidar el segellat de la caixa de terminals, utilitzant segons el cas, juntes noves o un segellat de silicona.

## 7. Estudi tèrmic, proposta de generació i distribució

L'objectiu d'aquest capítol és el d'obtenir un model de climatització com també una proposta justificada del sistema de generació tèrmica que pugui donar abast a les necessitats tèrmiques prèviament estudiades i que sigui útil per al sistema de climatització proposat. Per tant, les pautes a seguir en aquest capítol seran: l'obtenció de les diferents magnituds i necessitats tèrmiques que la vivenda requereix i la creació d'un model. Tot seguit s'estudiaran diferents sistemes útils de climatització amb la posterior selecció segons les característiques obtingudes de cada un dels sistemes estudiats; i finalment s'estudiaran diferents alternatives per produir l'energia tèrmica necessària per obtenir el volum d'ACS requerida, partint del punt de la predisposició d'obtenir un model de generació que sigui sostenible per acabar valorant les diferents alternatives estudiades, i proposant aquella que més i millor s'adapti a les característiques necessàries per tal d'obtenir un bon funcionament de tot el sistema tèrmic de la casa.

Es consideraran totes les fonts de generació tèrmica que necessita la vivenda per cobrir les necessitats i els consums dels usuaris. És a dir, la producció d'energia que qualsevol casa necessita es poden englobar en:

Climatització	42%
ACS	26%
Electrodomèstics + Cuina	23%
Il·luminació	9%
Total	100%

**Taula 7.1. Consums mitjans a l'interior d'una vivenda [16]**

Per tant, tot seguit es passarà a determinar quines són les necessitats tèrmiques per cadascun d'aquests dos grups i les característiques de cadascuna de les possibilitats. Val a dir que aquestes necessitats formen un aspecte importantíssim en el consum de la vivenda i hem de fer una bona elecció ja que el consum d'energia tant en la calefacció, com en la producció d'ACS és molt elevat dins d'una vivenda, com es pot veure a continuació.

### 7.1. Càlcul de càrregues tèrmiques en calefacció

#### 7.1.1. Objectiu

El càlcul de càrregues tèrmiques d'un local, edifici o habitatge és el pas previ per determinar la potència dels equips a emprar en la instal·lació (caldera, canonades, radiadors, vàlvules, etc.). Aquest pas previ a l'elecció d'equips ha de ser metòdic i analitzat per a cada cas en particular seguint totes les normatives vigents, com el “*Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios*” (RITE), Codi Tècnic de l'Edificació (CTE) i les normes “*Una Norma Española*” (UNE) corresponents.

En realitzar qualsevol projecte d'instal·lació de calefacció, el punt de partida és fixar les condicions de disseny, tant interiors als locals a calefactar, com les condicions de l'aire exterior del lloc on es va a realitzar la citada instal·lació.

La calefacció és un aspecte fonamental dins la vivenda per obtenir-hi el confort ideal de temperatura i gaudir durant tot l'any d'una sensació tèrmica agradable.

Per poder calcular les necessitats tèrmiques de la casa s'hauran de calcular les càrregues tèrmiques del mateix. Com a definició podríem dir que la càrrega tèrmica és la potència de refrigeració o calefacció que requereix una instal·lació per tal de mantenir unes determinades condicions de temperatura i humitat per una aplicació específica, com per exemple el confort humà. Si en aplicar la càrrega només es produeix una modificació de la temperatura seca de l'aire s'anomena calor sensible, i si es produeix una variació en la quantitat de vapor d'aigua es parla de calor latent.



Per al càlcul de les càrregues tèrmiques de calefacció de les instal·lacions de la vivenda de què és objecte aquest projecte s'ha optat pel seguiment del llibre de la bibliografia [16].

### 7.1.2. Condicions interiors de disseny

Les condicions interiors de disseny són les que afecten al recinte a calefactar, donant com a resultat allò que definim com a ambient interior, i que està determinat per la temperatura del local, la humitat relativa, el moviment i la puresa de l'aire; encara que també té influència, la temperatura superficial dels tancaments, que limiten el local a més d'altres circumstàncies com, l'aportació calorífica de la il·luminació, etc.

El control de tots aquests factors d'una manera integral, solament s'aconsegueix amb la climatització de l'aire condicionat. En calefacció solament es donaran com a condicions de disseny interior: la temperatura de l'aire interior, la velocitat mitjana de l'aire i la humitat relativa; tal com el RITE estableix fixant aquests valors en funció de l'activitat metabòlica de les persones i el seu grau de vestimenta amb els límits establerts en taula 7.2.

Estació	Temperatura operativa °C	Velocitat mitja de l'aire m/s	Humitat relativa %
Estiu	23 a 25	0,18 a 0,24	40 a 60
Hivern	20 a 23	0,15 a 0,20	40 a 60

**Taula 7.2. Condicions interiors de disseny [16]**

No obstant aquests valors poden ser alterats, depenent de l'ús específic dels locals, que precisin unes condicions interiors de disseny especials. Aquests valors han de mantenir-se a la denominada zona ocupada (volum) del local, definida per les distàncies des de la superfície interior de l'element, i són:

- A 1 m de paret exterior amb finestra o porta.
- A 0,5 m de paret exterior sense finestra o porta.
- A 0,5 m de paret interior.
- A 0,05 m del sòl (límit inferior).
- A 1,80 m del sòl (límit superior)
- A 1 m de portes i zones de trànsit.

No tenen la consideració de zona ocupada els llocs en els quals puguin donar-se importants variacions de temperatura pel que fa a la mitjana i pugui haver-hi presència de corrents d'aire en la proximitat de les persones com: zones de trànsit, zones properes a portes d'ús freqüent, zones properes a qualsevol tipus d'unitat terminal que impulsi aire i zones properes a aparells amb font de producció de calor.

En la taula 7.3. es donen alguns valors recomanats i orientatius de temperatures interiors de locals calefactats en funció del tipus de local i de l'activitat desenvolupada en els mateixos.

Tipus de locals	Temperatura (°C)
Menjador	20
Cuina	20
Dormitoris	18
Banys i lavabos	20
Vestíbuls i passadís	18
Escales	15

**Taula 7.3. Temperatures interiors de càlcul [16]**

### 7.1.3. Condicions exteriors de disseny

Per fixar les condicions exteriors de disseny i la determinació de la demanda tèrmica instantània màxima d'hivern, es tenen en compte les temperatures determinades en les normes (UNE 100-001-85 i UNE 100-014-84) basades en el nivell percentil i determinant també els vents dominants i la seva velocitat mitjana.

Per consultar aquesta dada es buscarà a la taula “7.4. Condicions exteriors de disseny” a les pàgines 1 i 2 en l'arxiu pdf “3. Documents calefacció”; que es troba a l'Annex II. Documentació informativa addicional” [16].

Les temperatures seques a considerar són les que corresponen amb els següents nivells:

- Nivell del 99% per a hospitals, clíniques, residències d'ancians, centres de càlcul i qualsevol altre espai que el tècnic del projecte consideri.
- Nivell del 97,5% per a tots els edificis no esmentats en el nivell anterior.

El rendiment d'una caldera baixa sensiblement quan treballa a càrrega parcial, és a dir quan la potència calorífica que subministra és inferior a la nominal. La temperatura exterior és la dada més influent per fixar la potència nominal de la caldera, per això s'haurà de buscar l'equilibri entre prendre unes condicions exteriors excessivament adverses sobre dimensionant la caldera (menor rendiment i majors costos inicials) i unes condicions de temperatura exterior més baixes (no subministraria la demanda de calor necessària). Adoptarem una temperatura exterior de càlcul que estigui raonablement en el nivell percentil més ajustat a la localitat, aconseguint que la caldera treballi el major nombre de dies al rendiment òptim.

Per consultar aquesta dada es buscarà a la taula “7.5. Temperatures exteriors de càlcul” a les pàgines 2 i 3 en l'arxiu pdf “3. Documents calefacció”; que es troba a l'Annex II. Documentació informativa addicional” [16].

Per a poblacions que no estiguin a les taules 7.4. o 7.5., es farà una correcció per diferència d'altitud, consistent a reduir 1°C les temperatures donades a la taula, per cada 170m d'increment d'altitud (en altituds inferiors es conserva el valor de la temperatura).

En la taula 7.6. es donen les temperatures de “Medis exteriors” amb temperatura diferent a l'exterior de càlcul, i que ens seran necessàries per determinar les pèrdues de calor de determinats tancaments.

Medi exterior	Temperatures exteriors del projecte			
	+ 3	0	- 4	- 8
Locals no caldejats, rodejats d'altres que sí ho estan	12	10	8	5
Terreny baix del pis del soterrani enterrat	12	10	8	7
Soterranis no caldejats	13	13	10	7
Terreny adjunt a parets exteriors, sota la superfície del terreny	7	5	2	0
Àtic no escalfat sota el teulat	10	8	5	0

**Taula 7.6. Temperatures de medis exteriors amb temperatures diferent a l'exterior de càlcul [16]**

### 7.1.4. Demanda calorífica d'un edifici

La demanda calorífica d'un edifici o local a calefactar ve donada per la fórmula general:

$$Q_0 = Q_t + Q_v + Q_s - Q_a \quad (\text{Eq. 7.1.}) \quad [16]$$

on:

- $Q_0$ : demanda calorífica total (W o Kcal/h)
- $Q_t$ : pèrdues de calor per transmissió
- $Q_v$ : pèrdues de calor per ventilació o infiltració
- $Q_s$ : pèrdues de calor per suplementes
- $Q_a$ : guanys gratuïts de calor

#### 7.1.4.1. Avaluació de les pèrdues per transmissió ( $Q_T$ )

Primerament s'han de fixar les hipòtesis de partida, que són temperatures interiors i exteriors, a la peça objecte d'estudi i càlcul.

##### a) Temperatures interiors (Taules 7.2. i 7.3.)

Aquesta temperatura depèn del grau de confortabilitat que es desitgi obtenir a l'interior del recinte i és funció de molts factors, com ja s'ha vist en primer terme, tenint una marcada diferència, segons l'activitat que vagin a desenvolupar les persones en el seu interior, sent diferent, per exemple, per a un treball físic d'un treball intel·lectual o una simple estada, segons que aquesta sigui activa o inactiva; la humitat de l'aire condiciona aquesta temperatura de confort, la velocitat de l'aire, l'edat de les persones, ... [16].

##### b) Temperatures exteriors (Taules 7.4. i 7.5.) es poden consultar a “3. Documents calefacció”; que es troben a l'Annex II. Documentació informativa adicional”

Es denomina temperatura exterior, aquella que està a l'altre costat del tancament, l'avaluació de les pèrdues de calor, tenint aquesta temperatura valors superiors o inferiors a la interior, segons els casos, ja que quan el tancament sigui interior, dependrà del mitjà exterior que separi el tancament, podent, en alguns casos, ser superior a la interior de càlcul, en aquest cas hi haurà aportació de calor en comptes de pèrdues [16].

##### c) Determinació dels coeficients de transmissió (transmitància)

Els tancaments heterogenis requereixen la determinació del coeficient de transmissió global, per poder avaluar la pèrdua de calor a través del mateix, aquest respon a la fórmula que ja hem vist anteriorment.

Els valors de transmitància, ja estan calculats per l'arquitecte de l'obra. Això es una gran aportació per poder avançar en el càlcul, ja que aquest no és l'objectiu del present projecte.

Per consultar aquestes dades, es pot revisar l'arxiu “3. Documents calefacció” a les pàgines 4, 5, 6, 7, 8 i 9 a l'Annex II. Documentació informativa adicional” [6].

## Resum dels valors de transmitància

Tipus Sistema Envoltent	S (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> K)
<b>Façanes exteriors</b>		
Tancaments exteriors	110,13	0,42
<b>Solera</b>		
Solera tipus 1	26,86	0,48
Solera tipus 2	87,41	0,48
<b>Coberta</b>		
Sostre tipus 1	40,01	0,24
Sostre tipus 2	72,92	0,46
<b>Buits verticals</b>		
Fix - Persiana - 8/10/8 (Estudi)	1,26	3,04
Practicable - Persiana - 6/10/6 (Hab. 1)	2,2,8	3,36
Practicable - Persiana - 6/10/6 (Hab. 2)	1,86	3,06
Practicable - Persiana - 6/10/6 (Hab. 3)	1,56	3,38
Fix - Persiana - 8/10/8 (Cuina)	1,68	3,05
Practicable 1 - Persiana - 6/10/6 (Cuina)	1,92	3,07
Practicable 2 - Persiana - 6/10/6 (Cuina)	3,78	3,35
Corredera - Persiana - 6/10/6 (Menjador)	16,8	3,37
Corredera - Persiana - 6/10/6 (P. Entrada)	3,25	3,36
Fix (P. Garatge)	11,25	3,35
Fix – (x3) - 6/10/6 (Garatge)	6	3,34

Taula 7.7. Resum dels valors de transmitància dels propis tancaments [6]

El resultat definitiu obtingut, després de realitzar el càlcul és:

$$Q_t = 4552,57 W \quad (\text{Eq. 7.2.}) \quad [16]$$

Es pot consultar amb detall tot el procés de càlcul realitzat a l'arxiu "Calefacció", que es troba a l'Annex II: Càlculs".

#### 7.1.4.2. Avaluació de les pèrdues de calor per infiltracions d'aire o ventilació ( $Q_v$ )

A més de les pèrdues per transmissió cal avaluar les pèrdues de calor que es produeixen per escalfar l'aire fred de l'exterior que s'introdueix en el local, fins a aconseguir la temperatura interior de disseny.

L'aire exterior es pot introduir dins d'un edifici de diverses formes:

- a) A través de tancaments permeables (normalment no aplicable).
- b) A través de les infiltracions per esclètxes o fissures de portes i finestres, tot i que estiguin tancades ( $VA_p$ ).

La limitació imposada per la normativa cada vegada és més exigent a limitar la permeabilitat dels buits de portes i finestres, redueix notablement les infiltracions d'aire, ja que porta a recórrer a la ventilació. Per tant es tindrà en compte aquest volum d'aire infiltrat en casos tals com a naus industrials o uns altres en els quals s'especifiqui.

El cabal d'aire infiltrat a través de les fissures o esclètxes de portes i finestres en tancaments exteriors a causa de l'acció del vent ve donat per la següent expressió:

$$VA_f = f \times L \quad (\text{Eq. 7.3.}) \quad [16]$$

on:

$VA_f$ : volum d'aire infiltrat ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

$f$ : coeficient d'infiltració ( $\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}$ ) Depèn de la velocitat del vent de la localitat

$L$ : longituds d'esclatxa (m)

*c) A través dels buits de portes i finestres, quan estan obertes (ventilació natural) o mitjançant sistemes mecànics quan la ventilació natural sigui insuficient, norma (UNE 100.001-2001) (Var.)*

Amb la finalitat de mantenir les degudes condicions de puresa en l'ambient d'un local cal procedir a la seva ventilació, substituint l'aire interior amb elevat contingut d'humiditat, olors, fums, etc., per aire exterior net.

De vegades les infiltracions per esclatxes de portes i finestres és suficient per mantenir l'aire interior en condicions higièniques acceptables, però en altres ocasions, la majoria són insuficients i cal recórrer a la ventilació, en la majoria dels casos natural i en altres ocasions especials mitjançant una ventilació forçada segons norma (UNE-100.001/2001).

Per aquest procediment, es determina la quantitat d'aire infiltrat d'una manera global, en considerar un cert nombre de renovacions de l'aire del local, d'acord amb el seu ús, tipus i ubicació [16].

El volum d'aire infiltrat per unitat de temps serà:

$$V_{ar} = V_1 \cdot n \quad (\text{Eq. 7.4.}) \quad [16]$$

on:

$V_{ar}$ : volum d'aire renovat en  $\text{m}^3/\text{h}$

$n$ : el nombre de renovacions per hora

$V_1$ : el volum del local en  $\text{m}^3$

La mesura de la renovació de l'aire en habitatges es fixa per la denominada “taxa de renovació” que indica el nombre de vegades que es renova l'aire contingut en cada local per unitat de temps (lh). A aquest efecte es donen els valors (n) de la taula 7.8.

Tipus d'habitació	Nombre de renovacions per hora
Locals sense portes o portes exteriors	1, -
Locals amb portes o finestres exteriors en un costat	1,5 -
Locals amb portes o finestres exteriors en dos costats	1,5
Locals amb portes o finestres exteriors en tres costats	2,-
Vestíbuls d'entrada	2,-
Oficines generals	1,5
Cuines	de 1 a 2,5
Bany i lavabos	de 3 a 5

**Taula 7.8. Taula de renovacions per hora en edificis de vivendes [16]**

La càrrega tèrmica per entrada exterior d'aire, es calcularà per aquest mètode de les renovacions o sobre la base del cabal d'aire de ventilació.

En la taula 7.9. es donen les necessitats de ventilació per a una sèrie de locals i edificis segons la norma UNE-100-011-91.

Per consultar aquesta dada es buscarà a la taula “Taula 7.9. Cabals necessaris de ventilació per a locals” a la pàgina 10, a l'arxiu pdf “3. Documents calefacció”; que es troba a l’Annex II. Documentació informativa addicional” [16].

Una vegada avaluat per un mètode o per l'altre el volum d'aire infiltrat, la quantitat de calor per poder portar aquest aire a la temperatura interior de càlcul es determina per la següent expressió:

$$Q_v = V_a \times (t_u - t_i) \times C_v \quad (\text{Eq. 7.5.}) \quad [16]$$

on:

- $Q_v$ : pèrdues per infiltració i ventilació (W)
- $V_a$ : volum d'aire infiltrat –  $V_{A_f}$  o  $V_{A_i}$  - ( $\text{m}^3/\text{h}$ )
- $t_u$ : temperatura interior de càlcul ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $t_i$ : temperatura exterior de càlcul ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $C_v$ : calor específica volumètrica de l'aire =  $0,3$  ( $\text{Kcal}/\text{m}^3 \text{ } ^{\circ}\text{C}$ )

El resultat definitiu obtingut, després de realitzar el càlcul, és:

$$Q_v = 2316,63 \text{ W}$$

Es pot consultar amb detall tot el procés de càlcul realitzat, a l'arxiu “Calefacció”, que es troba a l'”Annex II: Càlculs”.

#### 7.1.4.3. Avaluació de les pèrdues de calor per suplementes ( $Q_s$ )

En realitat no són unes pèrdues energètiques, sinó que representen un coeficient de seguretat a la càrrega total.

Aquestes pèrdues poden ser molt diverses depenent de les peculiaritats de cada instal·lació, per la qual cosa alhora de calcular la demanda tèrmica d'un local a calefactar caldrà quantificar quines són les més importants.

A més d'aquelles que el projectista consideri oportunes i justificades, en general en totes les instal·lacions es prenen les següents pèrdues de calor per suplementes:

$$Q_s = F_s \cdot Q_T \quad (\text{Eq. 7.6.}) \quad [16]$$

$$F_s = S_1 + S_2 + S_3 \quad (\text{Eq. 7.7.}) \quad [16]$$

on:

- $Q_s$ : pèrdues per suplementes
- $F_s$ : factor de suplementes
- $Q_T$ : pèrdues per transmissió
- $S_1$ : suplement per orientació
- $S_2$ : suplement per interrupció
- $S_3$ : suplement per “paret freda” radiació del local

##### 7.1.4.3.1. Suplement per orientació ( $S_1$ )

Té per objecte considerar la diferent exposició del local a la radiació solar i l'efecte dels vents, tenint en compte que aquest valor és molt important, segons les latituds i en determinats casos el seu valor es pot considerar negatiu (en el sentit de pèrdues de calor) per resultar una aportació gratuïta. En el nostre cas l'orientació més afavorida és la sud.

El seu valor l'obtidrem de la següent taula:

Orientació	S	SO	O	NO	N	NE	E	SE
Factor suplement ( $S_1$ )	0	0,07	0,15	0,18	0,20	0,15	0,10	0,03

**Taula 7.10. Taula de suplementes per orientació ( $S_1$ ) [16]**

El valor s'obtindrà conforme al següent criteri:

- 1 - Quan té una sola exposició solar, es pren aquesta.
- 2 - Si té dues exposicions adjacents, es pren la cantonada.
- 3 - Si té tres o més exposicions es pren la que proporcioni major coeficient.
- 4 - Quan no existeixi exposició solar, no s'aplica aquest suplement.

El criteri que correspon és el num. 4, per tant el valor que s'agafa és "0".

#### 7.1.4.3.2. Suplement per interrupció de servei ( $S_2$ )

És el que es dona després d'una parada més o menys perllongada de la instal·lació, ja sigui per obligacions laborals o de tipus energètic.

En qualsevol cas, quan la instal·lació torna a encendre's caldrà aportar una quantitat extra de calor per escalfar el local. És el que es coneix com inèrcia tèrmica.

El valor d'aquest suplement guarda relació d'una banda amb la permeabilitat tèrmica mitjana del local a calefactar de tal manera que com més gran sigui la permeabilitat mitjana major serà l'energia extra que haurà d'aportar la caldera, i d'altra banda amb el tipus d'interrupció.

El valor s'obtindrà conforme al següent criteri:

- 1 - Servei ininterromput, encara que amb marxa reduïda durant la nit (hospitals, asils, habitatges amb calefacció central, etc.).
- 2 - Interrupció del servei de 9 a 12 hores diàries (serveis d'oficines, comerços, habitatges, etc.).
- 3 - Interrupció del servei de 12 a 16 hores diàries (serveis d'escoles, esglésies, etc.).

#### 7.1.4.3.3. Suplement per paret freda ( $S_3$ )

Serveix per compensar la radiació del local, considerat com un cos calent, ja que el confort s'ha d'aconseguir en un temps no massa gran, i aquest temps depèn de la permeabilitat mitjana de l'edifici. Aquest suplement serà major com més permeable sigui l'edifici, des del punt de vista tèrmic, requerint per tant un increment d'energia calorífica en el local a caldejar.

El coeficient de permeabilitat mitjana es calcula a través de la següent expressió:

$$P_m = \frac{Q_T}{S \times (t_i - t_e)} \quad (\text{Eq. 7.8.}) \quad [16]$$

on:

- $P_m$ : permeabilitat mitjana ( $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ )
- $Q_T$ : pèrdues per transmissió totals (W)
- $S$ : superfícies exteriors ( $\text{m}^2$ )
- $t_i$ : temperatura interior de càlcul ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $t_e$ : temperatura exterior de càlcul ( $^{\circ}\text{C}$ )

Com els suplementes  $S_2$  i  $S_3$  depenen de la permeabilitat mitjana, en la següent taula es donen els dos suplementes conjuntament ( $S_2 + S_3$ ):

Règim d'utilització	Permeabilitat tèrmica mitja			
	0,1 ÷ 0,33	0,3 ÷ 0,7	0,7 ÷ 1,5	> 1,5
Ininterromput. Potència reduïda nit.	0,07	0,07	0,07	0,07
Interrupció: 9 a 12 hores	0,20	0,15	0,15	0,15
Interrupció: 12 a 16 hores	0,30	0,25	0,20	0,15

**Taula 7.11. Taula suplementes per paret freda ( $S_3$ ) [16]**

El valor del règim d'utilització és 0,80, i la interrupció escollida és “Interrupció: 12 a 16 hores”; per tant el suplement correspon a 0,20.

El resultat definitiu obtingut, després de realitzar el càlcul és;

$$Q_s = 910,51 \text{ W}$$

Es pot consultar amb detall tot el procés de càlcul realitzat, a l'arxiu “Calefacció”, que es troba a l'Annex II: Càlculs”.

#### 7.1.4.4. Guanys gratuïts de calor ( $Q_a$ )

En la majoria dels locals a escalfar, durant el període de temps en què s'exigeixen unes condicions interiors de confort, existeixen simultàniament unes aportacions de calor gratuïtes, que es podran o no tenir en compte a l'hora de determinar la demanda calorífica d'aquest local i que de fer-ho caldrà realitzar una quantificació d'aquesta calor, que se li restarà a la suma de les pèrdues totals de calor.

El més aconsellable és no tenir-les en compte, de no ser molt importants i d'una aportació de forma continuada.

No obstant això, si es volen avaluar i tenir en compte es passa a descriure-les:

##### 7.1.4.4.1. Guanys de calor per aportació dels ocupants

Solament es tindran en compte en els locals públics de gran afluència de persones, mai en edificis d'habitatges. Com a valors orientatius podem donar els següents:

Individu en repòs .....	115 W
Individu en activitat moderada .....	175 W
Individu en activitat important .....	290 W

Aquests valors es poden reduir un 15% per a dones i un 25% per a nens.

##### 7.1.4.4.2. Guanys de calor per il·luminació

Solament es tindran en compte quan la il·luminació es realitzi amb llums incandescents o fluorescents (aquestes últimes no tant per la calor que desprèn el llum sinó per la calor que desprèn la reactància).

Aquestes aportacions es menyspreen als edificis d'habitatges i solament es tindran en compte en edificis singulars i quan la il·luminació ocupi un nombre d'hores important. Com a dades orientatives donarem les següents:

- Per a il·luminacions mínimes (500lux): Incandescència 25W/m<sup>2</sup> – Fluorescència 5W/m<sup>2</sup>
- Per a il·luminacions mitjanes (750lux): Incandescència 35W/m<sup>2</sup> – Fluorescència 8W/m<sup>2</sup>
- Per a il·luminacions altes (1000lux): incandescència 50W/m<sup>2</sup> – Fluorescència 10W/m<sup>2</sup>

##### 7.1.4.4.3. Altres aportacions

Poden existir altres fonts calorífiques que solen tenir a veure amb l'ús del local i que solament se solen donar en edificis singulars o industrials amb un ús permanent dels equips (motors elèctrics, motors tèrmics, equips de combustió localitzada, etc.), durant les hores de funcionament de la calefacció. L'avaluació tèrmica en aquests casos haurà de fer-se amb total rigor i precisió [16].



### Demanda calorífica total d'un edifici ( $Q_0$ )

Una vegada determinades totes les aportacions vistes anteriorment, la demanda calorífica total ve donada per la fórmula:

$$Q_0 = Q_t + Q_v + Q_s - Q_a \quad (\text{Eq. 7.1.}) \quad [16]$$

El resultat definitiu obtingut, després de realitzar el càlcul és;

$$Q_0 = 7779,72 \text{ W}$$

Es pot consultar amb detall tot el procés de càlcul realitzat, a l'arxiu "Calefacció", que es troba a l'"Annex II: Càlculs".

### 7.3. Avaluació dels possibles sistemes de climatització

L'objecte d'aquest apartat és el de fer l'estudi de diferents sistemes de calefacció per escalfar a l'hivern, per tal que els ocupants de l'interior de la vivenda obtinguin un gran nivell de benestar en qualsevol època de l'any i en qualsevol climatologia exterior.

Tal com s'ha dit en l'estudi de les energies necessàries, la climatització d'una vivenda suposa el consum més elevat al llarg de l'any amb un percentatge altíssim de gairebé el 50% de l'energia necessària dins la vivenda. Això suposa que sigui un capítol on s'hauran de comparar els diferents sistemes de calefacció per tot seguit adaptar les solucions adequades i més convenients per a la integració a la vivenda.

Per tant, aquí s'estudiaran les característiques de les diferents formes de climatitzar una vivenda amb els seus avantatges i inconvenients de cadascuna, per després poder-les comparar i escollir la solució que més convingui per al nostre cas. Val a dir que aquest apartat no tracta d'escollir quina forma s'utilitzarà per produir l'energia tèrmica necessària, sinó el medi o aparell que transportarà aquesta energia a l'interior de la vivenda.

Però primer és necessari fer un petit estudi sobre quines són les condicions de confort i com poden modificar-se, i més endavant se sabrà quina de les solucions s'adapta millor a aquestes condicions ideals.

#### 7.3.1. Condicions de confort

La sensació tèrmica és la sensació aparent que les persones tenen en funció dels paràmetres que determinen l'atmosfera en la qual es mou i també la funció dels seus paràmetres personals:

- Índex metabòlic: el calor produït pel cos.
- Índex d'indumentària: abric que proporciona la roba.

Aquesta sensació tèrmica depèn de la relació entre el calor que produeix el metabolisme del cos i el que dissipa cap a l'entorn. Si és major el primer, la sensació és de calor; si és major el segon, la sensació és de fred. Tot mecanisme que augmenti les pèrdues de calor del cos, donarà sensació de fred i a l'inversa.

El cos humà nu té la possibilitat de regular l'emissió de calor per temperatures ambientals compreses entre 15 i 30°C. Per damunt i per sota d'aquesta temperatura s'ha de fer quelcom per ajudar a regular l'emissió de calor.

Es poden modificar els paràmetres que determinen tant la producció com les pèrdues de calor, ja sigui per la persona o per l'ambient que l'envolta.

Per la persona, la producció de calor s'augmenta principalment per l'exercici que es fa o per raons morfològiques de la persona (índex metabòlic). En quant a les pèrdues es poden reduir abrigant-se amb roba (índex d'indumentària).

Pel que fa a l'ambient, el vent augmenta les pèrdues per convecció del cos i també l'evaporació de la suor, amb que aquestes pèrdues augmenten quan major és la velocitat del vent.

La sensació tèrmica també pot ser de major temperatura quan al calor se li afegeix una alta humitat relativa, ja que dificulta l'evaporació de la suor i és el principal mitjà per dissipar el calor corporal, i per tant com a conseqüència es té més sensació de calor.

En els locals, la radiació de les parets també influeix. Si la temperatura d'aquestes és major que la temperatura ambient, tenint una temperatura de l'aire relativament baixa, es pot tenir una sensació de més calor.

Per tal que les parets ja estiguin a temperatura adequada quan les persones ocupen els locals, es recomana tenir connectats amb antelació la refrigeració o la calefacció [17].

### 7.3.2. Sistemes de calefacció

La factura de la calefacció, com ja s'ha dit, és el principal consum a les llars espanyoles, representant més de la meitat del consum energètic total de la casa en els mesos d'hivern. Per aquesta raó és important encertar en l'elecció del sistema de calefacció, ja que no tots garanteixen la mateixa eficàcia a l'hora de combatre les baixes temperatures. Els tipus de vivenda, el lloc on està ubicada i la consciència ecològica de cadascú determina l'elecció d'un model o un altre. Els preus, així com els avantatges i inconvenients difereixen notablement uns dels altres [17].

Els sistemes habituals de calefacció són:

#### 7.3.2.1. Sistema de caldera amb radiadors d'aigua

Aquest és el mètode més utilitzat actualment en la majoria de les vivendes espanyoles i pot funcionar amb tres tipus diferents de combustible: gas natural, gas propà i gasoil C. La caldera de gas natural s'utilitza sobretot en les ciutats, mentre que en els pobles petits o xalets on no pot arribar el subministre d'aquest combustible, es recorre a la caldera que funciona amb propà o gasoil C.

Els radiadors més sol·licitats són els d'alumini, que són millors transmissors del calor i s'escalfen molt més ràpid que els de fundició. Malgrat tot, quan s'apaga la calefacció es refreden molt més ràpid obtenint així una inèrcia molt reduïda [17].

#### 7.3.2.2. Calefacció elèctrica

Aquest sistema és el menys sol·licitat a les empreses de calefacció i el menys recomanat pels professionals del sector, que el consideren car i poc eficaç. Compta amb l'avantatge de que no precisa d'una instal·lació complicada, té un manteniment mínim, i no produeix gasos ni olors. La tarifa nocturna junt amb els acumuladors de calor pot ajudar a reduir les despeses en la factura de la calefacció elèctrica perquè el kWh és més econòmic que durant el dia, però no mereix la pena pel seu gran consum. Els acumuladors porten totxos refractaris per dintre i mantenen el calor, s'endollen per la nit quan la tarifa és més barata i s'escalfen al màxim. Després, durant el dia deixen anar el calor contingut però si fa molt de fred no són eficaços perquè el calor es transfereix ràpidament i els totxos es descarreguen massa aviat degut a la seva baixa inèrcia tèrmica [17].

#### 7.3.2.3. Calefacció per aire calent

Els convectors funcionen mitjançant una resistència de baixa temperatura que calenta l'aire fred que entra per la part inferior de l'aparell, i l'expulsa per la part superior. L'avantatge és que es poden col·locar en qualsevol lloc i no requereixen instal·lació. Per contra no són molt útils en superfícies molt grans [17].

#### 7.3.2.4. Calefacció per bomba de calor aire-aire (multisplits)

És semblant a la calefacció d'aire calent, amb la diferència de que l'aparell interior (evaporador/condensador) és una part de la bomba de calor que és connectat per canonades amb la unitat exterior que forma l'altra part de la bomba de calor (condensador/evaporador més compressor). La funció d'aquest aparell instal·lat en les dependències a escalfar es transportar el calor absorbit de l'exterior fins a l'aire ambient de dins la vivenda augmentant així la seva temperatura [17].

#### 7.3.2.5. Calefacció per terra radiant

S'instal·len en el paviment canonades de polietilè reticulat. Les canonades es col·loquen de 3 a 5cm per sota de la superfície, amb una separació d'entre 5 i 30cm entre elles, fent circular per les canonades aigua entre 35 i 45°C. El terra es manté entre 20 i 28°C i l'ambient entre 18 i 22°C.

El grau de confort que s'aconsegueix amb aquest tipus de calor és ideal. I a més a més s'aconsegueix un estalvi econòmic ja que s'escalfa l'aigua solament a 40°C per mantenir la vivenda a 20°C. Amb els sistemes tradicionals es crema combustible a temperatures superiors als 800°C per escalfar l'aigua a 70 o 80°C i mantenir la vivenda a 20°C. És evident que amb el terra radiant els salts tèrmics són molt més baixos, i com a conseqüència les pèrdues de calor també són menors [17].

### 7.3.3. Descripció dels diferents sistemes

Per poder realitzar la selecció del sistema de climatització més adient per a la vivenda que s'està tractant d'una forma coherent i el més objectiva possible s'haurà de fer un estudi més exhaustiu en quan a característiques (on les principals ja han estat descrites anteriorment), preus que suposen per la implementació a les necessitats de la vivenda segons el seu dimensionament, consums, rendibilitats, confort, etc. Una vegada es té aquesta informació, es podrà passar a comparar tots els sistemes i a escollir el més adient.

Tot i això, amb les característiques principals ja descrites en la presentació dels sistemes ja es pot passar a fer una primera selecció, ja que s'entén que no fa falta que s'estudiïn tots els sistemes perquè se sap per endavant que alguns no podran ser escollits perquè no reuneixen unes bones condicions.

Per fer un resum dels sistemes descrits anteriorment es té:

o Sistemes de calefacció:

- Amb radiadors d'aigua
- Elèctrica
- Per aire calent

o Sistemes de climatització:

- Per bomba de calor aire-aire (multisplits)
- Terra radiant/refrescant

D'aquests 5 sistemes, per una part la calefacció elèctrica la podem desestimar ja que és el sistema menys recomanat pels professionals del sector, són cars, tenen un elevat consum i per tant són poc eficaços; per una altra banda podem desestimar el sistema de calefacció per aire calent ja que no són útils per a superfícies grans com en el cas d'aquesta vivenda i a més tenim el sistema de climatització per distribuïdor d'aire amb bomba de calor que funciona d'una forma semblant però amb l'avantatge que funcionen millor i poden ser reversibles sense haver de fer ampliacions.

De forma generalitzada, i per fer-nos una idea inicial, es poden comparar ràpidament i de forma senzilla els diferents sistemes de calefacció, que al cap i a la fi són els que més consum tindran al llarg de l'any molt per sobre de la refrigeració, mitjançant les següents figures:

o Distribució del calor generat:



Figura 7.1. Exemple de distribució de temperatures en una vivenda [18]

Com es pot observar en les figures anteriors, i englobant els sistemes de calefacció restants junt amb la calefacció per radiadors, el cas del terra radiant manté una distribució de temperatures perfectament uniformades. El calor es concentra en la meitat baixa de l'altura del recinte, que és on hi figuren els integrants de la vivenda sense perdre energia escalfant inútilment la part superior del recinte, que aquesta energia no serà aprofitada per cap dels integrants [17].

o Corbes de distribució del calor :

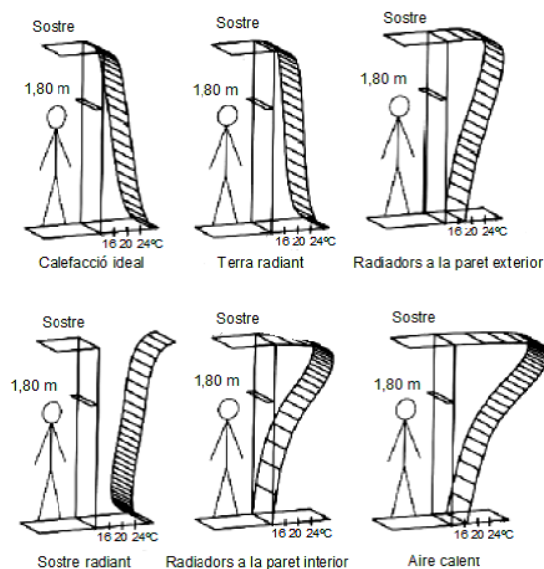


Figura 7.2. Distribució de temperatures dels diferents tipus de calefaccions [18]

Com es pot veure, el sistema per terra radiant és la corba que més s'aproxima al sistema ideal de confort. Per tant, com es pot veure en les dos figures anteriors, partim de que el sistema per terra radiant és de lluny, el sistema que més confort aporta a la vivenda i a les persones que l'habiten.

Per tant, a conclusió definitiva, vers l'exposat anteriorment s'escull **el terra radiant com el sistema utilitzat per calefactar la casa.**

## 7.4. Calefacció per terra radiant

El terra radiant és el sistema que provoca un millor confort, i a més a més té un cicle reversible com el cas dels multisplits ja que també pot funcionar com a terra refrescant a l'estiu provocant així una refrigeració de la vivenda, però en aquesta instal·lació no serà d'utilització aquesta característica.

Aquests sistema està integrat en la casa i la temperatura de la sala es manté uniforme. L'aprofitament del paviment per emmagatzemar energia tèrmica impedeix un escalfament i refredament ràpid obtenint unes inèrcies molt grans. La instal·lació és econòmica si es realitza en obra nova o quan s'han de fer reformes de tot el paviment. En cas de fugues la reparació és difícil, i per això es recomana que no hi hagi unions sota el terra. Tot i així disposa d'una llarga vida útil.

L'elecció del terra radiant es basaria també en el menor consum que necessita, ja que es necessita escalfar l'aigua únicament fins als 40-50°C com a màxim, afegint-hi també una gran inèrcia tèrmica que provoca que el consum encara es redueixi més, provocant que sigui el sistema més eficient de tots els exposats.

També és el més adient degut a què disminueix la possibilitat de contraure afeccions respiratòries, ja que no provoca corrents d'aire dins la vivenda. I també evita el risc de cremades degut a la baixa temperatura de treball de l'aigua circulant.

Tot seguit s'exposen una sèrie de característiques, avantatges, etc, del terra radiant.

### 7.4.1. Característiques

Tal com s'ha observat en les figures de les distribucions del calor generat, el calor aportat pel terra radiant és uniforme en tota la vivenda. Una condició important pel confort humà, també és que, entre el punt més calent i el més fred de la vivenda, no hi hagi una diferència de temperatures superior a 5°C, i tal com indica la temperatura aquest sistema aporta una uniformitat tèrmica envejable.

Segons la corba de distribució de calor aquest sistema ens dona una temperatura ambient de confort de 18°C, que amb sistemes convencionals aquesta temperatura de confort hauria de ser d'almenys 20°C. Cada grau de diferència en la temperatura de la casa significa un estalvi del 6 al 8% en consums de calefacció.

### 7.4.2. Fonts d'energia

El terra radiant es pot aplicar a totes les fonts d'energia convencionals i alternatives. Pel que fa a les convencionals, el gasoil és el recurs energètic més utilitzat. S'adapta perfectament al terra radiant, instal·lat amb un bescanviador de calor per combinar la baixa demanda tèrmica del terra radiant 35 o 45°C, amb l'òptima temperatura de treball dels cremadors 80 o 90°C. En el gas, el control de la flama modular permet a la caldera treballar directament amb el circuit del terra radiant a temperatures de 35 a 45°C. En referència a l'electricitat, continua sent la més neta de les fonts de calor. Considerant l'ús de la tarifa nocturna (acumulant calor en propi terra) es redueixen els costos fins al 53%, convertint-la en l'opció més interessant per vivendes de superfície reduïda.

Pel que fa a les fonts d'energia alternatives, i considerant la bomba de calor com a tal, aquest és un equip que bombeja calor des d'un nivell de temperatura sense cap tipus de benefici (5-10°C en cas de bomba de calor convencional i 15°C en cas de bomba de calor geotèrmica) a un altre superior (40-45°C) útil per calefacció per terra radiant, per exemple.

L'energia consumida en el bombeig és considerablement menor que la transportada (aproximadament 3 - 4 a 1). La bomba de calor és la selecció natural quan es destitja doble ús per a la font d'energia (calefacció i refrigeració).

Altres energies alternatives adaptables al terra radiant són l'energia solar, els recuperadors de xemeneies, calderes de carbó i llenya, el calor residual de processos industrials, les aigües termals, etc.

#### **7.4.3. Avantatges**

En una vivenda amb terra radiant, l'estètica millora molt ja que no hi ha aparells de calefacció a la casa (radiadors, fan-coils, etc), resultant la decoració molt beneficiada. És més saludable gràcies a l'agradable i uniforme calor de la vivenda i el terra assegura un ambient sa i net, sense acumulació del pols cremat, sense turbulències de l'aire i sense ressecar l'ambient. Per això, el terra radiant està especialment recomanat per a guarderies, hospitals, residències d'avis, etc. Té un baix manteniment ja que la canonada de polietilè reticulat és pràcticament indestructible per instal·lacions encastades en formigó o guix i tampoc és atacat per la corrosió. La dilatació tèrmica de la canonada no perjudica al paviment.

#### **7.4.4. Inconvenients**

L'únic inconvenient que se li pot aplicar al terra radiant, és durant el cicle de terra refrigerant. Quan aquest està funcionant com a refrigeració durant l'estiu, provoca condensacions en la capa superficial del terra de les dependències, provocant, així, un efecte continu de recent fregat que fa que no sigui recomanat amb aquest ús.

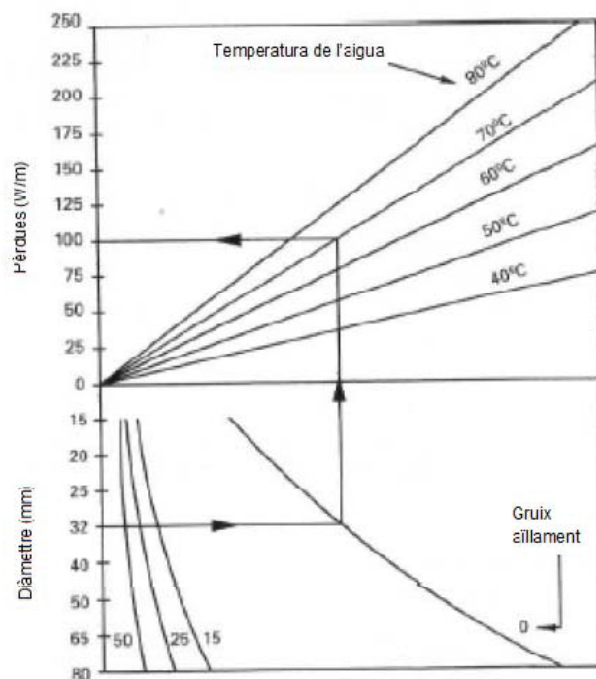
Per combatre aquestes condensacions es pot actuar mitjançant dos fronts: col·locant deshumidificadors per eliminar aquestes condensacions, o instal·lant fan-coils perquè treballin de forma paral·lela o majoritària amb el terra refrigerant i contrarestin les condensacions que aquest últim provoca.

#### **7.4.5. Estalvi energètic d'una calefacció amb terra radiant**

A més de les característiques avantatjoses esmentades a l'apartat anterior, un dels principals avantatges d'un sistema radiant és l'estalvi energètic que es produeix en comparació amb altres sistemes que utilitzen el mateix tipus d'energia primària. Algunes d'elles ja s'han comentat amb anterioritat i tot seguit les estudiarem més a fons. Es poden enumerar les següents causes de la seva eficiència energètica:

- Menor temperatura de l'aigua de distribució:

La temperatura en les canonades generals és com a mínim 25°C inferior a la d'altres sistemes, per la qual cosa quan aquestes passen per dependències o zones que no necessiten calor es disminueixen considerablement les pèrdues. En la figura següent s'observa la relació existent entre la temperatura de l'aigua, el diàmetre de la canonada, el gruix de l'aïllament utilitzat i les pèrdues en watts per metre lineal de tub:



**Figura 7.3. Pèrdues de calor en canonades segons diàmetre, gruix d'aïllament i temperatura de l'aigua del seu interior [18]**

- Menor temperatura del sostre

El sostre d'una habitació amb terra radiant està a una temperatura 6°C inferior a la d'altres sistemes, podent arribar a fins a 10°C menys. Amb una calefacció convectiva, ja sigui per radiadors, ventiloconvectors o per bomba de calor, es perd aproximadament un 50% més de calor pel sostre.

- Menor temperatura de l'aire ambient

Amb una calefacció per terra radiant es pot tenir l'aire al voltant de 20°C per sentir confort, mentre que per radiadors l'aire ha d'estar a uns 22°C. Quan es ventila voluntàriament el local o es produeixen renovacions incontrolables de l'aire interior, es perd el calor contingut en el mateix.

- Aprofitament de les aportacions gratuïtes de calor

L'efecte contrari i positiu d'aquesta inèrcia en quant al consum energètic, és el de l'autoregulació. El terra és capaç d'aprofitar les aportacions gratuïtes de calor com les procedents de la radiació solar, d'aparells emissors de calor, de làmpades halògenes o d'un augment brusc del nombre de persones. L'energia per unitat de superfície que cedeix un terra a una estança és la suma de l'intercanvi convectiu i del radiatiu:

- Capacitat de redistribució del calor

Aquest avantatge és difícil de quantificar. Però quan per la incidència de la radiació solar, o per algun altre factor més o menys circumstancial, es produeix un aportació gratuïta de calor o fred en una zona del terra o superfície radiant, el sistema de canonades encastades absorbeix aquesta fluctuació tèrmica repartint-la per la resta de circuits o superfícies, i com a conseqüència entre els diferents ambients.

#### 7.4.6. Característiques constructives

El terra radiant és el sistema que necessita d'unes característiques constructives més complexes en comparació dels altres sistemes. Bàsicament es realitza sobre el forjat de la vivenda, el qual se li afegeix una placa de poliuretà expandit de  $25 \text{ kg/m}^3$  amb unes formes especials per aconseguir una distribució idònia dels tubs de polietilè, a més a més de dotar de major consistència mecànica a la placa. Aquesta placa a més té una capa plàstica a la part superior, que fa de barrera de vapor amb la massa de formigó que posteriorment es col·loca. D'aquesta manera queda totalment sanejada la part inferior de possibles condensacions. A la part lateral, s'instal·la una tira perimetral a l'habitacle d'espuma de polietilè que permet absorbir les dilatacions que es produeixen a la placa de formigó en escalfar-se. Aquesta tira és d'uns 8 a 10mm i una vegada forjat el formigó se'n tallaran les sobres. Sobre aquesta base preparada adequadament, s'instal·larà el tub de polietilè de 1,8 a 2mm de gruix de la paret. Un esquema de la instal·lació de terra radiant es mostra en la següent figura:

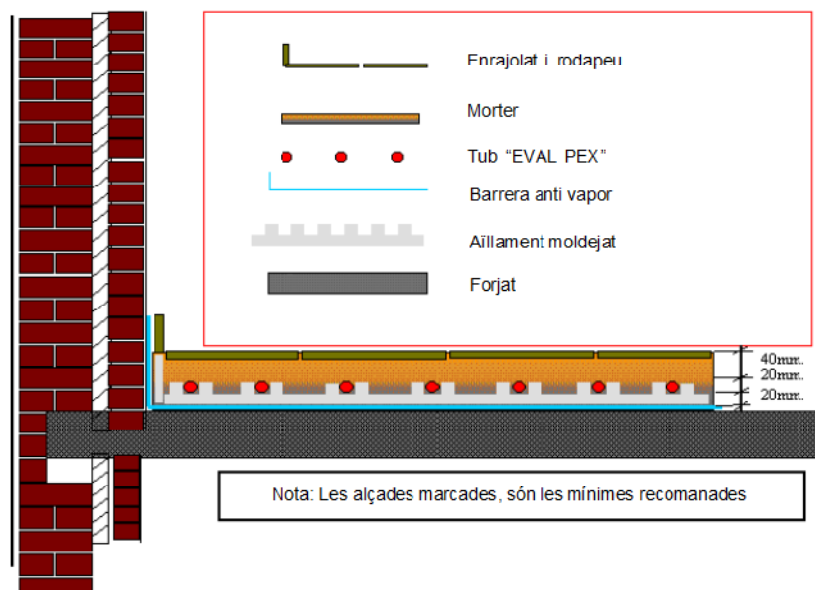


Figura 7.4. Tall en la secció d'un terra radiant [16]

#### 7.4.7. Elements de la instal·lació

Els elements que componen una instal·lació tipus de terra radiant són: canonades metàl·liques, canonades plàstiques, aïllaments, sistemes de fixació, banda perimetral i distribuïdor. On les característiques de cada un són:

- Canonades metàl·liques

Poden ser d'acer o de coure però en l'actualitat estan totalment en desús.

- Canonades plàstiques

Les més usuals són de dos tipus:

- Canonada de polietilè reticulat (PER) és la que ofereix major qualitat. A la matèria primera se li afegeix un catalitzador orgànic. El nou material posseeix una estructura molecular molt estable, que el capacita per resistir majors pressions (superiors a 24 bars) i temperatures més altes (fins i tot puntualment per sobre de  $95^{\circ}\text{C}$ ), al mateix temps que s'eleva la seva resistència a l'abració i l'atac dels productes químics. El diàmetre de curvatura mínim sense que sofreixi deformacions és de fins a deu vegades el diàmetre exterior del tub. El seu major inconvenient



resideix en els serpentins, ja que aquesta canonada no se li permeten soldadures o unions al llarg de tota la canonada, sent un únic tram de tub, això implica una pèrdua important de material per cada rotllo comercial que sol tenir de 120 a 150m de longitud.

- Canonada de polipropilè; és una de les més utilitzades en les calefaccions per sòl radiant, en primer lloc pel seu baix cost (és la més econòmica) i en segon lloc per les seves qualitats idònies per a aquesta aplicació. Suporta temperatures de fins a 60°C sense envellir i té una llarga vida, per a les condicions de treball del sòl radiant i a més presenta l'avantatge de poder-se empalmar mitjançant soldadura amb maniguets del mateix material, amb un soldador especialment dissenyat per a això. El diàmetre de curvatura mínim és de quinze vegades el diàmetre del tub, sent aquesta la mínima corba que admet el tub sense deformar-se.

Els diàmetres comercials útils i habituals per a aquest tipus d'instal·lacions són el de 16/12mm i el de 20/16mm. Corresponent a aquesta nomenclatura el primer número representa el diàmetre exterior i el segon el diàmetre interior. El tub de 12/16 és el més utilitzat en les instal·lacions de menys de 150m<sup>2</sup>, amb diàmetres menors es pot augmentar la densitat del tub embotit (metres lineals de tub per unitat de superfície emissora), augmentant d'aquesta manera la superfície exterior del tub en contacte amb el morter i millorant l'intercanvi de calor. No obstant, no és convenient instal·lar canonades de menor diàmetre que la de 12/16, i la indicació va encaminada òbviament a facilitar la circulació del fluid portador de calor i a limitar la mida dels circuladors.

Quan la instal·lació té una certa envergadura (superfícies de més de 200m<sup>2</sup>) s'han d'utilitzar canonades de 30/30.

Els tubs durant els treballs de soldat hauran d'estar sotmesos a una pressió mínima de 6 bars.



Figura 7.5. Canonades plàstiques [25]

#### - Aïllaments

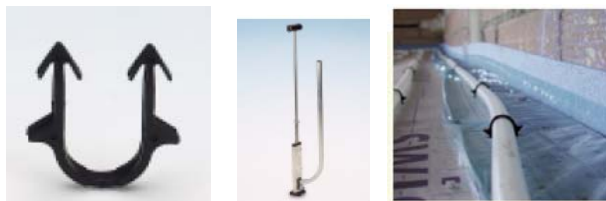
Una vegada net i escombrat el forjat, es disposa la placa d'aïllament, que té dues missions: la primera i fonamental servir d'aïllant tèrmic per evitar que la calor se'n vagi cap avall (amb la qual cosa passaria al sostre de la planta inferior) i en segon lloc, servir de suport i modulació (no en tots els casos) als tubs pels quals circularà l'aigua calenta. Aquest aïllant ha de ser d'alta densitat, per suportar sense aixafar-se el pes de la llosa, i la càrrega d'ús. El material més utilitzat per a aquesta finalitat és el poliestirè expandit (porexpan) d'alta densitat, amb una densitat superior a 20 kg/m<sup>3</sup>.



Figura 7.6. Bobina d'aïllament [25]

### - Sistemes de fixació

Al desenrotllar la canonada sobre l'aïllant base és necessari fixar-la al mateix temps. Qualsevol sistema de fixació del tub a l'aïllament pot ser vàlid sempre que no es provoquin friccions que puguin deteriorar les parets del tub als seus esforços de dilatació i contracció, degut als habituals canvis de temperatura. El sistema de subjecció del tub (grapes, pinça, enganxis, etc) constitueixen les patents de cada casa dedicada a la instal·lació de sòls radiants.



**Figura 7.7. Sistema, ferramenta i acabat de fixació de les canonades [25]**

### - Banda perimetral

És una banda de material aïllant que separa la llosa de morter i l'enrajolat de les parets, aconseguint que aquest sigui un paviment flotant, facilitant la dilatació del mateix i pal·liant l'efecte de fuga de calor degut al pont tèrmic del terra amb les parets i tancaments laterals. La temperatura de treball dels sistemes radiants no implica risc de trencament de l'enrajolat per efectes de dilatació. El material per la banda perimetral pot ser poliuretà, poliestirè expandit o algun altre material aïllant. El seu gruix no acostuma a ser superior a 10mm i la seva altura de 10 a 16cm.



**Figura 7.8. Col·locació banda perimetral [25]**

### - Distribuïdor

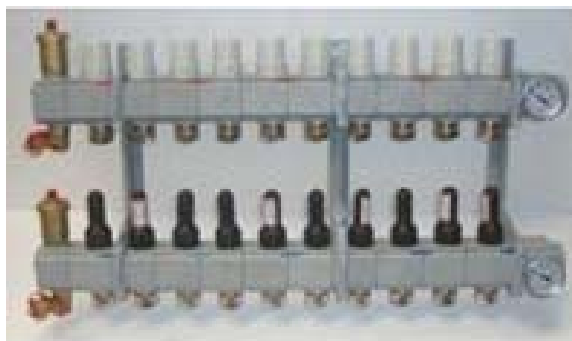
Com el seu nom indica, la seva missió és la de distribuir l'aigua de la canonada general que porta l'aigua calenta o freda a cadascun dels circuits emissors, normalment dividits per habitacions, i recollir l'aigua dels circuits per tornar-la per una canonada principal i al generador. El distribuïdor està compost de dues canonades horitzontals paral·leles subjectes a la paret mitjançant un suport. El distribuïdor porta incorporats per a cada circuit una vàlvula, detentors, purgadors, termòmetres, aixetes de buidatge i cabalímetres, i d'aquí parteixen els tubs cap al terra. Un dels tubs col·lectors és el de circulació i l'altre el de retorn. La grandària del distribuïdor dependrà del número de circuits. En aquest cas s'ha utilitzat un distribuïdor de 10 circuits.

Els distribuïdors han de portar un detentor per circuit per tal que es pugui regular el cabal de pas a cada un d'ells, realitzant un equilibrat hidràulic de la instal·lació. També han d'incorporar una vàlvula micromètrica per a cada circuit per a què l'usuari pugui connectar o desconnectar la calefacció a les diferents zones o habitacions a les que correspon.

Altres dispositius imprescindibles que ha d'incorporar el distribuïdor són els purgadors. Aquests elements permeten l'evacuació de l'aire de les instal·lacions, i poden ser manuals o automàtics,

s'ha de col·locar un a la sortida i l'altre al retorn, o almenys un al col·lector que estigui situat més alt, que serà preferiblement el de retorn.

A cada un dels tubs col·lectors, amb l'objectiu de poder independitzar-los de la resta de la instal·lació, se li connecten unes claus d'esfera, una a l'entrada del col·lector de circulació i una altra a la sortida del de retorn.



**Figura 7.9. Distribuidor de 10 circuits [20]**

Damunt del morter es disposa l'acabat del sòl (rajola, marbre, parquet, etc.). Cal tenir en compte, que uns acabats de sòl són més propicis per al sòl radiant que uns altres, per la qual cosa és procedent conèixer la conductivitat d'aquests acabats, que a títol orientatiu s'expressen en la següent taula, tenint en compte la influència tan gran que té l'espessor.

Tipus de paviment	Conductivitat tèrmica ( $\lambda$ ) (Kca/hm <sup>2</sup> K)
Moqueta	0,04
Linòleum	0,05
PVC	0,12
Parquet	0,16
Rajola ceràmica	1,04
Morter	1,20
Catifa	0,04
Marbre	2,20

**Taula 7.10. Conductivitat tèrmica de diferents paviments [16]**

Els paviments amb major coeficient de conductivitat són els més adequats, per cedir més fàcilment la seva calor.

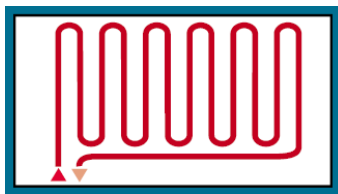
#### 7.4.8. Tipus de circuits i les seves variants

La distribució de les canonades damunt el terra de les habitacions no pot ser aleatòria i s'ha d'intentar que la seva disposició sigui embotida en la capa del morter repercuteixi en una repartició homogènia del calor per tota la superfície del terra. Això s'aconsegueix determinant la separació entre les canonades i mantenint un mínim gruix de capa de morter per damunt de les canonades (recomanable 4cm).

La separació entre les línies de les canonades està determinada segons les necessitats energètiques dels espais climatitzats. Les canonades s'estenen formant serpentins o espirals, normalment amb tres formes bàsiques:

### - Distribució amb serpentí simple

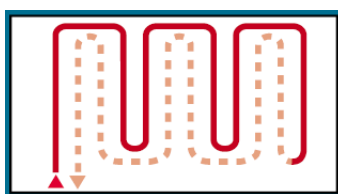
Aquesta distribució és la forma més senzilla i consisteix a anar repartint el tub al llarg de l'habitació en línies paral·leles d'anada i volta equidistants entre elles. Presenta com a avantatge la seva senzillesa i economia, però té un mal repartiment de la calor, ja que l'aigua va perdent temperatura al llarg del mateix.



**Figura 7.11. Esquema de distribució en serpentí simple [25]**

### - Distribució en doble serpentí

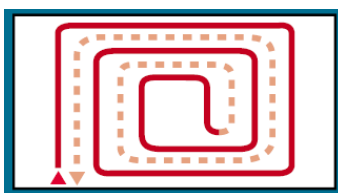
Realitza un doble serpentí, que consisteix en la col·locació de dos serpentins intercalats un en l'altre. Aconseguint-se amb aquest sistema temperatures mitjanes iguals, però com a inconvenient s'ha d'evitar formar petits radis de corbatura en el tub, per reduir el risc de deformació a les corbes.



**Figura 7.12. Esquema de distribució en doble serpentí [25]**

### - Distribució en espiral

Consisteix a anar formant una espiral quadrada o rectangular amb el recorregut dels tubs, dins de l'habitació. Es comença el muntatge de l'espiral per l'exterior i es van muntant línies successives de tub, de fora a dins, deixant entre línia i línia un espai per col·locar una altra, per on dona la volta el tub una vegada que s'ha arribat al centre i es comença el recorregut invers, que es fa de dins a fora, emplenant els buits anteriorment deixats fins a arribar de nou a l'exterior de l'espiral. Aquest sistema, proporciona també temperatures mitjanes iguals en qualsevol punt de l'habitació i distribueix la calor uniformement. És el sistema més adequat amb caràcter general per a habitatges.



**Figura 7.13. Esquema de distribució en espiral [25]**

La distribució de les diferents estances i la ubicació del distribuïdor es pot observar en el plànol “6. Terra radiant”, es troba a l'Annex IV. Plànols”.

#### 7.4.9. Per què utilitzar el sistema de terra radiant

Segons sembla, el terra radiant té un ventall molt gran d'avantatges respecte als altres sistemes, i per resumir-les totes juntes s'ha creat aquest subapartat on podem dir que les diferències fonamentals amb la resta dels sistemes de calefacció són les següents:

1- La temperatura de treball de l'aigua està entre 30 i 50°C, no superant mai els 55°C, mentre que els sistemes de radiadors funcionen amb aigua entre 70 i 90°C. Això permet utilitzar generadors de calor de baixa temperatura com poden ser les bombes de calor o els panells solars, així com qualsevol tipus de caldera elèctrica, de gas o gasoil, evitant el risc de cremades.

2- En un local calefaccionat per aquest sistema la temperatura és molt més uniforme. No existeixen zones fredes i zones calentes com succeeixen en calefaccions per aire o per radiadors, on les zones pròximes als emissors estan més calentes que les llunyanes o que les pròximes a les finestres, formant-se a més a més bosses d'aire calent als sostres. Les asimetries radiant provocades per grans finestres poden ser compensades amb un augment de la densitat dels tubs embotits en les zones on es trobin les superfícies amb finestres.

3- L'absència en parets i sostres d'emissors de calor permet més versatilitat en les propostes de decoració i disposició del mobiliari augmentant el confort visual i l'estètica.

4- La velocitat de circulació de l'aire no supera els 0,05 m/s de manera que no hi ha moviments de pols ni ennegriments de parets i cortines. A més a més, per aquest motiu s'evita la sensació desagradable de corrents fluctuants d'aire. Els anomenats radiadors que es col·loquen a les parets només irradien entre un 10 i un 30% de la seva potència calorífica, la resta de l'emissió la realitzen per convecció. En una superfície radiant la radiació representa més del 60% de la seva potència calorífica.

5- Des del punt de vista de la salut disminueix la probabilitat de contreure afeccions respiratòries en no existir pràcticament corrents d'aire i no influir de manera important a la humitat relativa, ja que es treballa amb una temperatura seca de l'aire ambient d'almenys dos graus per sota respecte a altres calefaccions. En vivendes i escoles de bressol amb nens, aquests contreuen menys refredats ja que bona part del temps el passen a terra. Evita el mal de cap i atordiment provocat per aire excessivament calent al voltant del cap, ja que es mantenen els peus calents i el cap serè.

6- En locals amb sostres alts com esglésies, auditoris, teatres, cinemes, etc, l'estalvi energètic és substancial, ja que es treballa amb una temperatura de l'aire ambient inferior almenys en 2°C als sistemes que utilitzen exclusivament aire com a vehicle portador de calor. Cal tenir en compte que en aquests edificis el volum a tractar és molt elevat i per circulació natural s'acumula en les zones més altes de l'edifici que és justament on no s'aprofita.

7- Un sistema radiant compleix millor que cap altre amb les condicions interiors de benestar tèrmic establertes al RITE en la seva ITE 02.2.1, en el que es fa referència al gradient tèrmic segons l'alçada i la velocitat de circulació de l'aire.

8- Tenint en compte l'interval de temperatures ambient de 20 a 28°C el cos humà bescanvia un 30% de calor per convecció, un 40% per radiació i un 25% per evapotransmissió. De manera que escalfant o refredant superfícies grans s'augmenta l'eficàcia dels bescanvis entre el cos i l'entorn.

La temperatura de treball de l'aigua està entre 30 i 50°C, no superant mai els 55°C
No existeixen zones fredes i zones calentes, i no es formen bosses d'aire calent als sostres
Més versatilitat en les propostes de decoració i disposició del mobiliari augmentant el confort visual i l'estètica.
La velocitat de circulació és molt lenta, de manera que no hi ha moviments de pols ni ennegriments de parets i cortines.
Disminueix la probabilitat de contreure afeccions respiratòries al no existir pràcticament corrents d'aire i no influir de manera important a la humitat relativa, ja que es treballa amb una temperatura seca de l'aire ambient
En locals amb sostres alts l'estalvi energètic és substancial, ja que es treballa amb una temperatura de l'aire ambient inferior almenys en 2°C
Compleix millor amb les condicions interiors de benestar tèrmic establertes al RITE en la seva ITE 02.2.1, en el que es fa referència al gradient tèrmic
Augmenta l'eficàcia dels bescanvis entre el cos i l'entorn

**Taula 7.13. Quadre resum dels avantatges de la utilització del terra radiant [16]**

#### 7.4.10. Localització dels col·lectors

Els col·lectors se situen en un lloc centrat respecte a la zona a calefactar a la qual donen servei. S'ha de buscar, dins d'aquesta àrea centrada, una ubicació que no distorsioni l'aspecte estètic de l'espai habitable. En aquest cas els col·lectors per a la vivenda es situaran en un armari situat en el distribuïdor.

En funció del nombre de circuits es determina el nombre de col·lectors a situar. Cada col·lector té un màxim de 12 circuits.

#### 7.4.11. Disseny de circuits

Es recomana que cada local (dormitori, cuina, etc.) sigui calefactat per circuits independents. D'aquesta manera es possibilita la regulació de temperatures de cada estància de forma independent. Previ al disseny de circuits han de mesurar-se les àrees que van a calefactar cadascun dels circuits. Posteriorment ha de mesurar-se la distància existent entre l'àrea a calefactar i el col·lector.

La distància entre tubs ha de ser la mateixa en tots els circuits de la instal·lació. Es recomana una distància entre tubs de 20cm. Aquesta serà la distància emprada per al nostre cas.

### 7.5. Aigua calenta sanitària (ACS)

Les instal·lacions d'aigua calenta sanitària són part de la instal·lació de lampisteria, íntimament lligada a la xarxa d'aigua freda. L'objecte de la mateixa és dotar del servei d'aigua calenta als aparells sanitaris que la demandin, i referint-se bàsicament a la instal·lació d'habitatges, són per tant, els aparells sanitaris de: cambres de bany, lavabo i serveis de cuina. El servei d'aigua calenta és una necessitat de primer ordre, en les instal·lacions d'habitatges, tant com el propi servei d'aigua freda.

Les temperatures de l'aigua solen ser les següents:

Lavabos, banys, dutxes, bidets, etc.	de 40 a 50°C
Cuina (aigüera)	de 55 a 60°C
Rentadora	de 55 a 80°C
Rentavaixelles	de 50 a 70°C

**Taula 7.14. Temperatures de l'aigua calenta en una vivenda [16]**

Tenint en compte que al moment del seu ús, és barrejada amb aigua freda, i per tant la seva temperatura d'ús és inferior a les anteriors.

La despesa d'aigua calenta sol presentar variacions de consum molt més acusat que l'aigua freda, la qual cosa obliga en ocasions a disposar d'una reserva acumulada que sigui capaç de compensar la demanda en un determinat moment d'un cabal punta elevat, que per un altre sistema obligaria a un focus calorífic excessivament potent per poder servir aquesta demanda.

L'escalfador és el focus calorífic que proveeix d'aigua calenta les instal·lacions individuals podent ser instantanis (quan produeixen l'aigua calenta al mateix temps que es consumeix), o bé acumuladors (quan escalfen l'aigua i l'acumulen fins al moment en què és consumida), tenint un volum limitat que, una vegada gastat, obliga a un temps sense servei fins que de nou s'aconsegueixi la temperatura de consum.

### 7.5.1. Sistemes de producció d'aigua calenta

En el següent quadre, es fa un esquema dels diferents sistemes de producció d'aigua calenta per a edificis, així com dels mitjans d'escalfament de l'aigua, passant seguidament a fer una succinta descripció de cada tipus.

En termes generals, els sistemes es divideixen en dos grans grups:

- El sistema individual; que resol a nivell d'habitatges independentment, bé d'una forma col·lectiva per a tots els aparells de cada habitatge o bé a nivell individual total (unitari), per aparells sanitaris o per locals humits. Aquest sistema que es pot observar en la Figura 7.14 en general utilitzat en habitatges modestos, permet un control unitari de consum, totalment a voluntat de l'usuari, però a nivell d'edifici, agrupa una heterogeneïtat d'energies diferents que expliquen les instal·lacions, ja que no sempre guarden les reglamentacions que cada cas exigeix.
- Els sistemes de distribució centralitzats, poden adoptar qualsevol esquema, sent els més generalitzats per habitatge, segons s'indica en l'esquema de la Figura 7.15., sent a més la circulació forçada mitjançant bomba.

Individual (per vivenda)	Unitari (per sanitari)	Escalfador	Instantanis o Acumuladors	Gas o Electric
	Col·lectiu (per local o vivenda)	Escalfador	Instantanis o Acumuladors	
		Caldera i Solar	Mixta ACS	
Central (per edifici)	Caldera i Solar		Bescanviadors Interacumuladors	

**Taula 7.15. Sistemes de producció d'ACS [16]**

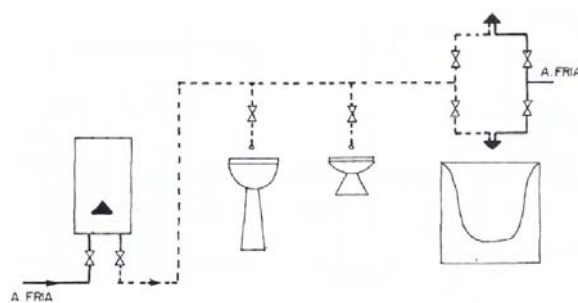


Figura 7.14. Sistema individual de producció d'ACS [16]

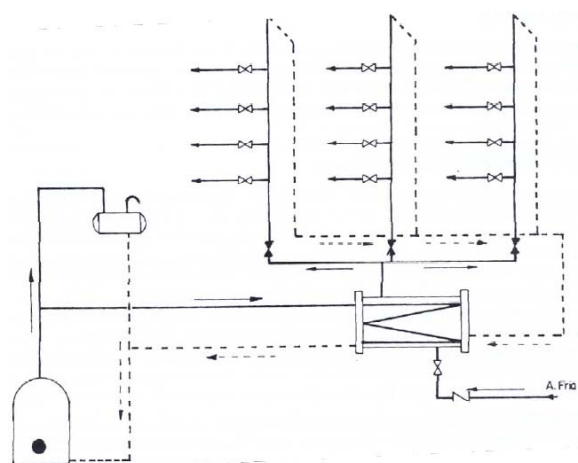


Figura 7.15. Sistema centralitzat de producció d'ACS [16]

### 7.5.2. Obtenció d'ACS per mitjà de l'energia solar

Una de les aplicacions on l'ús de l'energia solar ha tingut majors incidències pràctiques, des que la racionalització en l'ús de l'energia durant els anys de la crisi del petroli busqués l'ús d'altres energies alternatives per aplicar-les en les instal·lacions d'edificis, ha estat sense cap dubte en l'obtenció d'ACS, bé com a energia única bé per resoldre el problema o bé com a energia de suport a una altra convencional en funció de la latitud en la qual es trobi la localitat d'aplicació i en funció de la seva magnitud.

El circuit bàsic es compon d'un element de captació, generalment constituït per col·lectors plans, un bescanviador de calor a través del com es tanca el circuit primari, circulant el fluid bé per termosifó o per mitjà d'un circulador (bomba elèctrica). És doncs un sistema tradicional de producció d'ACS, on s'ha substituït el focus calorífic (caldera) per col·lectors que captin l'energia solar, en forma calorífica i la cedeixen en el bescanviador. Posteriorment s'organitza un circuit secundari, amb sistema auxiliar de suport o no, segons la importància del consum.

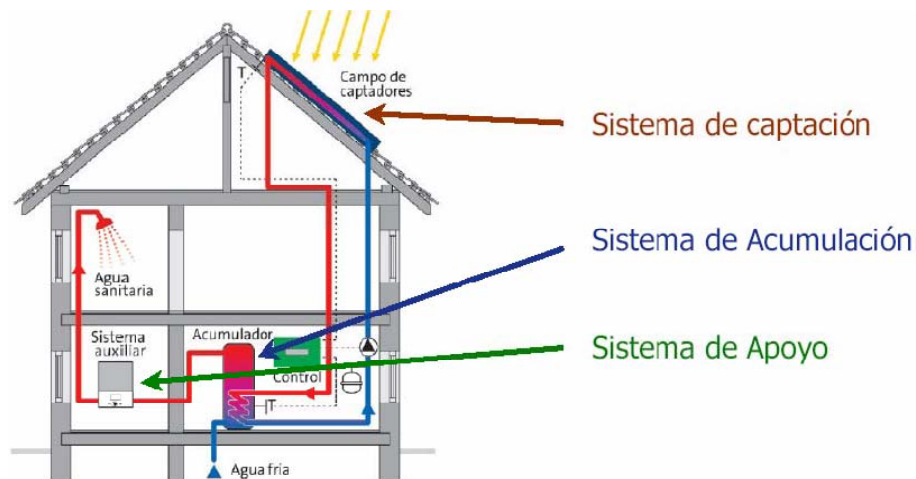
L'element fonamental de la instal·lació és òbviament el col·lector de captació.

El sistema es desenvolupa sobre la base de quatre funcions:

- Captació d'energia solar
- Emmagatzematge
- Tràfec d'energia



- Sistema energètic auxiliar (opcional)



**Figura 7.16. Esquema d'instal·lació solar tèrmica per a la producció d'ACS [16]**

### *Captació*

Té per objecte captar l'energia incident, principalment en forma de radiació solar, transformant-la en energia calorífica i augmentant d'aquesta forma la temperatura del fluid termotransportador (generalment una barreja d'aigua i glicol), que circula a través del col·lector.

Els components principals d'un col·lector pla són els següents:

- La coberta transparent, formada per una o dues làmines de vidre, o de plàstic
- La placa absorbent o superfície negra
- Els elements pels quals circula el fluid caloportador, (canonades o serpents)
- L'aïllament, que protegeix a la part lateral i posterior del col·lector
- La caixa que conté els elements anteriors i els protegeix de la intempèrie
- El propi fluid caloportador

Vegem ara la funció d'aquests elements:

### *Coberta transparent*

El seu principal paper és obtenir l'efecte hivernacle (permetre l'entrada de la radiació solar incident, de petita longitud d'ona, i impedir la sortida de l'energia irradiada per la placa en escalfar-se, de gran longitud d'ona). Qualsevol material que tingui aquesta propietat és acceptable com a aïllant exterior. Encara que en alguns casos s'han utilitzat certs plàstics, fibra de vidre, etc. El vidre segueix sent el material idoni per a aquesta funció, per la seva major estabilitat i per les seves millors característiques.

La coberta transparent, a més de protegir la placa negra dels agents atmosfèrics, redueix les pèrdues de calor cap a l'exterior. Però aquesta coberta també reflecteix una part de la radiació que incideix sobre ella. Per tant, si afegim al col·lector, una segona coberta disminuïm les pèrdues del col·lector, encara que també serà menor la radiació que arriba a la placa absorbent. En general, pot afirmar-se que quan la diferència de temperatures entre plaques absorbents i l'ambient no és molt gran, resulta avantatjós utilitzar un sol vidre i solament recórrer als col·lectors de doble coberta en aquells llocs en què la temperatura ambient sigui baixa.

Normalment, per als sistemes solars d'escalfament d'aigua i per a la climatologia espanyola, sol ser suficient amb un vidre simple.

#### *Placa absorbent*

La placa absorbent està constituïda normalment per metall ennegrit o tractat adequadament i adopta formes diverses segons sigui la conducció del fluid. El material més utilitzat sol ser coure, per les seves característiques de conductivitat i durabilitat, encara que també s'utilitzen en alguns casos, altres metalls. Una placa absorbent eficaç és aquella en la qual es canvia una absorbència alta per a la radiació solar, amb una baixa emitància en el camp de l'infraroig. (Una superfície d'aquestes característiques es denomina superfície selectiva).

#### *Elements per a circulació del fluid*

Solen ser canonades, formant serpentins al llarg i ample del col·lector i en contacte directe amb la placa absorbent, perquè aquesta els transmeti l'energia calorífica. En alguns col·lectors es constitueix un circuit tortuós de l'aigua sobre la pròpia placa, a força d'unions estudiades similars als intercanvis de plaques.

#### *Aïllament*

Tots els col·lectors tenen un aïllant d'espessor variable situat sota la placa col·lectora, que bé pot estar constituït per fibres de vidre, poliestirè, escumes rígides de poliuretà, vidre cel·lular, etc, que disminueixen al màxim les pèrdues de calor del col·lector pels laterals i el fons. Sol ser una pràctica comuna utilitzar, per a la part posterior del col·lector, una làmina reflectora d'alumini i un espessor d'aïllament no inferior a 8 cm que pot augmentar-se fins a 13 cm, quan el col·lector vagi a estar exposat al vent per ambdues cares. Per als laterals es recomana espessors d'aïllament no inferiors a 3 cm.

#### *Caixa o armadura*

La caixa pot ser de molt diversos materials: metall, fibra, etc.; ha d'assegurar al conjunt del col·lector una protecció, perquè sigui duradora. Això exigeix cuidar els detalls lligats a les dilatacions per evitar trencaments de vidre, i a l'estanquitat per evitar que l'aigua penetri i ataquí a la placa col·lectora, a l'aïllant i a les juntes. Tots aquests elements han de procurar que la vida del col·lector sigui perllongada (mai inferior a 10 anys).

#### *Fluid caloportador*

El fluid caloportador compleix la missió de recollir la calor captada per la superfície absorbent i transportada al dipòsit d'acumulació. El fluid que s'utilitza normalment en els sistemes solars per a l'escalfament d'aigua sanitària és aigua, donada la seva alta capacitat calorífica i la seva disponibilitat. No obstant això, la utilització d'aigua en els col·lectors pot presentar dos problemes: la congelació i la corrosió.

En el cas que existeixi perill de congelació ha de preveure's el drenatge dels col·lectors, o bé afegir a l'aigua un anticongelant.

Ha de prestar-se també una especial atenció al problema de la corrosió, que és un dels més importants quan els col·lectors treballen en circuits tancats i van proveïts d'un got d'expansió tancat. De totes maneres, el problema de corrosió depèn fonamentalment de la qualitat de l'aigua emprada en el circuit de col·lectors. Un altre punt que ha de ser tingut en compte és la compatibilitat entre el fluid caloportaador i els metalls amb els quals està en contacte.

### *Emmagatzematge*

Normalment les hores que es produeix la demanda d'aigua calenta sanitària per part de l'usuari no coincideixen amb les hores d'insolació. Tampoc tot el temps en què podem estar captant l'energia solar s'està consumint aigua calenta. Cal doncs disposar d'algun element que emmagatzemi energia solar, de tal forma que acumulant la que es produeix en les hores en què no hi ha consum d'aigua calenta, pugui subministrar la que es demanda en hores punta. En els sistemes de producció d'aigua calenta, l'energia s'emmagatzema com a calor sensible acumulada en un dipòsit d'aigua.

Quan el dipòsit d'acumulació té un gran volum i la relació d'altura a diàmetre és considerable, ha de tenir-se en compte l'estratificació de temperatures dins del mateix per incidència que aquesta pot tenir sobre el rendiment dels col·lectors. Per a sistemes petits l'efecte de l'estratificació pot considerar-se menyspreable.

### *Tràfec d'energia*

El fluid termotransportador de l'energia solar ha de circular entre els col·lectors i el bescanviador de l'acumulador, de tal forma que cedeixi en aquest segon element l'energia que capta en els col·lectors. Cal doncs interconnectar el col·lector i l'acumulador mitjançant un sistema de canonades. En aquest circuit hidràulic és convenient intercalar una bomba que compensi les pèrdues de càrrega que s'ocasionin en el circuit primari. Lògicament aquest circuit pot ser obert o tancat i ha d'anar unit al seu got d'expansió corresponent i estar proveït de punts de ventilació en el circuit.

### *Sistema energètic auxiliar*

L'energia solar proporciona un estalvi de combustible important però no és suficient. Hi ha molts dies en què mitjançant l'energia solar podem augmentar la temperatura de l'aigua de xarxa en 10 o 15°C, però aquesta temperatura no és suficient per a les necessitats del consum. Normalment es necessiten augments de 40 a 45°C. Cal en aquests dies recórrer al sistema tradicional que ens proporcioni la part energètica que no han pogut subministrar els panells solars.

### *Funcionament del sistema*

Els panells solars, degudament orientats i inclinats, capten l'energia solar que transmeten al fluid que circula a través d'ells. Pel sistema de canonades existents, aquest fluid arriba a l'acumulador on cedeix l'energia captada en els panells a la massa d'aigua que conté l'acumulador, que per consegüent augmenta la seva temperatura. El fluid torna als panells solars i el cicle es repeteix.

### *Col·locació òptima dels col·lectors*

La col·locació més adequada dels col·lectors solars serà la que proporciona la major captació d'energia possible, en funció de l'aplicació a la qual es destini. Per exemple, quan el sistema es destini a calefacció, interessa aquella col·locació que permeti el màxim aprofitament de l'energia solar durant els mesos d'hivern. Per contra, per al cas que ens ocupa com a aplicació del sistema a obtenció d'ACS, la seva col·locació estarà menys afectada pel clima i resultarà més interessant aquella que permeti la màxima captació anual, per a ús permanent.

L'orientació dels col·lectors preferentment és amb la seva cara frontal al Sud, on amb desviacions entre 15° Est o 25° Oest, no s'altera sensiblement la captació solar anual, adoptant-se en la Península Ibèrica, els angles d'inclinació que s'especifica en la taula 7.16. segons l'època d'utilització i el seu ús.

Quan s'instal·lin diferents línies de col·lectors, s'han de separar una distància convenient per evitar la projecció d'ombres entre les seves files.

Per a una inclinació igual a la latitud  $L = 40^\circ$  la separació mínima "d" seria de 2,05 l, sent "l" la longitud del panell.

Època d'utilització	Angle d'inclinació
Tot l'any (ACS)	Latitud del lloc
Mesos d'hivern (calefacció)	Latitud del lloc (+10 a +15°)
Mesos d'estiu (ACS)	Latitud del lloc (-10 a -15°)

**Taula 7.16. Angle d'inclinació dels panells solars segons la seva utilització [16]**

### 7.5.3. Consideracions per a la determinació de la superfície de captació necessària

El primer punt a considerar és en quina data de l'any es determina la superfície de captació. En general amb això intentàriem determinar la superfície de col·lectors més rendible a les necessitats de la instal·lació.

Per fer aquestes avaluacions amb exactitud hauríem de tenir en compte, a més de les consideracions tècniques, les purament econòmiques.

Aquests càlculs són difícils, ja que les variables econòmiques són imprevisibles, per tant s'ha d'optar en tot càlcul per fer tres hipòtesis:

1. Determinació de les superfícies necessàries quan la radiació solar sigui mínima (mes més desfavorable). Amb la menor utilització en aquest cas d'energia de suport.
2. Determinació d'aquesta mateixa superfície quan la radiació solar sigui màxima (mes més desfavorable). Amb aquesta solució l'aprofitament de la superfície de captació és total, però, en canvi, a excepció d'aquest mes la resta necessitaria energia de suport.
3. Realitzar els càlculs perquè durant el mes d'abril es cobreixin les necessitats totals. D'aquesta forma garantim la captació total (teòricament), durant 6 mesos, coincidint aquests amb la temporada d'estiu.

En qualsevol cas aquestes consideracions es fan independentment de les disponibilitats de superfícies, sense projecció d'ombra, per instal·lar els col·lectors, que en una gran majoria de casos això és el que condiciona el nombre de panells.

Un altre factor important a tenir en compte és el rendiment del col·lector. En ell intervenen la temperatura d'aigua de circulació, la temperatura ambient, la radiació solar, etc., i la seva gràfica de rendiment és proporcionada pel fabricant.

### 7.5.4. Regles i normes per a la instal·lació d'aigua calenta

- En el disseny de les instal·lacions d'ACS han d'aplicar-se condicions anàlogues a les de les xarxes d'aigua freda.

- Als edificis en els quals sigui aplicable la contribució mínima d'energia solar per a la producció d'aigua calenta sanitària, d'acord amb la secció HE-4 del DB-HE, han de disposar-se, a més de les preses d'aigua freda, previstes per a la connexió de la rentadora i el rentavaixelles, preses d'aigua calenta per permetre la instal·lació d'equips bitèrmics.

- En instal·lacions centralitzades és obligatori el preveure comptadors d'ACS en cadascun dels habitatges o unitats de consum, preferiblement situats en l'exterior dels habitatges i si pot ser formant-ne un únic comptador conjuntament amb el d'aigua freda.

- Es col·locarà una clau de pas, tipus esfera, a l'interior de l'habitatge, per al tall general de la xarxa d'ACS, igual que en aigua freda, i també es col·locarà en cadascun dels locals humits.

- No han de disposar-se escalfadors individuals de qualsevol tipus que distribueixin a distàncies superiors als 15m.

- Tant en instal·lacions individuals com en instal·lacions de producció centralitzada, la xarxa de distribució ha d'estar dotada d'una xarxa de tornada quan la longitud de la canonada d'anada al punt de consum més allunyat sigui igual o major que 15 m. Fins ara solament es consideraven xarxes de tornada en situacions de xarxes centralitzades.

- Per suportar adequadament els moviments de dilatació per efectes tèrmics han de prendre's les precaucions següents:

a) en les distribucions principals han de disposar-se les canonades i els seus ancoratges de tal manera que dilatïn lliurement, segons l'establert en el “*Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios*” (RITE) i les seves “*Instrucciones Técnicas Complementarias*” (ITE) per a les xarxes de calefacció.

b) en els trams rectes es considerarà la dilatació lineal del material, preveient dilatadors si fos necessari, complint-se per a cada tipus de tub les distàncies que s'especifiquen en el Reglament abans citat.

- L'estesa de les canonades d'aigua freda ha de fer-se de tal manera que no resultin afectades pels focus de calor i per tant han de discórrer sempre separades de les canalitzacions d'aigua calenta (ACS o calefacció) a una distància de 4 cm, com a mínim. Quan les dues canonades estiguin en un mateix plànol vertical, la d'aigua freda ha d'anar sempre per sota de la d'aigua calenta.

- Les canonades han d'anar per sota de qualsevol canalització o element que contingui dispositius elèctrics o electrònics, així com de qualsevol xarxa de telecomunicacions, guardant una distància en paral·lel d'almenys 30cm.

- Pel que fa a les conduccions de gas es guardarà almenys una distància de 3cm.

### **7.5.5. Dimensionament de les instal·lacions d'aigua calenta**

Ens centrarem en sistemes individualitzats per als quals tindrem acumuladors elèctrics o de gas; o escalfadors instantanis de gas.

Aquests elements es dimensionaran sense la influència de la producció d'ACS mitjançant sistemes fototèrmics. Encara que els sistemes individuals es converteixen en els sistemes auxiliars d'aportació d'energia dels generadors solars, aquests poden arribar a haver de suportar tota la generació d'ACS en alguns casos puntuals pel que han de tenir capacitat per a això.

#### *Canonades*

El dimensionament de les canonades d'aigua calenta és similar al de l'aigua freda, podent emprar els àbacs i taules utilitzades hi haurà el dimensionament d'aquella xarxa, a excepció del consum d'aparells sanitaris que varia sensiblement, podent-se estimar que en vivendes varia des d'un 40% a un 80% dels consums d'aigua freda, segons el tipus d'habitatge, el nombre de cambres de bany, etc.

El càlcul hidràulic, també es pot realitzar amb els mateixos àbacs d'aigua freda sense que per això la variació sigui molt gran, ara bé, tenint en compte que l'aigua calenta té menor densitat que la freda, la pèrdua de càrrega és alguna cosa menor, existint àbacs o taules que ens donen les pèrdues de càrrega hi haurà diferents temperatures.

Les canonades de les tornades es dimensionen considerant que circula un 10% del cabal total d'aigua calenta, considerant sempre un diàmetre mínim d'1/2".

*Escalfadors i acumuladors*

La relació entre el consum, acumulació i producció d'aigua calenta és una dada molt específica de cada instal·lació, precisant molt bé els períodes de temps en què es poden consumir les quantitats d'aigua calenta previstes.

Per facilitar aquestes dades, s'acompanyen les taules següents:

Potència (mth/min)	Potència Kcal/h	Cabal 40°C l/min	Nombre d'aixetes servides
125	7500	5	2
200	12000	8	5
250	15000	10	8
320	21200	13	12
380	22800	15	15
400	24000	18	18

**Taula 7.17. Escalfadors instantanis de gas [16]**

Nombre de vivendes	Capacitat del acumulador (l/s)
1	200 a 300
de 2 a 4	300 a 600
de 5 a 7	600 a 800
de 8 a 10	1000 a 1200
de 11 a 50	100 l/s per vivenda
de 51 a 100	80 l/s per vivenda
> 100	70 l/s per vivenda

**Taula 7.18. Escalfadors acumuladors [16]**

*Potència calorífica*

Partint del cabal necessari d'aigua calenta i fixant els salts tèrmics que poden haver-hi en els diferents circuits que hi hagi en la instal·lació de l'aigua calenta, la potència calorífica necessària s'obté per la fórmula següent:

$$Q = \frac{q \cdot P_e \cdot C_e \cdot \Delta t}{\rho} \quad (\text{Eq. 7.10.}) \quad [16]$$

on:

- $Q$ : Potència calorífica de l'element calefactor (Kcal/h)
- $q$ : Cabal màxim d'aigua calenta (l/h)
- $P_e$ : Pes específic de l'aigua calenta (Kg/dm<sup>3</sup>)
- $C_e$ : Calor específic de l'aigua (Kcal/Kg °C)
- $\Delta t$ : Salt tèrmic entre l'anada i la tornada (°C)

Quan es tracta d'emmagatzematge o acumulació

$$Q = \frac{V \cdot P_e \cdot C_e \cdot \Delta t}{\rho \cdot t} \quad (\text{Eq. 7.11.}) \quad [16]$$

on:

$V$ : Volum de l'aigua emmagatzemada

$\Delta t$ : Salt tèrmic entre l'aigua d'entrada i la de sortida ( $t_1 - t_2$ ) (°C)

$\rho$ : Rendiment

Se sol estimar per a l'aigua calenta en habitatges

$t_1$ : 60°C

$t_2$ : 10°C

### *Bomba impulsora*

Tenint en compte que la bomba acceleradora d'aquests circuits d'aigua calenta, solament ha de vèncer les resistències passives d'aquests circuits, l'expressió de la potència és:

$$P = \frac{H_m \cdot \delta \cdot q}{75 \cdot \rho} \quad (\text{Eq. 7.11.}) \quad [16]$$

on:

$P$ : Potència de la bomba (C.V.)

$H_m$ : Altura manomètrica (m.c.a.)

$\delta$ : Densitat de l'aigua calenta (Kg/dm<sup>3</sup>)

$q$ : Cabal (l/s)

$\rho$ : Rendiment

### *Dilatadors en canonades*

Per compensar les dilatacions de les canonades que treballen amb aigua calenta, cal disposar de dilatadors, que absorbeixen els increments de longitud per efecte tèrmic, sense que per això es perdi la seva hermeticitat; per a això es disposaran en trams rectes no superiors als 20 o 25m, dilatadors en forma de coca o lires o bé de tipus axial o compensadors.

Punt d'aigua	Consum (l/s)
Lavabo	0,065
Dutxa	0,10
Bidet	0,065
Banyera	
Completa > 1,40m	0,20
Mitja < 1,40m	0,15
Aiguera	0,10
Aixeta aïllada	0,10
Rentavaixelles	0,10
Rentadora	0,15

**Taula 7.19. Consum ACS en aparells sanitaris [16]**

### 7.5.6. Producció d'ACS

Cal tenir en compte, com ja s'ha comentat amb anterioritat, que aquest aspecte és un altre dels que requereixen més demanda energètica dins la vivenda i per això en els últims anys s'està donant un impuls perquè aquesta energia s'obtingui, tant com sigui possible, a partir d'instal·lacions renovables o que tinguin un reduït nivell d'emissions de CO<sub>2</sub>.

Val a dir que el nou “*Código Técnico de la Edificación*” (CTE) obliga les noves construccions, en cas que sigui possible, a aportar un mínim d'energia solar tèrmica per a aquesta finalitat per poder reduir l'impacte ambiental per la utilització de combustibles fòssils. No obstant, aquesta instal·lació depèn exclusivament del Sol i si no pot aportar l'energia suficient per cobrir les necessitats totals durant els 365 dies de l'any, això vol dir que en cas de disposar d'aquesta instal·lació s'haurà de disposar també d'una instal·lació auxiliar, la qual haurà de ser aportada per una altra energia de caràcter renovable.

Per calcular les necessitats energètiques d'ACS es segueix el model inscrit per la norma CTE-DB-HE4. Primerament s'ha de determinar la quantitat d'ACS consumida diàriament i la temperatura de l'aigua freda per saber la quantitat d'energia que s'haurà d'entregar a l'acumulador per escalfar aquesta aigua a la temperatura desitjada. Unitàriament, el CTE preveu un consum d'uns 30 litres al dia per persona a 60°C i tot seguit preveu el nombre de persones que conviuran en l'edifici a partir del número de dormitoris existents.

Per consultar aquesta dada es buscarà a la taula “7.20. Demanda de referència a 60°C” a la pàgina 5, a l'arxiu pdf “12.2.3. Documents calefacció”; que es troba a l'Annex II. Documentació informativa addicional” [19].

En el nostre cas, disposem de 3 dormitoris que, observant la norma CTE-DB-HE4 equival a un total de 4 persones; com podem correspondre amb la taula 7.21.

Nombre de dormitoris	1	2	3	4	5	6	7	més de 7
Nombre de persones	1,5	3	4	6	7	8	9	més de 9

**Taula 7.21. Taula de càlcul del nombre de persones per vivenda [19]**

Amb això sabem que necessitarem 120 litres al dia i que per tant serà el volum de l'acumulador. Amb l'obtenció de les dades de temperatures mensuals de l'aigua freda provinent de la xarxa, la qual agafem com a global 15°C.

Per consultar aquesta dada es buscarà a la taula “7.22. Temperatura mitjana d'aigua de xarxa, en °C” a la pàgina 5, en l'arxiu pdf “12.2.3. Documents calefacció”; que es troba a l'Annex II. Documentació informativa addicional” [20].

Es calcula l'energia necessària en un dia de cada mes i per tant durant tots els dies de l'any. Després es fa el càlcul de 7h de funcionament d'ACS al dia. Finalment, s'aplica un convertidor d'unitats [21]. S'obté la quantitat d'energia necessària al llarg de l'any que determinaran el consum de combustible necessari i que serà de gairebé 897W.

Realitzen la suma de l'energia de la calefacció i l'energia de l'ACS, obtenim el valor de 9282W necessaris en el cas del dia més desfavorable.

Es necessita saber el % de contribució solar mínima. Es consulta la taula 2.1. del document bàsic CTE-DB-HE4 i s'obté la taula “7.23. Contribució solar mínima en %” a la pàgina 5, a l'arxiu pdf “3. Documents calefacció”; que es troba a l'Annex II. Documentació informativa addicional” [19].



Si l'energia per a 120 l/dia d'ACS és de 897W, es pot trobar l'equivalència de l'energia de calefacció en litres diaris d'ACS:

$$897 \text{ W} \text{ ----- } 120 \text{ l/dia}$$

$$5326,8 \text{ W} \text{ ----- } X \text{ l/dia}$$

$$X = 5326,8 \cdot 120 / 897 = 713 \text{ l/dia}$$

És a dir, que l'energia total consumida és equivalent a utilitzar  $713 + 120 = 833$  l/dia de ACS  
 % calefacció =  $713/833 \times 100 = 85\%$

$$\text{ACS} = 35\%$$

Serà necessari utilitzar un sistema alternatiu en els mesos de novembre a febrer, amb els següents consums d'energia:

Mes	Demanda energètica (MJ/mes)	Demanda diària (MJ/dia)	Potència (kW)
Novembre	1490	50	1,74
Desembre	5823	188	6,53
Gener	5823	188	6,53
Febrer	2542	91	3,17
<b>Total</b>	<b>15678</b>	<b>517</b>	<b>4,91</b>

(MJ/dia) / (h/dia)

$$1000 \text{ MWs/h} / 3600 \text{ s/h} = \text{kW}$$

$$1 \text{ J} = 1 \text{ Ws}$$



**Figura 7.17. Caldera model BW 100 [38]**

Els pelets proporcionen 1 kW per cada  $0,9 \text{ m}^3$ .

Es dimensiona el magatzem de pelets per a 30 dies:

$$1 \text{ kW} \text{ ----- } 0,9 \text{ m}^3$$

$$6,53 \text{ kW} \text{ ----- } X \text{ m}^3$$

$$X = 6,53 \times 0,9 = 5,87 \text{ m}^3$$

$$5,87 \cdot 4/3 = 7,83 \text{ m}^3 \text{ totals de magatzem}$$

Amb una altura màxima de 2,5 m, la superfície necessària es de  $3,13 \text{ m}^2$ .

## 8. Captació, depuració, tractament i aprofitament d'aigües

### 8.1. Objectiu

L'objecte d'aquest capítol és el de fer l'estudi de les xarxes de canonades que hauran de captar l'aigua de pluja i donar peu a l'evacuació de les aigües residuals per obtenir un bon funcionament de la vivenda.

Aquestes instal·lacions formen part d'un dels pilars important en la construcció de qualsevol vivenda, i com a tal necessita d'un estudi extens i acurat per garantir el seu bon funcionament.

Però per a realitzar els càlculs de les instal·lacions partim de la intenció de fer un aprofitament de l'aigua tan gran com sigui possible, ja que l'aigua és un bé escàs que hem de protegir per assegurar un desenvolupament sostenible i una bona salut de l'ecosistema.

El sistema d'evacuació es realitzarà de forma separada entre les aigües pluvials i les residuals, ja que les primeres s'emmagatzemaran pel seu posterior ús en el reg del jardí.

Per tant, en el cas que ens pertoca, i per tal de fer un bon ús i un bon aprofitament de l'aigua, farem l'estudi dels següents tipus d'instal·lacions:

### 8.2. Aprofitament de les aigües pluvials

#### 8.2.1. Objectiu

L'objectiu d'aquest apartat és el de dissenyar una instal·lació per recol·lectar les aigües pluvials que recaiguin en el terrat de la vivenda i que són totalment potables i emmagatzemar-les amb un previ filtrat per al seu posterior ús, estalviant grans quantitats d'aigua potable de la xarxa, millorant en sostenibilitat i obtenint també un estalvi econòmic que pot arribar a ser important al cap dels anys.

Per tant aquest apartat el podríem dividir en 3 grups:

- Instal·lació de captació de les aigües pluvials
- Estació de filtratge
- Instal·lació de subministrament de les aigües pluvials

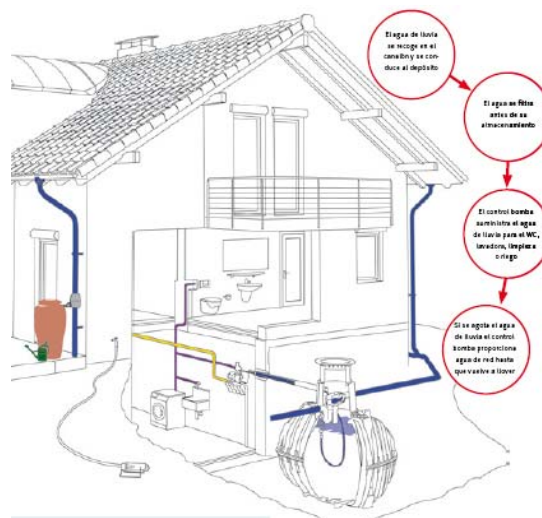


Figura 8.1. Disseny instal·lació captació aigües pluvials [23]

### 8.2.2. Descripció de la instal·lació

La finalitat d'aquesta instal·lació és la d'aprofitar l'aigua de la pluja que es recollida en un dipòsit enterrat, per utilitzar-la quan es vulgui. Es pot consultar amb detall tot el procés de càlcul en el punt 8.3.9. El valor serà de 81830 litres de mitjana anual. Per tant mitjançant unes baixants del terrat i els col·lectors, l'aigua de pluja serà transportada al dipòsit enterrat.

Amb aquesta instal·lació es millora encara més la sostenibilitat de la vivenda, reduint la demanda d'aigua de la xarxa de subministrament de la companyia.

### 8.2.3. Instal·lació de captació de les aigües pluvials

Per realitzar el disseny de la instal·lació, s'ha de tenir en compte que pel cas que ens pertoca d'una xarxa d'evacuació d'aigües pluvials per a un ús domèstic la condició més important i que s'ha de tenir present per a la realització de la instal·lació és que els col·lectors de la casa han de desguassar, preferentment per gravetat, a l'arqueta general que constitueix el punt de connexió entre la instal·lació d'evacuació i el dipòsit de filtratge i acumulació. La ubicació d'aquest es marca en el plànol de les aigües pluvials. Per realitzar el dimensionat, s'haurà de realitzar tenint en compte les quantitats d'aigua que previsiblement haurà d'afrontar la instal·lació fent un estudi pluviomètric de la zona. Aquests estudis igual que el dimensionat estan realitzats al càlcul de la instal·lació d'aigües pluvials.

Per portar a terme aquesta instal·lació es necessitarà de:

#### *Col·lectors*

Per una part es tenen en compte les baixants que uneixen els terrats amb l'arqueta. Es necessitaran uns 12m de canonada de 63mm de diàmetre interior.

I per l'altra part son necessàries 14 barres de 3m cadascuna de  $\phi$  90mm i 6 barres de  $\phi$  110mm, per unir les arquetes dels baixants amb la corresponent arqueta del dipòsit enterrat.

#### *Arqueta*

L'arqueta és l'element que fa d'unió entre la baixant i els col·lectors. Hi ha dos tipus de dimensions utilitzades; 5 unitats de 40x40cm (LxA) i 2 unitats de 50x50cm (LxA). L'última arqueta recull l'aigua de dos col·lectors i porta l'aigua pluvial cap al dipòsit. Aquesta arqueta haurà de tenir unes dimensions de 50x50cm (LxA).



Figura 8.2. Arqueta [23]

#### *Estació de filtratge*

És l'element que filtra l'aigua pluvial i l'acumula en el seu tanc per a que pugui ser utilitzada a gust del propietari. Aquest tanc també disposa d'una bomba d'impulsió que serà l'encarregada de subministrar l'aigua emmagatzemada cap a l'aixeta que porta incorporada a la part alta de l'estació per poder-hi connectar la mànega o els aspersors i així poder regar el jardí i utilitzar les aigües pluvials recol·lectades.

Aquesta estació de filtratge serà la Garden Comfort de la marca Graf®.

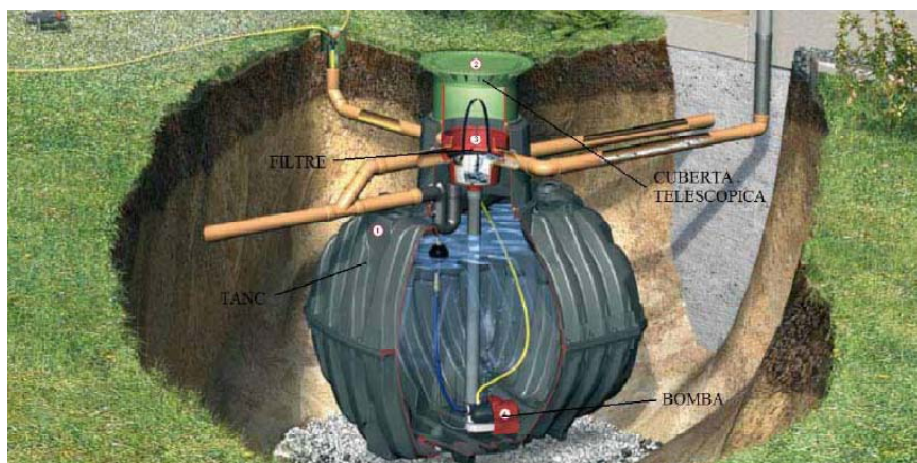


Figura 8.3. Estació de filtratge [23]

#### 8.2.4. Càlcul de les baixants d'aigües pluvials

El diàmetre corresponent a la superfície en projecció horitzontal servida per cada baixant d'aigües pluvials s'obté; de la taula 4.8 “*Diámetro de las bajantes de aguas pluviales para un régimen pluviométrico de 100mm/h*”, de la norma CTE-DB-HS5.

Per consultar aquesta dada es buscarà a la taula 4.8 a la pàgina 1, a l'arxiu pdf “2.6. Documents aigües pluvials”; que es troba a l'Annex II. Documentació informativa addicional”.

Per saber si s'està utilitzant correctament el règim pluviomètric, es consulta la informació de la norma CTE-DB-HS5, “*Apéndice B. Obtención de la intensidad pluviométrica*”; i la “*Tabla B.1*”.

Per consultar aquesta dada es buscarà el “Apéndice B” i la taula B.1 a la pàgina 2, a l'arxiu pdf “2.6. Documents aigües pluvials”; que es troba a l'Annex II. Documentació informativa addicional”.

D'aquí s'extrau la nostra intensitat pluviomètrica, que serà de **150mm/h**.

Per a un règim amb intensitat pluviomètrica diferent de 100mm/h, ha d'aplicar-se un factor **f** de correcció a la superfície servida tal que:

$$f = i/100 = 150/100 = 1,5 \quad (\text{Eq. 8.1.}) \quad [19]$$

on:

*i*: intensitat pluviomètrica que es vol considerar.

#### 8.2.5. Càlcul de peu de baixants d'aigües pluvials

Baixants 1 i 2:  $S_{\text{real}} = 43,66 \text{ m}^2$ ;  $S_{\text{càlcul}} = 43,66 \cdot 1,5 = 65,49 \text{ m}^2$

Baixants 3 i 4:  $S_{\text{real}} = 62,125 \text{ m}^2$ ;  $S_{\text{càlcul}} = 62,125 \cdot 1,5 = 93,2 \text{ m}^2$

Amb la informació de la taula 4.8. i com totes les baixants tenen una superfície superior a  $65\text{m}^2$ , el diàmetre de la baixant ha de ser **63mm**.

Per contrarestar les superfícies en projecció horitzontal servida, es pot consultar el plànol CAD “3.7. Pendents terrat” a l'arxiu “VII. Plànols”

### 8.2.6. Càlcul dels col·lectors d'aigües pluvials

Els col·lectors d'aigües pluvials es calculen a secció plena en règim permanent. El diàmetre dels col·lectors d'aigües pluvials s'obté en la taula 4.9. “*Diámetro de los colectores de aguas pluviales para un régimen pluviométrico de 100mm/h*”, en funció del seu pendent i de la superfície a la qual serveix.

Per consultar aquesta dada es buscarà a la taula 4.9. a la pàgina 3, a l'arxiu pdf “2.6. Documents aigües pluvials”; que es troba a l'Annex II. Documentació informativa adicional”.

A l'apartat “3.3.1.4.2 *Colectores enterrados*” de la norma CTE-DB-HS5, en el punt 2, se cita: “*Deben tener una pendiente del 2 % como mínimo*”

Apb = arqueta peu de baixant      Ar = arqueta de registre

$$\text{Apb1-Apb2: } S_{\text{recollida}} = 65,49\text{m}^2 \rightarrow 90\text{mm}$$

$$\text{Apb2-Ar1: } S_{\text{recollida}} = 65,49\text{m}^2 + 65,49\text{m}^2 = 130,98\text{m}^2 \rightarrow 90\text{mm}$$

$$\text{Ar1-Apb4: } S_{\text{recollida}} = 130,98\text{m}^2 \rightarrow 90\text{mm}$$

$$\text{Apb4-Ar3: } S_{\text{recollida}} = 130,98\text{m}^2 + 93,2\text{m}^2 = 224,18\text{m}^2 \rightarrow 110\text{mm}$$

$$\text{Apb3-Ar2: } S_{\text{recollida}} = 93,2\text{m}^2 \rightarrow 90\text{mm}$$

$$\text{Ar2-Ar3: } S_{\text{recollida}} = 93,2\text{m}^2 \rightarrow 90\text{mm}$$

$$\text{Ar3-dipòsit: } S_{\text{recollida}} = 224,18\text{m}^2 + 93,2\text{m}^2 = 317,38\text{m}^2 \rightarrow 110\text{mm}$$

Per consultar aquesta dada es buscarà a l'apartat 3.3.1.4.2. a la pàgina 4, a l'arxiu pdf “2.6. Documents aigües pluvials”; que es troba a l'Annex II. Documentació informativa adicional”.

### 8.2.7. Càlcul d'arquetes d'aigües pluvials

A la taula 4.13. “*Dimensiones de las arquetas*” s'obtenen les dimensions mínimes necessàries (longitud L i amplària A mínimes) d'una arqueta en funció del diàmetre del col·lector de sortida d'aquesta.

Per consultar aquesta dada es buscarà a la taula 4.13. a la pàgina 5, a l'arxiu pdf “2.6. Documents aigües pluvials”; que es troba a l'Annex II. Documentació informativa adicional”.

Apb1, Apb2, Apb3, Ar1 i Ar2 : 40x40cm

Apb4 i Ar3 : 50x50cm

### 8.2.8. Profunditat de las arquetes d'aigües pluvials

En l'apartat anterior, s'ha calculat les dimensions de les arquetes (longitud i amplària), però no la profunditat. Les arquetes es venen sense fons ni tapa, per tal de donar-li la profunditat necessària en cada cas.

Mòdul de fons (estàndard): 40 cm de profunditat

Mòduls d'ampliació: 20 ò 40 cm de profunditat

Apb1: 40cm → 40x40x40 cm

Apb2: 2% · 10m = 20cm; prof. 40 + 20 (ampliació) = 60cm → 40x40x60cm

Ar1: 2% · 7m = 14cm; prof. 60 + 14 = 74cm → 40x40x80cm

Apb4: 2% · 7,6m = 15,2cm; prof. 40 + 15,2 = 55,2cm → 50x50x60cm

Apb3: al ser arqueta inicial, igual que Apb1; es posa de 40cm → 40x40x40cm

Ar2: 2% · 8,3m = 16,6cm ; prof.40 + 16,6 = 56,6cm → 40x40x60cm

Ar3: hi ha dues possibilitats:

Des de Apb4: 2% · 6,6m = 13,2cm ; prof.60 + 13,2 = 73,2cm → 50x50x80cm

Des de Ar2: 2% · 8,3m = 16,6cm ; prof.60 + 16,6 = 76,6cm → 50x50x80cm

### 8.2.9. Elecció del dipòsit d'aigües pluvials

A continuació, es realitzen els diferents tipus de càlculs per a l'elecció coherent del dipòsit.

És necessari saber la precipitació mitja anual de la zona. Per obtenir aquest valor s'ha consultat a la pàgina <http://www.meteo.cat>, en l'apartat de "Dades meteorològiques" i "Anuari de dades meteorològiques". S'ha agafat el valor mig dels últims 4 anys (2007, 2008, 2009 i 2010), s'ha fet una mitja i hem obtingut la quantitat de 461,65 mm/any o el que és el mateix l/m<sup>2</sup>/any.

Per consultar aquesta dada es buscarà a l'arxiu pdf "2.6. Documents aigües pluvials" en les pàgines 6, 7, 8 i 9; que es troba a l'"Annex II. Documentació informativa addicional".

Amb aquesta dada, es pot fer el càlcul de la capacitat òptima del dipòsit.

Realitzant l'operació detallada a continuació, s'obtenen els litres any recollits per m<sup>2</sup>.

$$\text{Pluviometria anual (l/m}^2\text{/any)} \times \text{coberta de recollida (m}^2\text{)} \times \text{factor d'aprofitament} \\ = \text{Aigua recollida (l/any)}$$

$$461,65 \times 221,26 \times 0,8 = 81830 \text{ l/any} \quad (\text{Eq. 8.2.}) \quad [23]$$

Pluviometria anual (l/m <sup>2</sup> /any) Valor de pluviometria del lloc	Coberta de recollida (m <sup>2</sup> ) Superfície en planta de la coberta a on es recull l'aigua	Factor d'aprofitament Depenen del material Teulat 0,9 Formigó, grava 0,8 Coberta enjardinada 0,5
461,65	211,57	0,8

**Taula 8.1. Volum d'aigua que podem recollir [23]**

WC: per persona/any: 8800 l	4 persones	35200
Rentadora per persona/any: 3700 l	4 persones	14800
Neteja general per persona/any: 1000 l	4 persones	4000

**Taula 8.2. Volum d'aigua per cobrir les necessitats [23]**

$$35200 + 14800 + 4000 = 54000 \text{ l} \quad (\text{Eq. 8.3.}) \quad [23]$$

$$\frac{Aigua\ recollida\ \left(\frac{l}{any}\right) + Volum\ d'aigua\ per\ cobrir}{2} \times \frac{dies\ període\ reserva}{365\ dies}$$

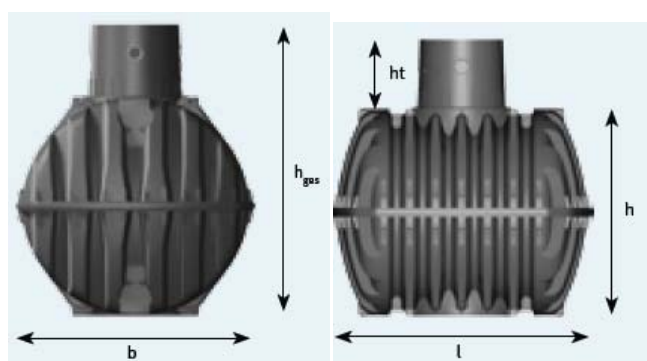
$$\frac{81830 + 5400}{2} \times \frac{45}{365} = 79165l$$

El resultat obtingut de la mesura del dipòsit és 79165 litres. El fabricant Graf<sup>®</sup> no disposa de dipòsits amb aquesta capacitat en concret. Consultant la taula de dipòsits construïts, el següent superior correspon a un de capacitat de 8500, 9600 i 10000 litres. El motiu de l'elecció d'aquesta estació de filtratge superior es basa en les dimensions del tanc necessàries per poder emmagatzemar tota l'aigua recaptada segons els estudis pluviomètrics realitzats en els càlculs, i com el règim de pluges no es constant ni regular, ens assegurem de poder disposar d'aigua en el cas que el període de prova es pugui allargar o per qualsevol altre tipus de anomalia.

Volum dipòsit (l)
2700
3750
4800
6500
8500
9600
10000
13000

**Taula 8.3. Diferents capacitats subministrades del dipòsit [23]**

Les mesures del tanc són:



Capacitat (l)	Ample b (mm)	Longitud l (mm)	Altura (sense cúpula) h (mm)	Altura (amb cúpula) h <sub>ges</sub> (mm)	Altura de la cúpula h <sub>t</sub> (mm)	Diàmetre intern de la cúpula (mm)	Pes (Kg)
10000	2240	3520	2285	2895	610	650	455

**Taula 8.4. Dimensions dipòsit aigües pluvials [23]**

I les seves característiques són:

Altura màxima del recobriment (sense aigües freàtiques ni trànsit de vehicles)	1500mm
Càrrega màxima suportada	8t
Pes màxim suportat	3,5t amb coberta fosa classe B 12t amb coberta telescòpica BEGU
Cobriment requerit per a trànsit de vehicles	800-1200m

**Taula 8.5. Principals característiques dipòsit aigües pluvials [23]**

### 8.2.10. Bomba recirculació aigües pluvials

El sistema de control Eco Plus es ideal per a un equip de Recuperació d'Aigua de Pluja.

Aquest sistema controla i regula el subministrament d'aigua garantint l'òptim funcionament del sistema. El control-bomba està fabricant seguint la normativa europea EN 1717 que regula els equips per a interconnexió de xarxes. En cas que la reserva d'aigua de pluja sigui massa baixa, el dispositiu de control de nivell flotant a l'interior del dipòsit connectarà de forma automàtica el subministrament d'aigua potable. Tan aviat com el dipòsit s'ompli d'aigua de pluja, el control-bomba connectarà una altra vegada a la funció de subministrament d'aigua de pluja.

Bomba	15/4
Potència	0,66KW
Soroll	55db(A)
Protecció	PI44
Pressió de treball	3,5bar
Altura màxima de subministre	35m
Cabal màxim	3600 l/h
Altura màxima de succió	3m
Longitud màxima de succió	15m

**Taula 8.6. Característiques tècniques de la bomba de recirculació d'aigües pluvials [23]**

Ample	570mm
Altura	745mm
Profunditat	200mm
Pes	30Kg

**Taula 8.7. Característiques dimensionals de la bomba de recirculació d'aigües pluvials [23]**

Pel filtratge i l'acumulació de l'aigua s'ha escollit l'estació de filtratge Garden Confort de la marca Graf<sup>®</sup>. La planta, tal com es veu a la figura 8.3., consta d'una tanc d'acumulació de 10000 litres, un sistema de filtratge, i un d'impulsió format per una bomba d'impulsió submergible de 660W a 230V. El motiu de l'elecció d'aquesta estació de filtratge es basa en les dimensions del tanc necessàries per poder emmagatzemar tota l'aigua recaptada segons els estudis pluviomètrics realitzats en els càlculs.

## 8.3. Evacuació de les aigües residuals

### 8.3.1. Objectiu

L'objectiu d'aquest apartat és el de fer un dimensionat d'una instal·lació que garanteixi una bona evacuació de les aigües residuals de la casa i les transporti sense problemes des dels punts de consum fins a la fossa sèptica assignada.

### 8.3.2. Propietats de la instal·lació

Aquesta instal·lació no ha de complir amb tantes condicions com la del subministrament d'aigua potable ja que no necessiten garantir una bona qualitat de l'aigua que transporten, però tot i així tenen unes certes exigències per tal que la instal·lació funcioni correctament i no produeixi maldecaps.



Aquestes exigències són:

- S'han de col·locar tancaments hidràulics a la instal·lació que impedeixin el pas de l'aire contingut als locals ocupats sense afectar al flux de residus. Aquesta exigència és bàsica per tal que la instal·lació no produeixi males olors.
- Les canonades de la xarxa d'evacuació han de tenir un traçat el més senzill possible, amb unes distàncies i pendents que facilitin al màxim l'evacuació dels residus i puguin ser autonetejables. Un dels objectius que es vol aconseguir amb aquesta mesura és la d'evitar la retenció d'aigües en el seu interior.
- Els diàmetres de les canonades han de ser els apropiats per a transportar els cabals previstos en condicions segures.
- Les xarxes de canonades s'han de dissenyar de tal forma que siguin accessibles per al seu manteniment i reparació, i per això s'han de disposar a la vista o allotjar-se en forats, arquetes o registres.
- Es disposaran els sistemes de ventilació adequats que permetin el funcionament dels tancaments hidràulics i l'evacuació de gasos mefítics.
- La instal·lació no s'ha d'utilitzar per a l'evacuació de cap altre tipus de residu que no siguin aigües residuals o pluvials.

### **8.3.3. Elements que componen la instal·lació**

#### *8.3.3.1. Elements de la xarxa d'evacuació*

##### 8.3.3.1.1. Tancaments hidràulics

Els tancaments hidràulics poden ser sifons individuals propis de cada aparell, sifons que poden servir a diferents aparells, embornals sifòniques o arquetes situades als trobaments dels conductes enterrats d'aigües residuals.

Aquests tancaments hidràulics, siguin com siguin, han de complir amb les següents característiques:

- Han de ser autonetejables, de tal forma que l'aigua que els travessi arrastri els sòlids en suspensió.
- Les seves superfícies interiors no han de retenir matèries sòlides.
- No han de tenir parts mòbils que impedeixin el seu correcte funcionament.
- Han de tenir un registre de neteja fàcilment accessible i manipulable.
- L'altura mínima del tancament hidràulic ha de ser de 50mm, per a usos continus i de 70mm per a usos discontinus. L'altura màxima ha de ser de 100mm, la corona ha d'estar a una distància igual o menor que 60cm per sota de la vàlvula de desguàs i igual o menor que el del ramal de desguàs. En cas de que existeixi una diferència de diàmetres, el tampany ha d'augmentar en el sentit del flux.
- Ha d'instal·lar-se el més a prop possible de la vàlvula de desguàs del aparell, per a limitar la longitud de canonada bruta sense protecció cap al ambient.
- No han d'instal·lar-se en sèrie, pel que quan s'instal·li un sifó per a un grup d'aparells sanitaris, aquests no han d'estar dotats de sifó individual.
- Si es disposa d'un únic tancament hidràulic per al servei de diferents aparells, ha de reduir-se al màxim la distància d'aquests al tancament.
- Un sifó per a diferents aparells sanitaris no ha de donar servei a aparells sanitaris que no estiguin en la cambra de bany on estigui instal·lat.
- El desguàs de la pica i d'aparells de bombeig (rentadora i rentaplats) ha de fer-se amb sifó individual.

### 8.3.3.1.2. Xarxes de petita evacuació

Les xarxes de petita evacuació s'han de dissenyar conforme als següents criteris:

- El traçat de la xarxa ha de ser el més senzill possible per a aconseguir una circulació natural per gravetat, evitant així canvis bruscos de direcció i utilitzant les peces especials adequades.
- S'han de connectar a les baixants. Quan això no pugui ser possible per qüestions de disseny, es permet la seva connexió al WC.
- La distància al pot sifònic a la baixant no ha de ser major que 2m.
- Les derivacions que acabin al pot sifònic han de tenir una longitud igual o menor que 2,50 metres, amb una pendent compresa entre el 2 i el 4%.
- Als aparells dotats de sifó individual han de tenir les característiques següents:
  - A la pica, WC i lavabos la distància a la baixant ha de ser de 4m com a màxim, amb pendents compreses entre el 2,5 i el 5%.
  - A les banyeres i dutxes la pendent ha de ser menor o igual a 10%.
  - El desguàs dels WC a les baixants ha de realitzar-se directament o mitjançant el maniguet d'escomesa de longitud igual o menor a 1m, sempre que no sigui possible donar a la canonada la pendent necessària.
- Ha de disposar-se un sobreeixidor als lavabos, banyeres i piques.
- No s'han de col·locar desguassos enfrontats accedint a una canonada comú.
- Les unions dels desguassos a les baixants han de tenir la major inclinació possible, que en cap cas no ha de ser menor a 45°.
  - Quan s'utilitzi el sistema de sifons individuals, els ramals de desguàs dels aparells sanitaris han d'unir-se a una canonada de derivació, que desemboqui a la baixant.
  - Excepte en instal·lacions temporals, s'han d'evitar els desguassos bombejats.

### 8.3.3.1.3. Baixants i canalons

Les baixants s'han de realitzar sense desviacions ni canvis sobtats de direcció i amb un diàmetre uniforme en tota la seva alçada excepte, en el cas que existeixin obstacles insalvables en el seu recorregut i quan la presència de WC exigeixi un diàmetre concret des dels trams superiors que no és superat a la resta de la baixant.

El diàmetre de les baixants i canalons no ha de disminuir mai en el sentit de la corrent del flux. En tot cas, podrà disposar-se un augment del diàmetre quan hi incideixin cabals de magnitud molt major que els del tram situat aigües amunt.

### 8.3.3.1.4. Col·lectors

Els col·lectors poden disposar-se penjats o enterrats.

En els col·lectors penjats les baixants s'han de connectar mitjançant peces especials, segons les especificacions tècniques del material. No es poden realitzar la connexió mitjançant simples colzes encara que siguin reforçats. Han de tenir una pendent mínima de 1% i no han d'incidir en un mateix punt més de dos col·lectors. I per últim en els trams rectes, en cada acoblament tan en horitzontal com en vertical, s'han de disposar registres constituïts per peces especials, segons el material que es tracti, de tal manera que els trams entre ells no superin els 15m.

Per la seva part, en els col·lectors enterrats les canonades s'han de col·locar en forats de dimensions adequades situades per sota de la xarxa de distribució d'aigua potable. Aquests col·lectors han de tenir una pendent mínima del 2% i la incidència de les baixants es realitzarà amb la interposició d'una arqueta de peu de baixant que no ha de ser sifònica.

### 8.3.3.1.5. Elements de connexió

En xarxes enterrades la unió entre les xarxes verticals i horitzontals s'ha de realitzar amb arquetes dipositades sobre ciment de formigó, amb tapa practicable. Només poden incidir un col·lector per cada cara de l'arqueta de tal forma que l'angle format pel col·lector i la sortida sigui major que 90°.

Aquests elements de connexió han de tenir les següents característiques:

- L'arqueta a peu de baixant s'ha d'utilitzar per al registre al peu de les baixants quan la conducció a partir de dit punt vagi a quedar enterrada.
- A les arquetes de pas han d'incidir com a màxim 3 col·lectors.
- Les arquetes de registre han de disposar de tapa accessible i practicable.
- El separador de greixos ha de disposar quan es prevegi que les aigües residuals de l'edifici puguin transportar una quantitat excessiva de greix o de líquids combustibles que podrien dificultar el bon funcionament dels sistemes de depuració o crear un risc en el sistema de bombeig i elevació. Es pot utilitzar com arqueta sifònica. Ha d'estar previnguda d'una obertura de ventilació pròxima al costat de descàrrega i d'una tapa de registre totalment accessible per a les neteges periòdiques.

Els registres per a la neteja dels col·lectors s'han de situar en cada incidència i canvi de direcció i intercalats en trams rectes.

### 8.3.4. Disseny

Per realitzar el disseny de la instal·lació s'ha de tenir en compte que pel cas que ens pertoca d'una xarxa d'evacuació d'aigües per a un ús domèstic la condició més important i que s'ha de tenir present per a la realització de la instal·lació és que els col·lectors de la casa han de desguassar, preferentment per gravetat, al pou o arqueta general que constitueix el punt de connexió entre la instal·lació d'evacuació i la xarxa de clavegueram pública a través de la corresponent escomesa.

El sistema d'evacuació es realitzarà de forma separada entre les aigües pluvials i les residuals, ja que les aigües pluvials s'emmagatzemaran pel seu posterior ús en el reg del jardí. Això vol dir que únicament es transportaran les aigües residuals a la xarxa de clavegueram pública.

Per realitzar el dimensionat es farà mitjançant el mètode d'adjudicació del número d'unitats de desguàs (UD) a cada aparell sanitari en funció del seu ús privat.

### 8.3.5. Càlcul d'aigües residuals

L'adjudicació de la unitat de desguàs, a partir d'ara UD; cada tipus d'aparell i els diàmetres mínims dels sifons i les derivacions individuals corresponents s'estableixen en funció de l'ús. Consultar taula 4.1. de la norma CTE-DB-HS5. “UDs correspondientes a los distintos aparatos sanitarios”

Per consultar aquesta dada es buscarà a la taula 4.1. a la pàgina 1, a l'arxiu pdf “2.7. Documents aigües residuals”; que es troba a l'Annex II. Documentació informativa addicional”.

També s'ha consultat i s'ha de tenir present els següents punts, de la norma CTE-DB-HS5:

3.3.1.1 “Cierres hidráulicos “

j) “el desagüe de fregaderos, lavaderos y aparatos de bombeo (lavadoras y lavavajillas) debe hacerse con sifón individual”

### 3.3.1.2 “Redes de pequeña evacuación “

d) “las derivaciones que acometan al bote sifónico deben tener una longitud igual o menor que 2,50 m, con una pendiente comprendida entre el 2 y el 4 %”

Derivacions individuals:

- Lavabo: 1 UD → 32mm
- Bidet: 2 UD → 32mm
- Vàter: 4 UD → 110mm; segons el quadre hauria de ser 100mm, però comercialment no existeix. **L’elevat superior és 110mm de diàmetre.**
- Banyera: 3 UD → 40mm
- Dutxa: 2 UD → 40mm
- Aigüera: 3 UD → 40mm

Per al càlcul de les UD's d'aparells sanitaris o equips que no estiguin inclosos en la taula 4.1, poden utilitzar-se els valors que s'indiquen en la taula 4.2. “UDs de otros aparatos sanitarios y equipos” en funció del diàmetre del tub de desguàs.

- Bany 01: 3 UD → 50mm
- Bany 02: 6 UD → 100mm → 110mm

Per consultar aquestes dades es buscaran a la taula 4.2. a la pàgina 2, a l'arxiu pdf “2.7. Documents aigües residuals”; que es troba a l'Annex II. Documentació informativa addicional”.

Podem observar al plànol CAD adjunt “9. Aigües residuals” a l'Annex IV. Plànols”, que els diàmetres dels col·lector d'entrada i sortida del “bote sifónico” són:

- Color groc: diàmetre 32mm
- Color verd: diàmetre 40mm
- Color magenta: diàmetre 50mm
- Color vermell: diàmetre 110mm

### 8.3.6. Càlcul del diàmetre dels col·lectors d'aigües residuals

Per consultar aquesta dada es buscarà a la taula 4.5. a la pàgina 3, a l'arxiu pdf “2.7. Documents aigües residuals”; que es troba a l'Annex II. Documentació informativa addicional”.

- A1-A2: 10 UD → 50mm → 110mm
- A2-A3: 20 UD → 50mm → 110mm
- A3-A4: 20 UD → 50mm → 110mm
- A4-A5: 20 UD → 50mm → 110mm
- A5-Fosa: 20 UD → 50mm → 110mm

Per la norma CTE-DB-HS5, el diàmetre dels col·lectors seria correcte d'uns 50mm, però com a les arquetes estan connectats els vàters, s'obliga a instal·lar col·lectors de 110mm.

### 8.3.7. Càlcul de les arquetes d'aigües residuals

En la taula 4.13. “Dimensiones de las arquetas” s'obtenen les dimensions mínimes necessàries (longitud L i amplària A mínimes) d'una arqueta en funció del diàmetre del col·lector de sortida d'aquesta.

A1, A2 i A3: 50x50cm

Per consultar aquesta dada es buscarà a la taula 4.13. a la pàgina 4, a l'arxiu pdf “2.7. Documents aigües residuals”; que es troba a l'Annex II. Documentació informativa addicional”.

### 8.3.8. Profunditat de las arquetes d'aigües residuals

En l'apartat anterior, s'han calculat les dimensions de les arquetes (longitud i amplària), però no la profunditat. Les arquetes es venen sense fons ni tapa, per tal de donar-li la profunditat necessària en cada cas.

Mòdul de fons: 40cm de profunditat

Mòdul d'ampliació: 20 o 40cm de profunditat

A1: 40 cm → 50x50x40cm

A2:  $2\% \cdot 1,8\text{m} = 3,6\text{cm}$ ; prof.  $40 + 3,6 = 43,6\text{cm} \rightarrow 50 \times 50 \times 60\text{cm}$

A3:  $2\% \cdot 6,6\text{m} = 13,2\text{cm}$ ; prof.  $60 + 13,2 = 73,2\text{cm} \rightarrow 50 \times 50 \times 80\text{cm}$

A4:  $2\% \cdot 8,3\text{m} = 16,6\text{cm}$ ; prof.  $80 + 16,6 = 96,6\text{cm} \rightarrow 50 \times 50 \times 100\text{cm}$

A5:  $2\% \cdot 15\text{m} = 30\text{cm}$ ; prof.  $100 + 30 = 130\text{cm} \rightarrow 50 \times 50 \times 140\text{cm}$

### 8.3.9. Elecció del dipòsit d'aigües residuals

La fossa sèptica ofereix una solució a la sortida d'aigües residuals o negres per no tenir clavegueram proper o en zones on no li exigeixen cap legalització de la seva instal·lació.

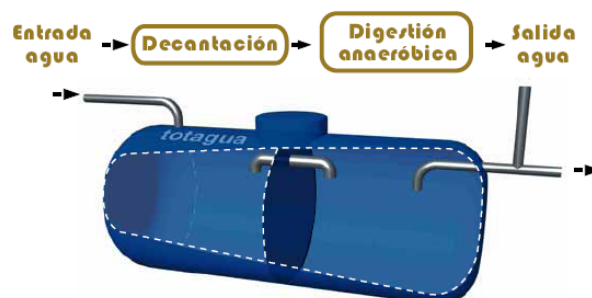
#### 8.3.9.1. Descripció del procés de tractament de l'aigua

##### Decantació

En el primer compartiment del dipòsit de la fossa té lloc la sedimentació present en les aigües residuals

##### Digestió anaeròbica

En el segon compartiment, els bacteris anaerobis, sense presència d'oxigen, s'encarreguen de metabolitzar, gasificar, hidrolitzar i mineralitzar la matèria orgànica.



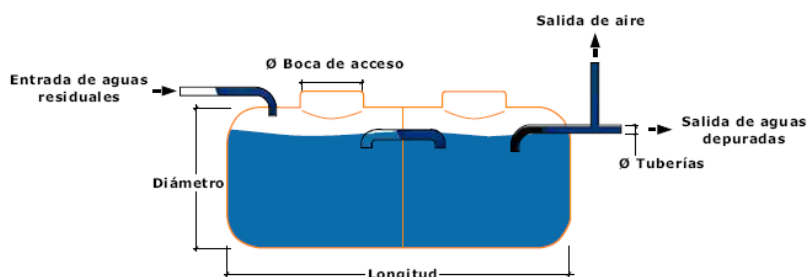


Figura 8.4. Descripció del procés de filtratge de la fossa sèptica [37]

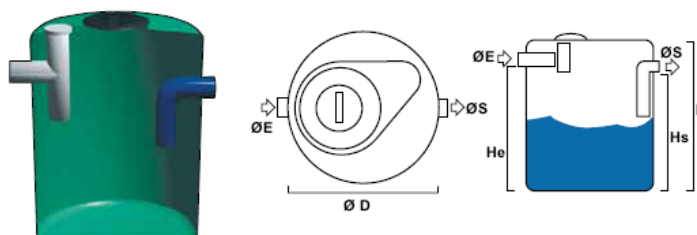
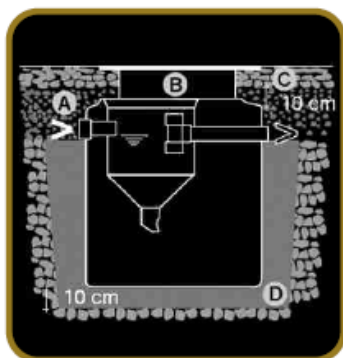


Figura 8.5. Detall de les mesures i dimensions de la fossa [37]

Model	Nº habit.	ØD (cm)	H (cm)	He (cm)	Hs (cm)	ØE (mm)	ØS (cm)	Pes (Kg)	Litres (L)
FSEP-5	5	100	95	73	70	110	110	25	500

Figura 8.5. Dimensions fossa sèptica [37]

### 8.3.9.2. Instal·lació de la fossa sèptica



1. Realitzar una sobreexcavació sempre 20cm major que les dimensions del contenidor escollit.
2. Preparar una base uniforme i llisa amb una capa de 10cm de sorra, sobre la qual col·locarem el contenidor que ha de ser enterrat.
3. Posicionar el contenidor en el centre de la base (quedaran 10cm de coll al voltant).
4. Omplir el contenidor d'aigua (operació que evitarà deformacions).
5. Omplir el buit amb sorra i formigó lleuger aproximadament fins al nivell de l'aigua.
6. Posicionar l'arqueta de registre en correspondència amb la tapa d'inspecció.
7. Acabar d'emplenar el buit fins a la superfície del terreny.

Si el terreny per emplenar té una altura superior a 20-30cm, s'ha d'aplicar damunt del contenidor una capa de 5cm d'espessor, de formigó lleuger.

Si s'ha de transitar per la superfície, aplicar damunt del contenidor, una capa de 25cm d'espessor (com a mínim) de formigó armat amb una xarxa electrosoldada i preveure una tapa resistent al pas dels vehicles en les arquetes d'inspecció.

És important tenir en compte que aquests equips necessiten un buidatge freqüent i que les aigües no compleixen normativa per a abocament al medi ambient, de tal manera que cal realitzar un control exhaustiu dels nivells d'acumulació. I quan estigui plena avisar una empresa perquè succioni aquestes aigües residuals [37].

## 9. Pressupost

A continuació s'adjunta la taula amb la cotització econòmica de cada instal·lació projectada a la casa.

<b>Instal·lació</b>	<b>Valoració (€)</b>
Pressupost elèctric	3.274,17 €
Pressupost fotovoltaic	48.497,87 €
Pressupost calefacció	4.583,79 €
Pressupost sanejament	5.321,91 €
<b>PRESSUPOST TOTAL</b>	<b>61.677,74 €</b>

El cost total del projecte realitzat és de SEIXANTA-UN MIL SIS-CENTS SETANTA-SET EUROS AMB SETANTA-QUATRE CÈNTIMS.

Nota: aquest pressupost no inclou les hores de realització de les instal·lacions mitjançant el personal qualificat, com tampoc inclou el corresponent impost de l'IVA.

## 10. Conclusions

La definició més important i el patró que s'ha seguit en tot aquest projecte ha estat tot allò que comporta el terme “sostenibilitat en l'edificació”. Tant és així que aquest mot forma part del títol, per la qual cosa, i després de completar la redacció, només queda a dir que s'ha a complert l'objectiu que s'havia plantejat des d'un inici.

La casa és totalment autònoma energèticament mitjançant recursos naturals, com són la radiació solar, l'aigua de pluja, etc.

En el transcurs de la memòria, s'ha demostrat que amb un càlcul ajustat i amb models fidels a la realitat es pot obtenir el nombre de plaques solars fotovoltaïques necessàries per la cobertura total dels requeriments d'il·luminació i consum d'electrodomèstics per a una casa determinada.

El mateix succeix amb el càlcul dels panells solars tèrmics, seguint un procés de càlcul metòdic és pot obtenir per altra banda la climatització i a la vegada garantir el servei d'ACS.

Aquests dos sistemes d'instal·lació comporten unes avantatges i uns inconvenients que són:

### *Avantatges dels sistemes solars fotovoltaïcs/tèrmics*

- Eficiència raonable de conversió de la radiació
- 100% de reducció d'emissions de CO<sub>2</sub>
- Gran capacitat d'emmagatzematge d'energia i repartir-ho a diferents hores que no hi hagi sol
- Estalvi en el transport d'electricitat, la generació està al mateix lloc de consum
- Fiabilitat i longevitat
- Baix cost de manteniment
- Nets i silenciosos
- Integració en la construcció i possibilitat de reduir l'impacte visual
- Amb l'avantatge de cara a l'usuari final que el cost de l'electricitat d'aquesta casa no estarà sotmés a les fluctuacions del mercat energètic

### *Inconvenients dels sistemes solars fotovoltaïcs/tèrmics*

- Elevat cost inicial
- Necessitat de grans acumuladors o bateries
- Aparells de consum amb elevat rendiment energètic
- Es requereix molta superfície, per captar energia a gran escala
- S'ha de reforçar aquesta instal·lació amb altres sistemes
- Manca de finançament en l'estudi, per augmentar la seva eficiència

Cal mencionar la comparativa dels diferents sistemes de climatització per tal d'instal·lar finalment el més idoni per a la casa d'aquest projecte, seguint les directrius de major eficiència mediambiental. Finalment s'ha optat pel terra radiant, que és el que aporta major beneficis als nostres requisits. No obstant, aquest sistema sempre que s'instal·li en obra nova o reforma és totalment avantajós enfront de qualsevol altre.

Avantatges de la climatització per terra radiant:

- Posseeix la corba de climatització més propera a la teòrica ideal
- Ambient net i sa, sense corrents d'aire
- Escalfament del fluid fins 40°C, salts tèrmics molt baixos
- Evitar el perill de contraure afeccions respiratòries
- Redueix el risc de cremades
- No hi ha aparells de calefacció visibles



- Baix manteniment

Inconvenients de la climatització per terra radiant:

- Instal·lació inicial més complexa
- En cas de fuges, presenta grans problemes
- En cas de refrigeració, provocar condensacions al terra

Finalment respecte a la captació d'aigües pluvials, és una molta bona opció per reduir dràsticament el consum d'aigua per a fins banals (reg del jardí, lavabos, rentadora, neteges diverses, etc.). Per exemple en aquesta instal·lació s'ha aconseguit un model de gran estalvi amb què s'estalvien 224 litres diaris amb el reciclatge d'aigües pluvials que al cap de l'any sumen 81830 litres d'aigua estalviats.

En efectuar aquest projecte he après com es realitzen els projectes de vivendes, i la gran quantitat d'informació que s'ha de recollir i tenir en compte a l'hora de seleccionar el més adient per la demanda que s'ha de produir en l'habitatge.

Aquests tipus de projectes haurien de ser de major compliment a nivell de legislacions constructives, tant en les noves edificacions com en les reformes. Malauradament hi ha l'entrebanc que es requereix una forta inversió inicial i es triguen diversos anys en amortitzar o recuperar la inversió realitzada.

Per tant, considero, en bona mesura, s'han complert els objectius de sostenibilitat convertint el que podria ser una vivenda del passat sense tenir en compte el futur del medi ambient i de l'ecosistema, en una casa conscienciada en preservar la natura reduint les emissions de gasos nocius a l'atmosfera i reduint el consum d'aigua, mantenint un alt nivell de confort o, fins i tot, millorant-lo.

Finalment i per acabar, crec que l'estalvi energètic és molt necessari, però falta treure al mercat sistemes que disposin de temps d'amortització més petits, i per tant siguin més atractius per al públic. Ens queda molt camí per endavant i seguir millorant pel present i futur del nostre medi ambient.

## 11. Agraïments

En aquest capítol procuraré no obviar cap persona que m'ha donat el seu suport per a la realització d'aquest projecte.

Principalment, agrair al meu tutor Josep Font i Mateu tota la seva plena dedicació vers aquest projecte, que sense la seva inestimable col·laboració, tant en la correcció com en l'orientació de tota la part documental, aquest projecte no haguera aflat tan exitosament.

També agraeixo a tots els professors del Departament d'Enginyeria Elèctrica, per la seva plena col·laboració en l'ensenyament de les diferents assignatures cursades, quan m'ha estat tant necessària, la seva ajuda en certs moments de la carrera, el resultat es pot veure en què ja estic en l'últim pas per adquirir el meu títol acadèmic. Com també agrair el treball i suport del personal de la Biblioteca de l'EPSEVG.

Finalment i per acabar, vull agrair als meus pares, el seu esforç diari sense el qual no hagués pogut realitzar aquests estudis d'enginyeria; per tant, es un deure com a fill reconèixer-los aquest fet que s'han guanyat any darrere any. També ha estat molt important el suport dels meus germans i familiars que, sense ells, aquests estudis haguessin estat més durs de realitzar; i remarco, especialment, l'agraïment a l'ajut constant del meu germà Xavier. I no oblidar el suport de la meva parella, amics i coneguts.

Imatges Corporatives dels centres que m'han donat suport per a la correcta realització d'aquest projecte.



## - Descripció resta de documents bàsics del projecte

### III. Annexes

Està format pels documents que desenvolupen, justifiquen o aclareixen apartats específics de la memòria o altres documents bàsics del projecte. Aquests documents es poden consultar a la carpeta “III. Annexes” adjunta amb la resta d’informació. Està compost de:

#### III.I. ANNEX I: Càlculs

1. Elèctrics
2. Fotovoltaica

#### III.I. ANNEX II: Documentació informativa adicional

1. Documents elèctrics
2. Documents fotovoltaica
3. Documents calefacció
4. “Catálogo biomasa hergom”
5. Documents aigües pluvials
6. Recuperació aigua pluja
7. Documents aigües residuals
8. Fossa sèptica

### IV. Plànols

La missió (juntament amb la Memòria) és definir de forma única l’objecte del projecte i són essencials per a la seva materialització. Aquests documents es poden consultar a la carpeta “IV. Plànols” adjunta amb la resta d’informació. Els plànols utilitzats per a l’elaboració del projecte són:

1. Cotes
2. Dimensions parcel·la
3. Electrificació vivenda
  - Detall dels circuits necessaris de l’electrificació de la vivenda
  - 3.1. C1 – Punts de llum
  - 3.2. C2 – Preses de corrent general
  - 3.3. C3 – Cuina elèctrica i forn elèctric
  - 3.4. C4 – Rentadora, rentavaixelles i escalfador elèctric
  - 3.5. C5 – Preses de corrent de les cambres de bany
  - 3.6. C6 – Punts de llum
  - 3.7. C7 – Preses de corrent d’ús general i frigorífic
  - 3.8. C12 – Preses de corrent de la cuina
  - 3.9. Esquema unifilar
4. Ubicació panells solars fotovoltaics
5. Ubicació panells solars tèrmics
6. Terra radiant
7. Pendants terrat
8. Aigües pluvials
9. Aigües residuals

## V. Plec de condicions

Té com a missió establir les condicions tècniques, econòmiques i administratives per tal que l'objecte del projecte pugui materialitzar-se en les condicions especificades, evitant possibles interpretacions diferents de les desitjades. Aquest document es pot consultar a l'arxiu pdf “V. Plec de condicions” adjunt amb la resta d'informació.

1. Condicions generals
2. Prescripcions tècniques particulars
3. Clàusules econòmiques particulars

## VI. Estat de mesuraments

La seva missió és definir i determinar les unitats de cada partida o unitat d'obra que configuren la totalitat del producte, obra, instal·lació, servei o suport lògic (software o programari) objecte del projecte. Aquest document és pot consultar a l'arxiu pdf “VI. Estat de mesuraments” adjunt amb la resta d'informació.

## VII. Pressupost

Té com a missió determinar el cost econòmic de l'objecte del projecte. Es basarà en l'Estat de mesuraments i seguirà la seva mateixa ordenació. Aquest document es pot consultar a l'arxiu pdf “VII. Pressupost” adjunt amb la resta d'informació.

## VIII. Estudis amb entitat pròpia

La seva finalitat és incloure els documents requerits per exigències legals. Aquest document es pot consultar a l'arxiu pdf “VIII. Estudis amb entitat pròpia” adjunt amb la resta d'informació. Està compost per:

1. Impacte ambiental
2. Prevenció de Riscos Laborals