

ANNEX NÚM. 4

**INSTAL·LACIÓ D'EQUIPS DE PRODUCCIÓ DE CALOR DE BAIXA
TEMPERATURA MITJANÇANT LA RADIACIÓ SOLAR**

*ÍNDEX**1. Disposicions generals*

- 1.1. Definició
- 1.2. Àmbit d'aplicació
- 1.3. Criteris d'eficiència energètica
- 1.4. Protecció del paisatge urbà
- 1.5. Projecte energètic
- 1.6. Declaració de la instal·lació energètica

2. Requisits generals de la instal·lació

- 2.1. Fluid de treball
- 2.2. Protecció contra les gelades
- 2.3. Sobreescalfaments
 - 2.3.1. Protecció contra els sobreescalfaments
 - 2.3.2. Protecció contra les cremades
 - 2.3.3. Protecció dels materials i components contra les temperatures altes
- 2.4. Resistència a la pressió
- 2.5. Prevenió del flux invers
- 2.6. Prevenió de la legionel·losi

3. Criteris generals de disseny

- 3.1. Dimensionat i càlcul
 - 3.1.1. Dades de partida
 - 3.1.2. Dimensionat bàsic
- 3.2. Disseny del sistema de captació
 - 3.2.1. Generalitats
 - 3.2.2. Orientació, inclinació, ombres i integració arquitectònica
 - 3.2.3. Connexions
 - 3.2.4. Estructura de suport
- 3.3. Disseny del sistema d'acumulació solar
 - 3.3.1. Generalitats
 - 3.3.2. Situació de les connexions
 - 3.3.3. Diversos acumuladors
 - 3.3.4. Sistema auxiliar en l'acumulador solar
- 3.4. Disseny del sistema d'intercanvi
- 3.5. Disseny del circuit hidràulic
 - 3.5.1. Generalitats

- 3.5.2. Canonades
- 3.5.3. Bombes de circulació
- 3.5.4. Vasos d'expansió
 - 3.5.4.1. Vasos d'expansió oberts
 - 3.5.4.2. Vasos d'expansió tancats
- 3.5.5. Purgadors d'aire
- 3.5.6. Drenatge
- 3.6. Recomanacions específiques addicionals pels sistemes de circulació natural
- 3.7. Requisits específics addicionals pels sistemes directes
- 3.8. Disseny del sistema d'energia auxiliar
- 3.9. Disseny del sistema elèctric i de control
- 3.10. Disseny del sistema de monitorització

Document A: Definicions

Document B: Proves i documentació

Document C: Projecte energètic de la instal·lació

Document D: Càlcul de la demanda energètica

Document E: Càlcul de les pèrdues per l'orientació i la inclinació

Document F: Càlcul de les pèrdues de la radiació solar per les ombres

Document G: Requisits tècnics del contracte de manteniment

1. Disposicions generals

1.1. Definició

Una instal·lació solar tèrmica de baixa temperatura està constituïda per un conjunt de components que capten la radiació solar, la transformen en energia tèrmica, la cedeixen a un fluid de treball i finalment l'emmagatzemen per poder-la utilitzar després en els punts de consum. Aquest sistema es complementa amb la producció d'energia tèrmica d'un sistema convencional auxiliar, integrat o no en la mateixa instal·lació.

Els sistemes que conformen una instal·lació solar tèrmica per a aigua calenta són els següents:

- a) Un sistema de captació format per captadors solars, que transforma la radiació solar incident en energia tèrmica de manera que s'escalfa el fluid de treball que circula per ells.
- b) Un sistema d'acumulació constituït per un o diversos dipòsits que emmagatzemen l'aigua calenta fins que es necessita pel seu ús.
- c) Un circuit hidràulic constituït per canonades, bombes, vàlvules, etc., que s'encarrega d'establir el moviment del fluid calent fins el sistema d'acumulació.
- d) Un sistema d'intercanvi que realitza la transferència d'energia tèrmica captada des del circuit primari, a l'aigua calenta que es consumeix.
- e) Un sistema de regulació i control que s'encarrega d'una banda d'assegurar el correcte funcionament de l'equip per a proporcionar la màxima energia solar tèrmica possible i d'altra, actua com a protecció enfront de l'acció de múltiples factors com sobreescalfaments del sistema, riscos de congelacions, etc.
- f) Addicionalment, es disposa d'un equip d'energia convencional auxiliar que s'utilitza per complementar la contribució solar subministrant l'energia necessària per cobrir la demanda prevista, garantint la continuïtat del subministrament d'aigua calenta en els casos d'escassa radiació solar o de demanda superior a la prevista.

1.2. Àmbit d'aplicació

L'àmbit d'aplicació s'estén a totes les instal·lacions solars tèrmiques de baixa temperatura, amb una superfície de captació superior a quatre metres quadrats (4 m²), ja siguin destinades per aplicacions úniques o combinades.

Les instal·lacions solars tèrmiques de mitja i alta temperatura no estan contemplades en aquest annex.

1.3. Criteris d'eficiència energètica

El rendiment del captador ha de ser sempre superior al 40%, independentment de la seva aplicació i de la seva tecnologia.

De forma general, el coeficient global de les pèrdues dels captadors no poden ser superiors a 4,5 W/(m²°C).

En les instal·lacions destinades exclusivament a produir aigua calenta sanitària, l'escalfament de l'aigua de les piscines, el preescalfament de l'aigua d'aportació de processos industrials, la calefacció per terra radiant, o altres usos a menys de 60 °C, es podran utilitzar captadors amb un coeficient global de pèrdues superior, però sense sobrepassar 9 W/(m²°C).

1.4. Protecció del paisatge urbà

De forma general, en els edificis els captadors només es poden col·locar en paral·lel a l'envoltant de l'edifici o per substituir elements constructius convencionals.

La instal·lació dels captadors solars es podrà realitzar tant a les cobertes planes, inclinades i a les façanes, però sempre harmonitzant amb la composició de la façana i la resta de l'edifici i sense produir un impacte negatiu.

Quan el captador solar sigui visible des del carrer o de l'entorn immediat de l'edifici s'entendrà que la instal·lació projectada presenta un impacte visual que caldrà corregir si es produeix algun dels supòsits següents:

- a) Quan l'alineació dels captadors solars no es corresponguin amb cap de les línies principals de l'edifici (excepte si es tracta de cobertes planes).
- b) Quan els captadors solars oculten algun element arquitectònic singular i característic de l'edifici.

La instal·lació de les canonades, del cablejat i d'altres canalitzacions cal que discorrin per l'interior dels edificis o celoberts, llevat que comuniquin edificis aïllats: en aquest cas hauran d'anar soterrades o d'alguna altra forma que minimitzi el seu impacte visual.

Queda prohibit el traçat d'aquests per les façanes principals, pels patis d'illa i pels terrats, excepte en aquest cas, en trams horitzontals fins a assolir els muntants verticals, llevat que s'acompanyi en el projecte, de forma detallada, solucions constructives que garantissin la seva adequada integració en l'estètica de l'edifici.

1.5. Projecte energètic

Les instal·lacions amb una superfície de captació superior a vint metres quadrats (20 m²), han de disposar d'un projecte energètic subscrit per un tècnic competent i amb el format i continguts mínims especificats en el Document C d'aquest annex.

1.6. Declaració de la instal·lació energètica

En el cas de les instal·lacions que no requereixin un projecte energètic específic, les empreses instal·ladores, han de presentar la declaració energètica prevista en l'article 9 d'aquest reglament.

2. Requisits generals de la instal·lació

2.1. Fluid de treball

El fluid de treball se seleccionarà d'acord amb les especificacions del fabricant dels captadors. En el circuit primari es poden utilitzar aigua de la xarxa, aigua desmineralitzada o aigua amb additius, segons les característiques climatològiques del lloc de la instal·lació i de la qualitat de l'aigua emprada. En el cas d'utilitzar altres fluids tèrmics, s'ha d'incloure en el projecte la seva composició i el seu calor específic.

2.2. Protecció contra les gelades

Les parts del sistema esposades a l'exterior, han d'estar protegides contra les gelades.

Com a sistemes de protecció contra les gelades, es podrà utilitzar productes anticongelants, o algun altre sistema que ofereixi les mateixes garanties de protecció contra les gelades.

En general s'utilitzaran productes anticongelants que no siguin tòxics i que mantinguin un calor específic superior a 0,7 kcal/(kg.°C), a una temperatura de 5°C per sota de la temperatura mínima històrica registrada.

La instal·lació disposarà dels sistemes necessaris per facilitar l'ompliment de la mateixa i per assegurar que l'anticongelant està perfectament barrejat.

És convenient disposar d'un dipòsit auxiliar per reposar les pèrdues del fluid en el circuit.

2.3. Sobreescalfaments

2.3.1. Protecció contra els sobreescalfaments

El sistema s'ha de dissenyar de manera que les radiacions solars prolongades sense consum d'aigua calenta, no alterin el bon funcionament de la instal·lació.

Els sistemes equipats amb drenatges, com a protecció contra els sobreescalfaments, s'han de realitzar de manera que l'aigua calenta o el vapor del drenatge no suposin cap perill pels usuaris ni produeixin danys materials al sistema, a l'edifici ni al medi ambient.

Si en algun mes de l'any la contribució solar supera el 110% de la demanda energètica o en més de tres mesos seguits el 100%, i, en general sempre que el projectista ho consideri convenient, s'instal·laran elements de dissipació de l'energia excendent per evitar temperatures excessives en el circuit primari.

A més, les instal·lacions han de tenir dispositius de control, manuals o automàtics, que evitin els sobreescalfaments que puguin fer malbé els equips i afectar els resultats energètics.

2.3.2. Protecció contra les cremades

En els sistemes d'aigua calenta sanitària, en els quals la temperatura de l'aigua calenta pugui excedir 60°C en els punts de consum, s'ha d'instal·lar un sistema automàtic de mescla o altre que limiti la temperatura de subministrament a 60°C.

2.3.3. Protecció dels materials i components contra les temperatures altes

El sistema s'ha de calcular de manera que no es pugui excedir la temperatura màxima permesa per tots els materials i components.

2.4. Resistència a la pressió

Els circuits han de superar una prova de pressió a 1,5 vegades la pressió màxima de servei durant una hora almenys.

2.5. Prevenció del flux invers

S'han de prendre les precaucions oportunes per que no es produeixin pèrdues energètiques rellevants degudes als fluxos inversos no intencionats en cap circuit hidràulic del sistema.

2.6. Prevenció de la legionel·losi

S'ha de complir la legislació vigent de prevenció de la legionel·losi. En tot cas, la temperatura de l'aigua calenta ha de poder assolir 50°C en el punt més allunyat del circuit.

3. Criteris generals de disseny

3.1. Dimensionat i càlcul

3.1.1. Dades de partida

Les dades de partida necessàries pel dimensionament i el càlcul de la instal·lació es basen en les condicions d'ús i climàtiques.

Condicions d'ús.

Les condicions d'ús venen donades per la demanda energètica, en funció dels diferents tipus de consum:

- a) Per la producció de l'aigua calenta sanitària, la demanda energètica es determina en funció del seu consum, que figura en el Document D, d'aquest annex.
- b) Per l'escalfament de l'aigua de les piscines, la demanda energètica es calcula en funció de les pèrdues de la mateixa, seguint les especificacions del Document D, d'aquest annex.
- c) Per les aplicacions de calefacció i de refrigeració, la demanda energètica anirà donada per la càrrega tèrmica de l'habitatge a climatitzar.
- d) Per les aplicacions d'ús industrial s'ha de realitzar un estudi específic que tingui en compte la demanda energètica i la potència necessària.
- e) Per les instal·lacions combinades s'ha de realitzar la suma de les demandes energètiques sobre la base diària o mensual.

Condicions climàtiques.

Les condicions climàtiques venen donades per la radiació solar global al camp de captació, per la temperatura ambient diària i per la temperatura de l'aigua de la xarxa.

Per les dades de la radiació solar i de la temperatura ambient diària, s'han d'utilitzar els mapes d'irradiació solar del Principat d'Andorra i les dades del Servei de Meteorologia del Govern d'Andorra.

Per les dades de la temperatura de l'aigua de la xarxa, s'ha d'utilitzar els valors de les temperatures mínimes mensuals que s'indiquen en el Document D, d'aquest annex. Es pot utilitzar dades d'altres entitats de reconegut prestigi sempre i quan siguin degudament justificades i documentades.

Per a les piscines cobertes, els valors ambientals de la temperatura i de la humitat han de ser fixats en el projecte, la temperatura seca de l'aire del local ha de ser entre 2°C i 3°C superior a la de l'aigua, amb un mínim de 26°C i un màxim de 28°C, i la humitat relativa de l'ambient s'ha de mantenir entre el 55% i el 70%.

3.1.2. Dimensionat bàsic

Les instal·lacions s'han de dimensionar de manera que l'energia produïda no pugui superar el 110% de la demanda de consum en cap mes de l'any, ni el 100% en tres mesos seguits. En les instal·lacions d'un caràcter estacional marcat, no es consideraran els períodes de temps en els quals la demanda es situï un 50% per sota de la mitjana de la resta de l'any.

En aquest cas, s'han de prendre les mesures de protecció corresponents, indicades en el Document G, d'aquest annex.

El rendiment de la instal·lació es refereix només a la part solar de la mateixa. En els sistemes de refrigeració per absorció es refereix a la producció de l'energia solar tèrmica necessària pel sistema de refrigeració.

El mètode de càlcul ha d'especificar els valors mitjos diaris de la demanda d'energia i de l'aportació solar. A més ha d'incloure les prestacions globals anuals definides per:

- a) La demanda d'energia tèrmica.
- b) L'energia solar tèrmica aportada.
- c) Les fraccions solars mitjanes mensuals i anual.
- d) El rendiment mig anual.

El sistema solar de les instal·lacions de producció de l'aigua calenta sanitària, s'ha de dissenyar i calcular en funció de l'energia que aporta al llarg del dia i no en funció de la potència dels captadors solars.

Per a aquesta aplicació l'àrea total dels captadors ha de complir la condició següent:

$$50 < V/A < 180$$

on: A és l'àrea total dels captadors, expressada en m² i V el volum del dipòsit d'acumulació, expressat en litres.

Les instal·lacions destinades a la climatització de les piscines exclusivament, no poden disposar de cap volum d'acumulació, encara que es pot utilitzar un petit emmagatzematge d'inèrcia en el primari.

Les instal·lacions de climatització s'han de dimensionar de manera que es pugui cobrir la demanda d'energia durant una hora, almenys. Es recomana una relació de V/A entre 25 l/m² i 50 l/m².

3.2. Disseny del sistema de captació

3.2.1. Generalitats

Els captadors han de posseir la certificació d'homologació corresponent i han de portar en un lloc visible una placa amb caràcters indelebles, amb almenys les dades següents:

- Nom i domicili de l'empresa fabricant i eventualment el seu anagrama.
- Model, tipus i any de producció.
- Número de sèrie de fabricació.
- Àrea total del captador.
- Pes del captador buit, capacitat de líquid.
- Pressió màxima de servei.

Tant per criteris energètics com constructius, a excepció dels casos degudament justificats, els captadors que integrin la instal·lació han de ser del mateix model.

Els captadors amb absorbidor de ferro no poden ser utilitzats sota cap concepte.

Quan s'utilitzin captadors amb absorbidor d'alumini, s'han d'utilitzar obligatòriament fluids de treball amb un tractament inhibidor dels ions de coure i de ferro.

Els captadors han d'estar dotats d'un dispositiu per eliminar les acumulacions d'aigua i permetre el drenatge sense que afecti l'aïllament.

3.2.2. Orientació, inclinació, ombres i integració arquitectònica

Els captadors es poden instal·lar de forma lliure, en superposició o integrats arquitectònicament i sempre que sigui possible orientats al Sud. Les pèrdues per l'orientació i la inclinació, les pèrdues produïdes per les ombres i les pèrdues totals han de ser, inferiors als límits que s'indiquen en la taula següent:

	Orientació i inclinació (OI)	Ombres (S)	Total (OI+S)
Lliure	10%	10%	15%
Superposició	20%	15%	30%
Integració arquitectònica	40%	20%	50%

S'entén per superposició arquitectònica la col·locació dels captadors en paral·lel a l'envoltant de l'edifici. S'entén per integració arquitectònica quan els captadors a més de complir la funció energètica substitueixen elements constructius convencionals.

En el Document E d'aquest annex es descriuen els procediments per avaluar la disminució de les prestacions que s'originen al modificar la orientació i la inclinació de la superfície de captació.

En el Document F d'aquest annex es descriu un mètode de càlcul per avaluar les pèrdues de la radiació solar per les ombres circumdants.

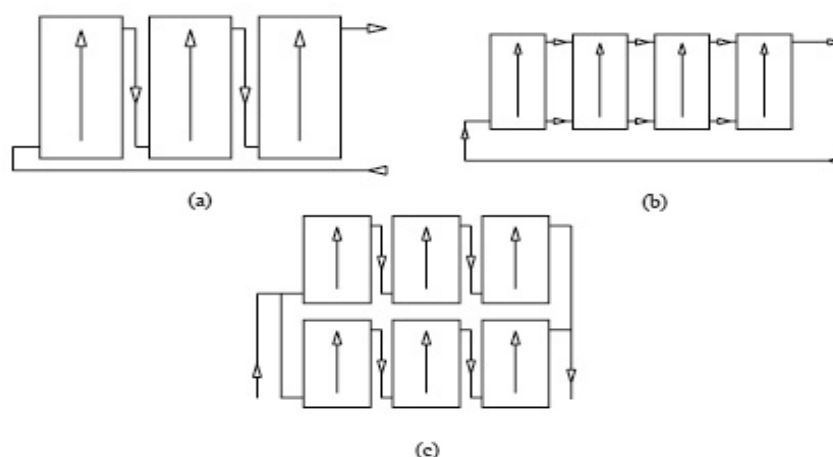
3.2.3. Connexions

S'ha de tenir cura especial en l'estanquitat i durabilitat de les connexions del captador.

Els captadors s'han de disposar en files constituïdes, preferentment, pel mateix nombre d'elements. Les files de captadors es poden connectar entre si en paral·lel, en sèrie o en sèrie paral·lel. S'han d'instal·lar vàlvules de tancament, a l'entrada i a la sortida de les diferents bateries de captadors i entre les bombes, de manera que es puguin aïllar durant les tasques de manteniment, substitució, etc. A més, s'ha d'instal·lar una vàlvula de seguretat per fila amb la finalitat de protegir la instal·lació.

A cada fila els captadors s'han de connectar en sèrie o en paral·lel. El nombre màxim de captadors connectats en paral·lel està limitat per les indicacions del fabricant. En el cas que l'aplicació sigui exclusivament per a aigua calenta sanitària es poden connectar en sèrie fins un màxim de 10m².

La connexió entre els captadors i entre les files s'ha de realitzar de manera que el circuit resulti equilibrat hidràulicament.



Connexió de captadors: a) En sèrie. b) En paral·lel. c) En sèrie-paral·lel.

3.2.4. Estructura de suport

Les estructures de suport han de ser dissenyades i calculades per resistir les càrregues de neu i la velocitat del vent, entre altres.

L'estructura i el sistema de fixació dels captadors s'ha de calcular i s'ha d'executar de manera que permeti les dilatacions tèrmiques necessàries, sense transferir càrregues que puguin afectar la integritat dels captadors o del circuit hidràulic.

Els punts de subjecció del captador seran suficients en nombre, de manera que no es produeixin flexions en el captador superiors a les permeses pel fabricant.

3.3. Disseny del sistema d'acumulació solar

3.3.1. Generalitats

Es recomana utilitzar acumuladors de configuració vertical i ubicar-los en zones interiors.

En les aplicacions combinades amb acumulació centralitzada és obligatori utilitzar un dipòsit de configuració vertical amb una relació altura/diàmetre superior a 2.

Quan l'acumulador es connecta directament a la xarxa de distribució de l'aigua calenta sanitària, s'ha d'instal·lar un termòmetre en un lloc ben visible. El sistema ha de ser capaç d'eleva la temperatura de l'acumulador a 60°C i fins a 70°C amb l'objecte de prevenir la legionel·losi.

Per les aplicacions de l'aigua calenta sanitària, s'ha de preveure un connexió puntual entre el sistema auxiliar i el solar de manera que aquest últim es pugui escalfar amb l'auxiliar, per poder complir amb les mesures de prevenció de legionel·la. Es poden proposar altres mètodes de tractament contra la legionel·la, sempre i quan estiguin degudament justificats i documentats.

Encara que els acumuladors solars portin incorporat el bescanviador de calor, s'han de complir els requisits establerts pel disseny del sistema d'intercanvi, indicats en el punt 3.4. d'aquest annex.

Els acumuladors dels sistemes fets a mida amb un volum superior a 2m³ han d'estar equipats amb vàlvules de tall o altres sistemes per impedir els fluxos a l'exterior del dipòsit, en cas d'avaría del sistema.

Quan el bescanviador estigui incorporat a l'acumulador, la placa d'identificació ha d'indicar a més, les dades següents:

- a) La superfície d'intercanvi tèrmic en m².
- b) La pressió màxima de treball del circuit primari.

Els acumuladors han de venir equipats de fàbrica amb els maneguts necessaris per permetre l'acoblament per l'entrada de l'aigua freda i la sortida de l'aigua calenta, per la inspecció del interior del dipòsit, per l'entrada i la sortida del fluid primari, pel buidat i pels accessoris.

Els dipòsits d'una capacitat nominal superior a 750 litres han de disposar d'una boca d'home d'un diàmetre mínim de 400mm, per permetre l'entrada d'una persona en el seu interior.

Els acumuladors han d'estar totalment recoberts amb un material aïllant.

3.3.2. Situació de les connexions

Amb l'objecte d'aprofitar el màxim l'energia captada i evitar la pèrdua de l'estratificació per la temperatura en els dipòsits, la situació de les preses per les diverses connexions han de ser les següents:

- a) La connexió de l'entrada de l'aigua calenta procedent del bescanviador o dels captadors a l'acumulador s'ha de situar, preferentment, a una altura compresa entre el 50% i el 75% de l'altura total del mateix.

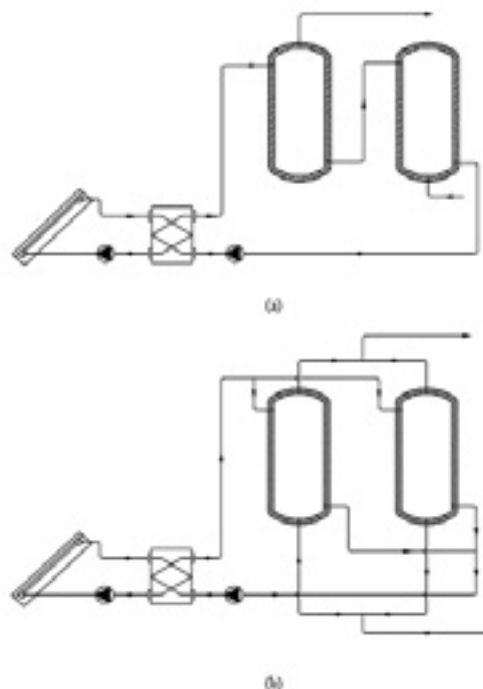
- b) La connexió de la sortida de l'aigua freda de l'acumulador cap als captadors s'ha de realitzar en la part inferior d'aquest.
- c) En el cas d'una sola aplicació, l'alimentació de l'aigua de retorn al dipòsit s'ha de situar en la part inferior. En els sistemes oberts al consum, com per exemple l'aigua calenta sanitària, l'alimentació amb l'aigua freda de xarxa s'ha de situar en la part inferior i l'extracció de l'aigua calenta del dipòsit s'ha de realitzar per la part superior.
- d) En el cas de diverses aplicacions en el mateix dipòsit cal tenir en compte els nivells tèrmics d'aquestes aplicacions, de manera que tant les sortides com els retorns de les aplicacions que requereixin un nivell tèrmic més alt en temperatures es situïn per sobre de que requereixin un nivell menor.

Es recomana que les entrades de l'aigua de retorn estiguin equipades amb una placa deflectora en la part interior, a fi que la velocitat residual no destrueixi l'estratificació en l'acumulador.

Les connexions d'entrada i sortida s'han de situar de manera que s'evitin camins preferents de circulació del fluid.

3.3.3. Diversos acumuladors

Quan calgui que el sistema d'acumulació solar estigui format per més d'un dipòsit, aquests s'han de connectar en sèrie invertida en el circuit de consum o en paral·lel amb els circuits primaris i secundaris equilibrats, tal com es pot veure en la figura següent:



(a) Connexió en sèrie invertida amb el circuit de consum.

(b) Connexió en paral·lel amb el circuit secundari equilibrat.

La connexió dels acumuladors ha de permetre la desconexió individual dels mateixos sense interrompre el funcionament de la instal·lació.

3.3.4. Sistema auxiliar en l'acumulador solar

No es permet la connexió d'un sistema auxiliar en l'acumulador solar, ja que això pot suposar una disminució de les possibilitats de la instal·lació solar per proporcionar les prestacions energètiques que es pretenen obtenir amb aquest tipus d'instal·lacions.

No obstant això, per circumstàncies específiques de la instal·lació (llevat per la producció de l'aigua calenta sanitària i per la climatització de les piscines), es podrà considerar la incorporació d'energia convencional en l'acumulador solar.

En aquest cas, s'ha de presentar una descripció detallada de tots els sistemes i equips emprats, que justifiqui suficientment que es produeix el procés d'estratificació i que a més es compleixen totes les condicions següents:

- a) S'ha de tractar d'un sistema indirecte: acumulació solar en el secundari.
- b) Volum total màxim de 2.000 litres.
- c) Configuració vertical de l'acumulador amb una relació entre l'altura i el diàmetre no inferior a 2.
- d) Es considera l'acumulador dividit en dues parts separades per una de transició de almenys 10 centímetres d'altura amb escalfament solar a la part inferior i escalfament convencional a la part superior. La part solar inferior ha de complir amb els criteris de dimensionat d'aquestes prescripcions i la part convencional superior ha de complir amb els criteris i normatives habituals d'aplicació.
- e) La connexió de l'entrada de l'aigua calenta procedent del bescanviador solar a l'acumulador s'ha de realitzar, preferentment, a una altura compresa entre el 50% i el 75% de la seva altura total, i sempre per sota de la zona de transició. La connexió de sortida d'aigua freda cap al bescanviador s'ha de realitzar per la part inferior de l'acumulador.
- f) Les entrades d'aigua han d'estar equipades amb una placa deflectora o equivalent a fi que la velocitat residual no destrueixi l'estratificació en l'acumulador.
- g) No ha d'existir recirculació del circuit de distribució de consum de l'aigua calenta sanitària.

En els equips prefabricats que vinguin equipats de fàbrica per rebre un sistema auxiliar elèctric i que no compleixin aquestes condicions, s'ha d'anul·lar aquesta possibilitat de manera permanent, mitjançant segellat irreversible o un altre mitjà equivalent.

3.4. Disseny del sistema d'intercanvi

La potència mínima de disseny del bescanviador independent, P , en watts, en funció de l'àrea de captadors A , en metres quadrats, ha de complir la condició següent:

$$P \geq 500 A$$

Els bescanviadors independents han de ser de plaques d'acer inoxidable o de coure i ha de suportar les temperatures i les pressions màximes de treball de la instal·lació.

El bescanviador del circuit de captadors incorporat a l'acumulador solar ha d'estar situat a la part inferior d'aquest últim i ha de ser de tipus submergit o de doble envoltant.

Els bescanviadors submergits podran ser de serpenti. La relació entre la superfície útil d'intercanvi del bescanviador incorporat i la superfície total de captació no serà inferior a 0,15.

El bescanviador de calor situat entre el circuit de captadors i el sistema de subministrament al consum no ha de disminuir l'eficiència del captador pel increment de la temperatura de funcionament de captadors.

Si només s'utilitza un sol bescanviador entre el circuit de captadors i l'acumulador, la transferència de calor del bescanviador de calor no ha de ser inferior a $40 \text{ W/m}^2\text{K}$, per unitat d'àrea de captador.

3.5. Disseny del circuit hidràulic

3.5.1. Generalitats

En la fase de disseny s'ha de concebre un circuit hidràulic equilibrat hidràulicament. En cas que nos fos possible, el flux ha de ser controlat per vàlvules d'equilibrat.

3.5.2. Canonades

Per evitar pèrdues tèrmiques es recomana que la longitud de les canonades del sistema sigui el més curta possible i s'evitin els colzes i les pèrdues de càrrega.

3.5.3. Bombes de circulació

Si el circuit de captadors està dotat amb una bomba de circulació, la caiguda de pressió s'ha de mantenir acceptablement baixa en tot el circuit.

Sempre que sigui possible, les bombes situades en línia s'han de muntar en les zones més fredes del circuit, tenint en compte que no es produeixi cap tipus de cavitació i sempre amb l'eix de rotació en posició horitzontal.

En les instal·lacions d'una superfície de captació superior a 50m^2 , s'han de muntar dues bombes idèntiques en paral·lel, deixant una de reserva, tant en el circuit primari com en el secundari. En aquest cas s'ha d'establir el funcionament alternatiu de les mateixes, de forma manual o automàtica.

Les canonades s'han de connectar a les bombes de manera que no provoquin esforços recíprocs de torsió o de flexió. El diàmetre de les canonades d'acoblament no ha de poder ser inferior al diàmetre de la boca d'aspiració de la bomba.

En les instal·lacions de les piscines la disposició dels elements ha de ser la següent: el filtre s'ha de col·locar sempre entre la bomba i els captadors i el sentit del corrent ha de ser bomba-filtre-captadors, per evitar que la resistència del filtre provoqui una sobrepressió als captadors. La impulsió d'aigua calenta s'ha de fer per la part inferior de la piscina, quedant la impulsió d'aigua filtrada en la superfície.

Els materials de la bomba del circuit primari han de ser compatibles amb les mescles anticongelants i en general amb el fluid de treball utilitzat.

El cabal nominal dels captadors connectats en paral·lel, ha de ser igual al cabal unitari de disseny multiplicat per la superfície total de captadors en paral·lel.

La potència elèctrica paràsita de les bombes no ha d'excedir 50W o el 2% de la potència màxima generada pel grup de captadors en els sistemes petits i l'1% en els sistemes grans.

La bomba ha de permetre la realització de l'operació de purga de forma senzilla.

3.5.4. Vasos d'expansió

3.5.4.1. Vasos d'expansió oberts

Els vasos d'expansió oberts, quan s'utilitzin com a sistemes d'ompliment o de reompliment, han de disposar d'una línia d'alimentació, mitjançant flotadors o sistemes similars.

3.5.4.2. Vasos d'expansió tancats

El dispositiu d'expansió tancat del circuit de captadors ha d'estar dimensionat de tal manera que, fins i tot després d'una interrupció del subministrament de potència a la bomba de circulació del circuit de captadors, es pugui restablir l'operació automàticament quan la potència estigui disponible de nou.

Quan el mitjà de transferència de calor es pugui evaporar per condicions d'estancament, s'ha de realitzar un dimensionat especial del volum d'expansió. A més de les dimensions usuales dels sistemes de calefacció tancats, el dipòsit d'expansió ha de ser capaç de compensar tot el volum més un 10%, del mitjà de transferència de calor a tot el grup de captadors, incloent totes les canonades de connexió.

L'aïllament no ha de deixar zones visibles de canonades o accessoris, quedant únicament a l'exterior els elements que siguin necessaris per al bon funcionament i operació dels components.

Els aïllaments empleats han de ser resistents als efectes de la intempèrie, ocells i rosegadors.

3.5.5. Purgadors d'aire

Els purgadors d'aire s'han d'instal·lar en els punts alts de la sortida de bateries dels captadors i en tots aquells punts de la instal·lació on es pugui quedar aire acumulat.

S'ha d'evitar l'ús de purgadors automàtics quan es prevegi la formació de vapor en el circuit.

Els purgadors automàtics han de poder suportar la temperatura d'estancament del captador.

3.5.6. Drenatge

Els conductes de drenatge de les bateries dels captadors s'han de dissenyar de manera que no es puguin congelar.

3.6. Recomanacions específiques addicionals per als sistemes de circulació natural

En les instal·lacions que funcionin per circulació natural, és molt important el disseny correcte dels diferents components i dels circuits que integren el sistema, perquè no s'introdueixin pèrdues de càrrega importants i es desafavoreixi la circulació del fluid per termosifó. Per això es recomana una atenció especial en el disseny del captador i de les seves connexions, el traçat de les canonades i el sistema d'acumulació.

3.7. Requisits específics addicionals per als sistemes directes

No es poden instal·lar sistemes directes en les aplicacions d'aigua calenta sanitària, ni en les altres aplicacions situades en zones amb risc de gelades.

3.8. Disseny del sistema d'energia auxiliar

Per assegurar la continuïtat en el proveïment de la demanda tèrmica, les instal·lacions d'energia solar han de disposar d'un sistema d'energia auxiliar.

Per raons d'eficiència energètica, entre d'altres, es desaconsella la utilització d'energia elèctrica obtinguda per efecte Joule com a font auxiliar, especialment en els casos d'alts consums i fraccions solars anuals baixes.

Queda prohibit l'ús de sistemes d'energia auxiliar en el circuit primari de captadors.

El disseny del sistema d'energia auxiliar s'ha de realitzar en funció de l'aplicació (o aplicacions) de la instal·lació, de manera que només entri en funcionament quan sigui estrictament necessari i que s'aprofiti al màxim possible l'energia extreta del camp de captació solar.

3.9. Disseny del sistema elèctric i de control

Les instal·lacions han de disposar dels aparells adequats de mesura i control (temperatures, cabals, pressió) que permetin comprovar el funcionament normal del sistema.

Als habitatges s'ha d'instal·lar obligatòriament un aparell de mesura de la temperatura de l'aigua calenta escalfada amb energia solar a fi que l'usuari tingui informació sobre l'aportació d'energia solar al seu habitatge i pugui adequar els seus hàbits de consum d'aigua calenta als moments de màxima aportació solar.

Les instal·lacions de captació solar tèrmica amb una superfície de captació superior a 7m², han de disposar, com a mínim, d'un comptador de l'energia tèrmica aportada per la instal·lació solar als punts de consum final.

El disseny del sistema de control ha d'assegurar el correcte funcionament de les instal·lacions, procurant obtenir un bon aprofitament de l'energia solar captada i assegurant un ús adequat de l'energia auxiliar.

El sistema de control ha de garantir que en cap cas s'assoleixin temperatures superiors a les màximes suportades pels materials, components i tractaments dels circuits.

El sistema de control ha d'assegurar que en cap punt la temperatura del fluid de treball descendeixi per sota d'una temperatura tres graus superior a la de congelació del fluid.

3.10. Disseny del sistema de monitorització

Les instal·lacions amb un camp de captadors de més de 20m² han de disposar d'un sistema analògic de mesura que indiqui almenys les variables següents:

Opció 1:

- a) Temperatura d'entrada i cabal de l'aigua freda de la xarxa.
- b) Temperatura de l'acumulador solar.

Opció 2:

- a) Temperatura inferior de l'acumulador solar.
- b) Temperatura dels captadors.
- c) Cabal del circuit primari.

El tractament de les dades ha de poder proporcionar l'energia solar tèrmica acumulada al llarg del temps.

Document A: Definicions

1. Paràmetres ambientals

Radiació solar: Energia procedent del Sol en forma d'ones electromagnètiques.

Radiació solar directa: Radiació solar incident sobre un pla donat, procedent d'un petit angle sòlid centrat en el disc solar.

Radiació solar hemisfèrica: Radiació solar incident en una superfície plana donada, rebuda des d'un angle sòlid de 2π sr (de l'hemisferi situat per damunt de la superfície). Cal especificar la inclinació i l'azimut de la superfície receptora.

Radiació solar difusa: Radiació solar hemisfèrica menys la radiació solar directa.

Radiació solar global: Radiació solar hemisfèrica rebuda en un pla horitzontal.

Irradiància solar: Potència radiant incident per unitat de superfície sobre un pla donat. S'expressa en W/m².

Irradiància solar directa: Quocient entre el flux radiant rebut en una superfície plana donada, procedent d'un petit angle sòlid centrat en el disc solar i l'àrea d'aquesta superfície. Si el pla és perpendicular a l'eix de l'angle sòlid, la irradiància solar rebuda s'anomena directa normal. S'expressa en W/m².

Irradiància solar difusa: Irradiància de la radiació solar difusa sobre una superfície receptora plana. Cal especificar la inclinació i l'azimut de la superfície receptora.

Irradiància solar reflectida: La radiació per unitat de temps i unitat d'àrea que, procedent de la reflexió de la radiació solar al terra i a d'altres objectes, incideix sobre una superfície.

Irradiació: Energia incident per unitat de superfície sobre un pla donat, obtinguda per integració de la irradiància durant un interval de temps donat, normalment una hora o un dia. S'expressa en MJ/m² o kWh/m².

Aire ambient: Aire (tant interior com exterior) que envolta un acumulador d'energia tèrmica, un captador solar o a qualsevol altre objecte que s'estigui considerant.

2. Instal·lacions

Instal·lacions obertes: Instal·lacions en què el circuit primari està comunicat de manera permanent amb l'atmosfera.

Instal·lacions tancades: Instal·lacions en què el circuit primari no té comunicació directa amb l'atmosfera.

Instal·lacions de sistema directe: Instal·lacions en què el fluid de treball és la mateixa aigua de consum que passa pels captadors.

Instal·lacions de sistema indirecte: Instal·lacions en què el fluid de treball es manté en un circuit separat, sense possibilitat de comunicar-se amb el circuit de consum.

Instal·lacions per termosifó: Instal·lacions en què el fluid de treball circula lliurement per convecció.

Instal·lació amb circulació forçada: Instal·lació equipada amb dispositius que provoquen la circulació forçada del fluid de treball.

Circuit primari: Circuit format pels captadors i les canonades que els uneixen, en el qual el fluid recull l'energia solar i la transmet.

Circuit secundari: Circuit que recull l'energia transferida del circuit primari per distribuir-la als punts de consum.

Circuit de consum: Circuit pel qual circula l'aigua de consum.

3. Captadors

Captador solar tèrmic: Dispositiu dissenyat per absorbir la radiació solar i transmetre l'energia tèrmica produïda a un fluid de treball que circula pel seu interior.

Captador solar de líquid: Captador solar que utilitza un líquid com fluid de treball.

Captador solar d'aire: Captador solar que utilitza aire com a fluid de treball.

Captador solar pla: Captador solar sense concentració quina superfície absorbidora és sensiblement plana.

Captador de tubs de buit: Captador de buit que utilitza un tub transparent (normalment de vidre) on s'ha realitzat el buit entre la paret del tub i l'absorbidor.

Absorbidor: Component d'un captador solar quina funció és absorbir l'energia radiant i transferir-la en forma de calor a un fluid.

Àrea total: Àrea màxima del captador, excloent els elements de suport i d'acoblament.

Fluid de transferència de calor o fluid de treball: És el fluid encarregat de recollir i transmetre l'energia captada per l'absorbidor.

Temperatura d'estancament del captador: Correspon a la temperatura màxima del fluid que s'assoleix quan el captador està sotmès a alts nivells de radiació i de temperatura ambient i la velocitat del vent és menyspreable.

4. Components

Bescanviador de calor: Dispositiu en el qual es produeix la transferència d'energia del circuit primari al circuit secundari.

Acumulador solar o dipòsit solar: Dipòsit en qual s'acumula l'aigua escalfada per l'energia solar.

Dipòsit d'expansió: Dispositiu que permet absorbir les variacions de volum i de pressió en un circuit tancat produïdes per les variacions de temperatura del fluid circulant. Pot ser obert o tancat, segons estigui o no en comunicació amb l'atmosfera.

Bomba de circulació: Dispositiu electromecànic que produeix la circulació forçada del fluid a través d'un circuit.

Purgador d'aire: Dispositiu que permet la sortida de l'aire acumulat en el circuit. Pot ser manual o automàtic.

Vàlvula de seguretat: Dispositiu que limita la pressió màxima del circuit.

Vàlvula retorn antiretorn: Dispositiu que evita el pas de fluid en un sentit.

Document B: Proves i documentació**1. Proves**

Abans de lliurar la Declaració energètica, l'instal·lador ha de realitzar, com a mínim, les operacions següents:

- a) L'ompliment, el funcionament i la posada en marxa del sistema.
- b) La prova hidrostàtica dels equips i del circuit d'energia auxiliar.
- c) Comprovarà que les vàlvules de seguretat funcionen i que les canonades de descarrega no estan obturades. La prova es realitzarà a 1,1 vegades la pressió de tarat i es comprovarà que es produeixi l'obertura de les vàlvules.
- d) Comprovarà la correcta actuació de les vàlvules de tall, l'ompliment, el buidat i la purga de la instal·lació.
- e) Comprovarà la correcta alimentació elèctrica de les bombes del circuit.
- f) Comprovarà l'actuació del sistema de control i del comportament global de la instal·lació realitzant una prova de funcionament.

2. Documentació

A l'entrega de la instal·lació, l'empresa instal·ladora, ha de lliurar a l'usuari una documentació sobre les instruccions pel seu funcionament i manteniment.

Si la instal·lació solar tèrmica disposa d'un projecte energètic, correspon als tècnics autors del projecte lliurar la documentació relativa a la instal·lació dissenyada.

3. Declaració energètica

Segons un model normalitzat que ha de determinar el ministeri competent en energia, que ha de contenir com a mínim les dades sobre la ubicació i el titular de la instal·lació, i les seves característiques, aplicació, locals o edificis, producció energètica, captació solar, acumulació, sistema de reglatge i control, proteccions, etc.

Document C: Projecte energètic de la instal·lació

El projecte energètic específic de les instal·lacions d'energia solar tèrmica ha de tenir els continguts mínims següents:

- a) Memòria descriptiva de la instal·lació (indicant el tipus, la capacitat total d'acumulació i la font d'energia de suport).
- b) Dades de consum de l'aigua calenta.
- c) Demanda d'energia tèrmica.
- d) Superfície de captació solar.
- e) Nombre, tipus i corba de rendiment dels captadors.
- f) Ubicació, inclinació i orientació del camp de captadors.
- g) Esquema de principi.
- h) Energia solar tèrmica aportada.
- i) Contribució solar anual.
- j) Rendiment mig anual.
- k) Càlculs.
- l) Taula de càlculs.

En la memòria descriptiva, s'ha de definir l'edifici objecte de la instal·lació, indicant les dades bàsiques com la seva ubicació, el tipus d'actuació (nova construcció, ampliació, reforma, canvi d'ús, etc.) l'ús de l'edifici i el nombre d'usuaris previstos. També s'indicarà el tipus i la capacitat total d'acumulació i la font d'energia de suport.

S'ha de calcular el consum diari de l'aigua calenta sanitària, si escau, a partir de les unitats d'ús i dels consums unitaris indicats en aquest document.

El càlcul de la demanda d'energia tèrmica s'ha de realitzar per a cada mes de l'any, a partir d'una temperatura de referència de 60°C per l'aigua calenta sanitària i una temperatura variable de l'aigua freda de la xarxa, d'acord amb les dades de les temperatures mensuals indicades en el Document D.

La superfície de captació solar ha de ser suficient per satisfer la cobertura de la demanda energètica projectada.

Els captadors solars s'han d'identificar amb la seva marca i model. També s'ha d'incloure la corba de rendiment energètic dels captadors solars.

S'ha d'especificar la situació dels captadors solars a l'edifici, la seva inclinació respecte l'horitzontal i la seva orientació.

El rendiment mig de la instal·lació solar és el quocient entre l'energia solar produïda anualment i l'energia total incident sobre els captadors solars amb la inclinació i l'orientació definides.

Els càlculs han de tenir en compte les pèrdues tèrmiques per l'orientació, la inclinació i per les ombres del camp de captadors solars.

La taula de càlculs s'ha de realitzar sobre una base mensual, especificant la demanda, l'aportació solar i la fracció solar.

	Demanda d'aigua calenta sanitària		Energia solar produïda	Contribució solar
	Litres	kWh	kWh	%
Gener				
Febrer				
Març				
Abril				
Maig				
Juny				
Juliol				
Agost				
Setembre				
Octubre				
Novembre				
Desembre				
TOTAL				

Com a informació gràfica, s'ha d'adjuntar un plànol de l'emplaçament de l'edifici, amb indicació de l'orientació Sud, un esquema de principi de la instal·lació solar, un plànol de planta de la coberta amb indicació de la distribució dels captadors solars i un plànol de la secció de l'edifici.

Document D: Càlcul de la demanda energètica**1. Càlcul de la demanda energètica de les instal·lacions d'escalfament de les piscines**

La demanda energètica de les instal·lacions d'escalfament de les piscines s'ha de calcular de forma diferent si es tracta de piscines cobertes o a l'aire lliure.

1.1. Piscines cobertes

Per al càlcul de les pèrdues energètiques de les piscines cobertes, s'ha d'utilitzar la fórmula empírica següent:

$$P \text{ (kW)} = (130 - 3 t_{WS} + 0,2 t_{WS}^2) (S_W / 1000)$$

on:

t_{WS} és la temperatura de l'aigua (°C)

S_W és la superfície de la piscina (m²)

1.2. Piscines a l'aire lliure

Per al càlcul de les pèrdues energètiques de les piscines a l'aire lliure, s'ha d'utilitzar la fórmula empírica següent:

$$P \text{ (kW)} = [(28 + 20v) (t_{WS} - t_{BS}) S_W] / 1000$$

on:

t_{WS} és la temperatura de l'aigua (°C)

t_{BS} és la temperatura de l'aire (°C)

v és la velocitat del vent (m/s)

S_W és la superfície de la piscina (m²)

Les piscines a l'aire lliure s'han d'ubicar preferentment en llocs en què la velocitat del vent sigui la més baixa possible.

2. Càlcul de demanda energètica en les instal·lacions d'aigua calenta sanitària

La demanda energètica de les instal·lacions d'aigua calenta sanitària ve donada pel volum del consum diari i per les temperatures de l'aigua freda.

En les instal·lacions existents que disposin de dades de consum d'anys anteriors, es poden utilitzar, prèvia justificació.

En cas de no disposar de dades, s'han d'utilitzar els consums unitaris a una temperatura de referència de 60°C, que figuren en la Taula 1.

Taula 1. Consums unitaris a una temperatura de referència de 60°C

Criteri de consum	Litres/dia	
Habitatges unifamiliars	30	per persona
Habitatges plurifamiliars	22	per persona
Hospitals i clíniques	55	per llit
Hotels (4 estels)	70	per llit
Hotels (3 estels)	55	per llit
Hotels/Hostals (2 estels)	35	per llit
Càmpings	40	per emplaçament
Hostals/Pensions (1 estel)	35	per llit
Residències (ancians, estudiants, etc.)	55	per llit
Vestuaris/Dutxes col·lectives	15	per servei
Escoles	3	per alumne
Casernes	20	per persona
Fàbriques i tallers	5	per persona
Oficines	3	per persona
Gimnasos	20	per usuari
Bugaderies	3	per quilo de roba
Restaurants	5	per àpat
Cafeteries	1	per dinar

En el cas de considerar una temperatura de referència diferent de 60°C (per exemple una temperatura pròxima a la de consum), els valors expressats en la taula es poden modificar multiplicant-los pel factor:

$$(60 - t_F) / (t - t_F).$$

On: t és la nova temperatura de referència escollida i t_F és la temperatura de l'aigua freda (temperatura de l'aigua freda de la xarxa).

El càlcul del nombre de persones per vivenda s'ha de fer utilitzant els valors que s'indiquen en la Taula 2.

Taula 2

Nombre de dormitoris	Nombre de persones
1	1,5
2	3
3	4
4	6
5	7
6	8
7	9
A partir de 8	Igual al nombre de dormitoris

Per al càlcul de la càrrega de consum es prendran els valors orientatius que s'indiquen en la Taula 3. La utilització d'altres temperatures de l'aigua freda s'ha de justificar indicant la seva procedència i el procés d'obtenció.

Taula 3. Temperatura mínima mitja de cada mes de l'aigua de la xarxa en °C

Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre	Any
4	5	7	8	10	11	12	11	10	9	7	4	8,2

Document E: Càlcul de les pèrdues per l'orientació i la inclinació**1. Introducció**

En aquest document s'han de determinar els límits en l'orientació i la inclinació dels captadors d'acord amb les pèrdues màximes admissibles.

Les pèrdues per l'orientació i inclinació dels captadors, s'han de calcular en funció de l'angle d'inclinació β i de l'angle d'azimut α , tal com s'indica en la figura següent:

**2. Procediment**

Una vegada determinat l'angle d'azimut del captador, s'han de calcular els límits d'inclinació acceptables d'acord amb les pèrdues màximes respecte de la inclinació òptima establerta.

Els límits per la inclinació es poden determinar tal com s'indica a continuació, utilitzant la figura E1, per una latitud de $\varnothing = 41^\circ$.

- Els punts d'intersecció del límit de pèrdues amb la recta d'azimut ens proporcionarà els valors d'inclinació màxima i mínima (les pèrdues màximes no poden superar el 10%, 20% i 40%, pels captadors col·locats lliurement, en superposició o integrats arquitectònicament, respectivament).
- Si les ambdues corbes no s'intersequen, les pèrdues són superiors a les permeses i la instal·lació està fora dels límits. Quan les corbes s'intersequen, s'obtenen els valors per la latitud $\varnothing = 41^\circ$ i es corregeixen tal com es detalla a continuació.

Es corregiran els límits d'inclinació acceptable en funció de la diferència entre la latitud del lloc i la de 41° , d'acord amb les següents fórmules:

Inclinació màxima = inclinació ($\varnothing = 41^\circ$) – (41° – latitud)

Inclinació mínima = inclinació ($\varnothing = 41^\circ$) – (41° – latitud), sent 0° el seu valor mínim.

Per als casos a prop del límit i com a instrument de verificació, s'utilitzarà la fórmula següent:

$$\text{Pèrdues (\%)} = 100 \times [1,2 \times 10^{-4} (\beta - \beta_{\text{opt}})^2 + 3,5 \times 10^{-5} \alpha^2] \quad \text{per a } 15^\circ < \beta < 90^\circ$$

$$\text{Pèrdues (\%)} = 100 \times [1,2 \times 10^{-4} (\beta - \beta_{\text{opt}})^2] \quad \text{per a } \beta \leq 15^\circ$$

Nota: α i β s'expressen en graus

3. Exemple de càlcul

Es tracta d'avaluar si les pèrdues per la orientació i la inclinació del captador estan compreses dins els límits permesos per una instal·lació en una teulada orientada 15° a l'Oest (azimut = +15°) i amb una inclinació de 40° en una localitat situada a una latitud de 29°.

A partir del valor de l'azimut de +15°, determinem en la figura 1 els límits per la inclinació de $\theta = 41^\circ$. Els punts d'intersecció del límit de pèrdues del 10%, (pèrdues màximes per la col·locació lliure), amb la recta d'azimut ens proporcionen els valors (vegeu Figura 2):

Inclinació màxima = 60°

Inclinació mínima = 7°

Corregit per a la latitud del lloc:

Inclinació màxima = $60^\circ - (41^\circ - 29^\circ) = 48^\circ$.

Inclinació mínima = $7^\circ - (41^\circ - 29^\circ) = -5^\circ$, que es troba fora del rang.

En aquest cas, s'adaptaria una inclinació mínima teòrica de 0°.

Per tant, aquesta instal·lació amb una inclinació de 40° compleix els requisits de pèrdues per l'orientació i la inclinació.

Figura 1

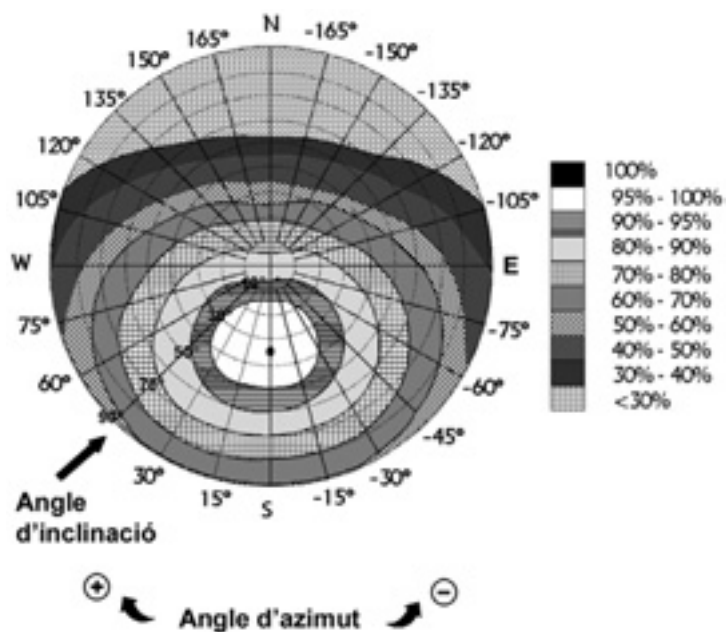
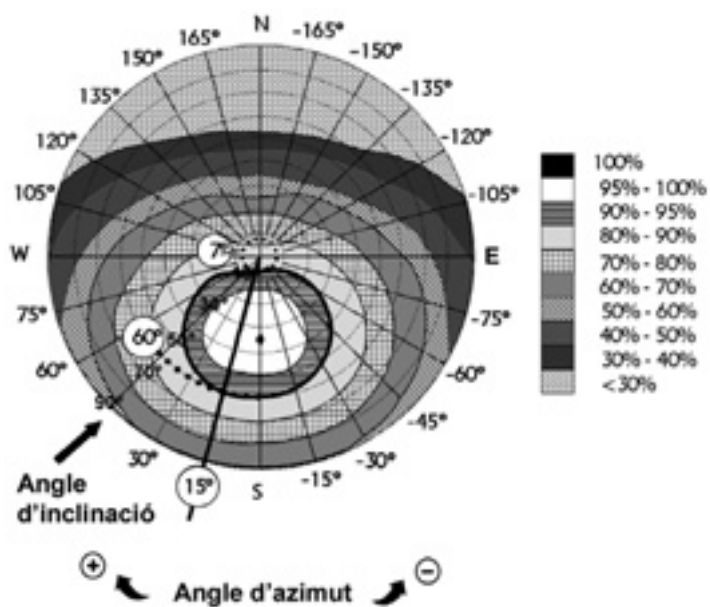


Figura 2



Document F: Càlcul de les pèrdues de la radiació solar per ombres

1. Introducció

En aquest document es descriu un mètode de càlcul de les pèrdues de la radiació solar que experimenta una superfície degut a les ombres circumdants. Aquestes pèrdues s'expressen en el percentatge de la radiació solar global que incidiria sobre superfície esmentada, en no existir cap ombra.

2. Procediment

El procediment consisteix en comparar el perfil d'obstacles que afecta la superfície de l'estudi amb el diagrama de les trajectòries aparents del sol. Els passos a seguir són els següents:

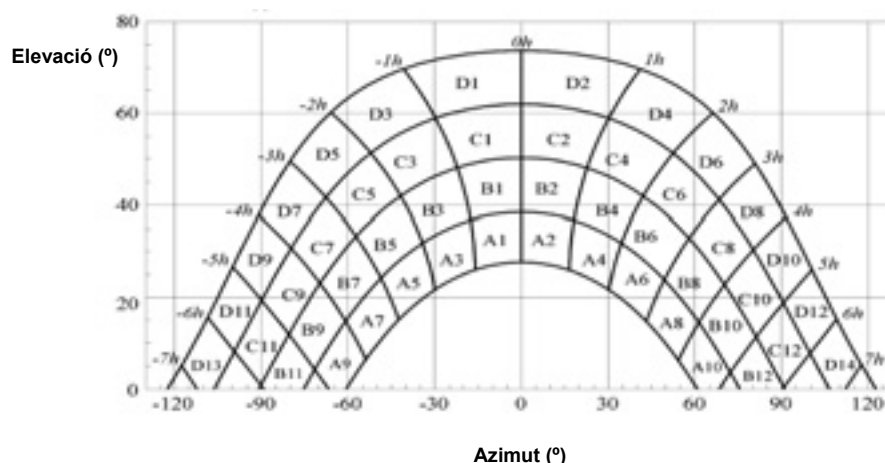
2.1. Obtenció del perfil d'obstacles

La localització dels principals obstacles que afecten la superfície, tenint en compte les seves coordenades de posició azimuth (angle de desviació respecte de la direcció Sud) i d'elevació (angle d'inclinació respecte del pla horitzontal).

2.2. Representació del perfil d'obstacles

Representació del perfil d'obstacles en el diagrama que s'indica a continuació, en el qual es mostra la banda de trajectòries del sol al llarg de l'any. Aquesta banda està dividida en porcions, delimitades per les hores solars (negatives abans del migdia solar i positives després d'aquest) i identificades amb una lletra i un número (A1, A2,... D14).

Diagrama de les trajectòries del sol (Nota: Els graus d'ambdues escales són sexagesimals).



2.3. Selecció de la taula de referència per als càlculs

Cadascuna de les porcions del diagrama representa el recorregut del sol en un cert període de temps (una hora al llarg de diversos dies) i té, per tant, una determinada contribució a la radiació solar global anual que incideix sobre la superfície de l'estudi. Així, el fet que un obstacle cobreixi una de les porcions suposa una certa pèrdua d'irradiació, en particular aquella que resulti interceptada per l'obstacle. S'haurà d'escollir com a referència per al càlcul la taula més adequada de les que es faciliten en aquest document.

2.4. Càlcul final

La comparació del perfil d'obstacles amb el diagrama de les trajectòries del sol permet calcular les pèrdues per ombreig de la radiació solar global que incideix sobre la superfície, al llarg de tot l'any. Per això s'han de sumar les contribucions d'aquelles porcions que resultin total o parcialment ocultes pel perfil d'obstacles representat.

En l'apartat 4 es mostra un exemple concret de la utilització del mètode descrit.

3. Taules de referència

Les taules incloses en aquesta secció es refereixen a diverses superfícies caracteritzades pels seus angles d'inclinació i orientació (β i α , respectivament). S'haurà d'escollir la que resulti més semblant a la superfície de l'estudi. Els números que figuren a cada casella es corresponen amb el percentatge de la radiació solar global anual que es perdria si la porció corresponent resultés interceptada per un obstacle.

Taules de referència

$\beta = 35^\circ$ $\alpha = 0^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,03
11	0,00	0,01	0,12	0,44
9	0,13	0,41	0,62	1,49
7	1,00	0,95	1,27	2,76
5	1,84	1,50	1,83	3,87
3	2,70	1,88	2,21	4,67
1	3,13	2,12	2,43	5,04
2	3,17	2,12	2,33	4,99
4	2,70	1,89	2,01	4,46
6	1,79	1,51	1,65	3,63
8	0,98	0,99	1,08	2,55
10	0,11	0,42	0,52	1,33
12	0,00	0,02	0,10	0,40
14	0,00	0,00	0,00	0,02

Taula C

$\beta = 90^\circ$ $\alpha = 0^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,35
11	0,00	0,01	0,02	0,35
9	0,23	0,50	0,37	0,30
7	1,66	1,06	0,93	0,78
5	2,76	1,62	1,43	1,68
3	3,83	2,00	1,77	2,36
1	4,36	2,23	1,98	2,69
2	4,40	2,23	1,91	2,66
4	3,82	2,01	1,62	2,26
6	2,68	1,62	1,30	1,58
8	1,62	1,09	0,79	0,74
10	0,19	0,49	0,32	0,10
12	0,00	0,02	0,02	0,13
14	0,00	0,00	0,00	0,13

Taula E

$\beta = 90^\circ$ $\alpha = 30^\circ$	A	B	C	D
13	0,10	0,00	0,00	0,33
11	0,06	0,01	0,15	0,51
9	0,56	0,06	0,14	0,43
7	1,80	0,04	0,07	0,31
5	3,06	0,55	0,22	0,11
3	4,14	1,16	0,87	0,67
1	4,87	1,73	1,49	1,86
2	5,20	2,13	1,88	2,79
4	5,02	2,34	2,02	3,29
6	4,46	2,28	2,05	3,36
8	3,54	1,92	1,71	2,98
10	2,26	1,19	1,19	2,12
12	1,17	0,12	0,53	1,22
14	0,22	0,00	0,00	0,24

$\beta = 0^\circ$ $\alpha = 0^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,18
11	0,00	0,01	0,18	1,05
9	0,05	0,32	0,70	2,23
7	0,52	0,77	1,32	3,56
5	1,11	1,26	1,85	4,66
3	1,75	1,60	2,20	5,44
1	2,30	1,81	2,40	5,78
2	2,11	1,80	2,30	5,73
4	1,75	1,64	2,00	5,19
6	1,09	1,26	1,65	4,37
8	0,51	0,82	1,11	3,28
10	0,05	0,33	0,37	1,98
12	0,00	0,02	0,15	0,96
14	0,00	0,00	0,00	0,17

Taula D

$\beta = 35^\circ$ $\alpha = 30^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,10
11	0,00	0,00	0,03	0,06
9	0,02	0,10	0,19	0,56
7	0,34	0,35	0,78	1,80
5	1,32	1,12	1,40	3,06
3	2,24	1,00	1,92	4,14
1	2,89	1,08	2,51	4,87
2	3,16	2,15	2,40	5,20
4	2,93	2,08	2,23	5,02
6	2,14	1,82	2,00	4,46
8	1,33	1,36	1,48	3,54
10	0,18	0,71	0,88	2,26
12	0,00	0,06	0,32	1,17
14	0,00	0,00	0,00	0,22

Taula F

$\beta = 35^\circ$ $\alpha = 60^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,14
11	0,00	0,00	0,08	0,16
9	0,02	0,04	0,04	0,02
7	0,02	0,13	0,31	1,02
5	0,64	0,68	0,97	2,39
3	1,55	1,24	1,59	3,70
1	2,35	1,74	2,12	4,73
2	2,85	2,05	2,38	5,40
4	2,86	2,14	2,37	5,53
6	2,24	2,00	2,27	5,25
8	1,51	1,61	1,81	4,49
10	0,23	0,94	1,20	3,18
12	0,00	0,09	0,52	1,96
14	0,00	0,00	0,00	0,35

$\beta = 90^\circ$ $\alpha = 60^\circ$	Taula G			
13	0,00	0,00	0,00	0,43
11	0,00	0,01	0,27	0,78
9	0,09	0,21	0,33	0,76
7	0,21	0,18	0,27	0,70
5	0,10	0,11	0,21	0,52
3	0,45	0,03	0,05	0,25
1	1,73	0,80	0,62	0,55
2	2,91	1,36	1,42	2,26
4	3,59	2,13	1,97	3,60
6	3,35	2,43	2,37	4,45
8	2,67	2,35	2,28	4,65
10	0,47	1,64	1,82	3,95
12	0,00	0,19	0,97	2,93
14	0,00	0,00	0,00	1,00

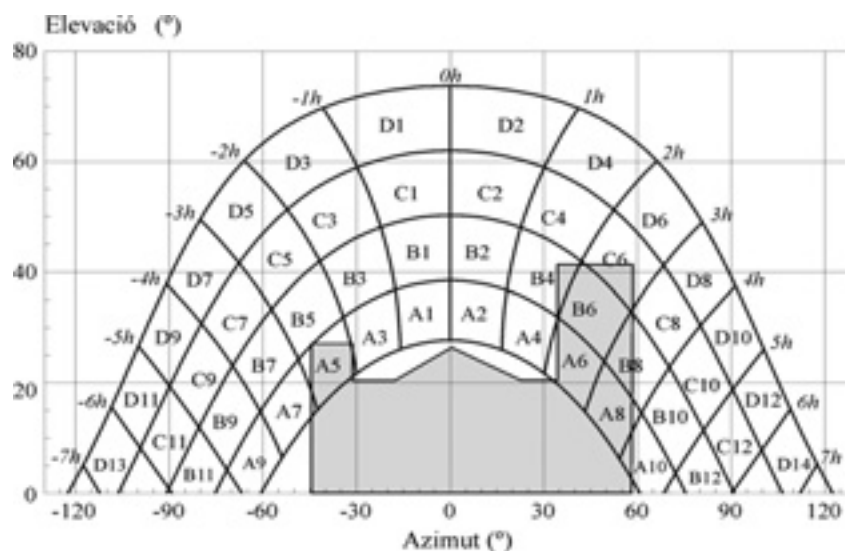
	Taula H				D
13	0,00	0,00	0,00	0,22	
11	0,00	0,03	0,37	1,26	
9	0,21	0,70	1,05	2,50	
7	1,34	1,28	1,73	3,79	
5	2,17	1,79	2,21	4,70	
3	2,90	2,05	2,43	5,20	
1	3,12	2,13	2,47	5,20	
2	2,88	1,96	2,19	4,77	
4	2,22	1,60	1,73	3,91	
6	1,27	1,11	1,25	2,84	
8	0,52	0,57	0,65	1,64	
10	0,02	0,10	0,15	0,50	
12	0,00	0,00	0,03	0,05	
14	0,00	0,00	0,00	0,08	

$\beta = 90^\circ$ $\alpha = 30^\circ$	Taula I			
13	0,00	0,00	0,00	1,28
11	0,00	0,05	0,60	1,28
9	0,43	1,17	1,38	2,30
7	2,42	1,82	1,98	3,15
5	3,43	2,24	2,24	3,51
3	4,12	2,29	2,18	3,38
1	4,05	2,11	1,93	2,77
2	3,45	1,71	1,41	1,81
4	2,43	1,14	0,79	0,64
6	1,24	0,54	0,20	0,11
8	0,40	0,03	0,06	0,31
10	0,01	0,06	0,12	0,39
12	0,00	0,01	0,13	0,45
14	0,00	0,00	0,00	0,27

$\beta = 35^\circ$	Taula J				D
13	0,00	0,00	0,00	0,56	
11	0,00	0,04	0,60	2,09	
9	0,27	0,91	1,42	3,49	
7	1,51	1,51	2,10	4,76	
5	2,25	1,95	2,48	5,48	
3	2,80	2,08	2,56	5,68	
1	2,78	2,01	2,43	5,34	
2	2,32	1,70	2,00	4,59	
4	1,52	1,22	1,42	3,46	
6	0,62	0,67	0,85	2,20	
8	0,02	0,14	0,26	0,92	
10	0,02	0,04	0,03	0,02	
12	0,00	0,01	0,07	0,14	
14	0,00	0,00	0,00	0,12	

	Taula K				D
13	0,00	0,00	0,00	1,01	
11	0,00	0,08	1,10	3,08	
9	0,55	1,60	2,11	4,28	
7	2,66	2,19	2,61	4,89	
5	3,36	2,37	2,56	4,61	
3	3,49	2,06	2,10	3,67	
1	2,81	1,52	1,44	2,22	
2	1,69	0,78	0,58	0,53	
4	0,44	0,03	0,05	0,24	
6	0,10	0,13	0,19	0,48	
8	0,22	0,18	0,26	0,59	
10	0,08	0,21	0,28	0,68	
12	0,00	0,02	0,24	0,67	
14	0,00	0,00	0,00	0,36	

4. Exemple



Càlcul:

Pèrdues per les ombres (% de la irradiació global incident anual)

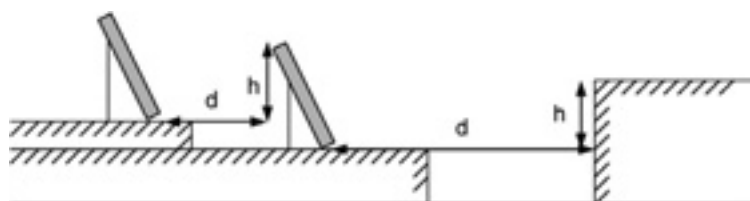
$$= (0,25 \times B4) + (0,5 \times A5) + (0,75 \times A6) + B6 + (0,25 \times C6) + A8 + (0,5 \times B8) + (0,25 \times A10)$$

$$= (0,25 \times 1,89) + (0,5 \times 1,84) + (0,75 \times 1,79) + 1,51 + (0,25 \times 1,65) + 0,98 + (0,5 \times 0,99) + (0,25 \times 0,11)$$

$$= 6,16\%$$

5. Distància mínima entre les files dels captadors

En la col·locació lliure dels captadors, la distància d mesurada horitzontalment, ha de ser 2,95 vegades superior a l'altura h , tal com s'indica en la figura següent:



Document G: Requisits tècnics del contracte de manteniment

En el moment en què es realitza la recepció provisional de la instal·lació, el titular d'aquesta ha d'establir un contracte de manteniment realitzant les operacions i la periodicitat indicades en la Taula 1, si la instal·lació disposa d'una superfície de captació superior a 7m² i inferior a 20 m2, sense perjudici de la garantia de l'empresa instal·ladora, amb una empresa mantenidora o mantenidor competent i degudament autoritzat. Per les instal·lacions amb una superfície de captació superior a 20 m2 les periodicitats indicades amb A en la Taula 1, passaran a ser de 2A.

Per a les instal·lacions amb una superfície de captació inferior a 7 m2 no és necessari disposar del contracte de manteniment, podent ser realitzat aquest pel propi titular seguint les instruccions del fabricant.

El manteniment ha d'incloure totes les operacions de manteniment i substitució d'elements fungibles o desgastats per l'ús, necessaris per assegurar que el sistema funcioni correctament durant la seva vida útil.

Taula 1

Equip	Operació	Periodicitat Mínima (mesos)
SISTEMA DE CAPTACIÓ	Inspecció visual dels captadors, de les connexions i de l'estructura de suport	2A
SISTEMA D'ACUMULACIÓ		
Dipòsit	Presència de llots al fons	A
Ànodes de sacrifici	Comprovació del seu desgast	A
Aïllament	Comprovar que no hi ha humitat	A
SISTEMA D'INTERCANVI		
Intercanviador extern	Control de l'eficiència i de les prestacions	A
	Neteja	A
Intercanviador intern	Control de l'eficiència i de les prestacions	A
	Neteja	A
CIRCUIT HIDRÀULIC		
Fluid refrigerant	Comprovar la densitat i el pH	A
Estanquitat	Efectuar la prova de pressió	Cada 2 anys
Aïllament exterior	Inspecció visual de la degradació i absència d'humitat	2A
Aïllament interior	Inspecció visual de les unions i absència d'humitat	A
Purgador automàtic	Control de funcionament i neteja	A
Purgador manual	Buidar l'aire de l'ampolla	2A
Bomba	Control de l'estanquitat	A

Vas d'expansió tancat	Comprovació de la pressió	2A
Vas d'expansió obert	Comprovació del nivell	2A
Sistema d'ompliment	Control de funcionament i actuació	2A
Vàlvula de tall	Control de funcionament (obrir i tancar) per a evitar l'encarcament	A
Vàlvula de seguretat	Control de funcionament	A
SISTEMA ELÈCTRIC I DE CONTROL		
Quadre elèctric	Comprovar que està tancat correctament perquè no entri pols	A
Control diferencial	Control de funcionament	A
Termòstat	Control de funcionament	A
Verificació del sistema de mesura	Control de funcionament	A
SISTEMA D'ENERGIA AUXILIAR		
Sistema auxiliar	Control de funcionament	A
Sondes de temperatura	Control de funcionament	A

A: Una vegada a l'any

2A: Dues vegades a l'any