



**EPS**

Escola Politècnica

**UdG**

Superior

## Treball final de grau

**Estudi:** Grau en Enginyeria Mecànica

**Títol:** INSTAL·LACIÓ D'UN SISTEMA D'ESCALFAMENT D'AIGUA MITJANÇANT UN CAPTADOR SOLAR CONSTRUÏT AMB MATERIAL RECICLAT. Província de Jujuy, Argentina.

**Document 1:** MEMÒRIA I ANNEXOS

**Alumne:** Judit Casadevall Quera

**Director/Tutor:** Lino Montoro Moreno i Toni Pujol Sagaró  
**Departament:** Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial  
**Àrea:** Mecànica Fluids - Màquines i Motors Tèrmics

**Convocatòria:** Febrer 2014

## ÍNDEX MEMÒRIA I ANNEXOS

### MEMÒRIA:

1.	INTRODUCCIÓ .....	5
1.1.	Antecedents.....	5
1.2.	Objecte .....	5
1.3.	Especificacions i abast .....	6
2.	SITUACIÓ I EMPLAÇAMENT .....	8
2.1.	Situació.....	8
2.2.	Emplaçament.....	9
3.	FUNCIONAMENT DEL SISTEMA.....	10
3.1.	Radiació solar .....	10
3.2.	Circulació per termosifó .....	12
3.3.	Descripció del captador .....	13
3.4.	Diferències amb els captadors convencionals .....	15
4.	DADES CLIMÀTIQUES .....	16
5.	CARACTERÍSTIQUES DE L'HABITACLE .....	18
5.1.	Descripció arquitectònica i terreny .....	18
5.2.	Descripció del mètode constructiu .....	18
5.3.	Recursos disponibles.....	20
6.	ELEMENTS DE LA INSTAL·LACIÓ .....	21
6.1.	Captador solar .....	21
6.2.	Connexió captador-dipòsit .....	24
6.3.	Sistema d'emmagatzematge .....	25
6.4.	Connexió d'aigua de la xarxa.....	27
6.5.	Sobreeixidor .....	28
6.6.	Connexió per al consum .....	28

---

7.	MUNTATGE .....	29
7.1.	Modificacions en els elements .....	29
7.2.	Muntatge del sistema.....	31
8.	DESCRIPCIÓ del PROTOTIP I RESULTATS.....	37
8.1.	Característiques principals.....	37
8.2.	Lloc de la instal·lació .....	38
8.3.	Col·locació del suport .....	38
8.4.	Material.....	39
8.5.	Procediment d'obtenció de mesures .....	40
8.6.	Resultats .....	42
9.	RESUM DEL PRESSUPOST.....	47
10.	CONCLUSIONS .....	48
11.	RELACIÓ DE DOCUMENTS .....	49
12.	BIBLIOGRAFIA.....	50

## ANNEXOS

ANNEX A. - DESCRIPCIONS TÈCNIQUES .....	52
ANNEX B.- CÀLCULS .....	59
B.1. ESTIMACIÓ DEL RENDIMENT DEL PROTOTIP .....	60
B.1. PÈRDUA DE RADIACIÓ DEL PROTOTIP DEGUT A LA INCLINACIÓ .....	69
B.2. DIMENSIONAMENT DEL DIPÒSIT I DEL CAPTADOR .....	72
ANNEX C.- MANUAL DE CAPACITACIÓ .....	73
ANNEX D.- RESULTATS DEL PROTOTIP .....	80
D.1. INTRODUCCIÓ .....	81
D.2. ESCENARI Nº1 - DIPÒSIT I TUBS SENSE AÏLLAR.....	82
D.3. ESCENARI Nº2 - DIPÒSIT I TUBS AÏLLATS .....	85
D.4. ESCENARI Nº3 - DIPÒSIT AÏLLAT .....	88
D.5. FOTOGRAFIES .....	91
ANNEX E.- ASSAIG DEL MATERIAL .....	92

## 1. INTRODUCCIÓ

### 1.1. Antecedents

La ciutat de San Salvador de Jujuy, a Argentina, està dividit en varis barris, un d'ells és el barri cèntric de Punta Diamante. Aquest barri és pobre i mancat de serveis bàsics. La majoria de famílies viuen en cases construïdes per ells mateixos, que no reuneixen cap tipus de condició, i habitualment en terrenys que no són seus. Gran part de la gent no té accés a l'electricitat i prop d' un 60% no té aigua corrent. En alguns casos no disposen de sistema de clavegueram.

L'any 2011 un grup d'estudiant d'Arquitectura de la UdG van posar en marxa un projecte de cooperació en aquest barri a través d'Arquicoopera (Oficina de Cooperació pel Desenvolupament de la Universitat de Girona) i la Comunitat Cristiana Universitària de Girona. El projecte consistia en la construcció d'un mòdul annexat a l'habitatge existent amb el mètode de construcció de BTC (Blocs de terra comprimida). A la vegada, es va dur a terme una formació pels habitants de la població i se'ls va proveir d'una bloquera per a l'auto-construcció de més mòduls.

Per tal de donar continuïtat al projecte, es va fer la proposta de realitzar la instal·lació d'un sistema d'escalfament d'aigua per mitjà d'un captador solar construït amb material reciclat en aquests habitatges de BTC. El cost que comporta una instal·lació d'aquestes característiques és relativament baix. A més, i en la mateixa línia que el passat projecte, la intenció és capacitar la gent del barri per a l'auto-construcció dels captadors.

### 1.2. Objecte

El present projecte té com a objectiu desenvolupar un sistema per l'escalfament d'aigua mitjançant un captador solar, fabricat amb material reciclat, en un habitacle construït amb blocs de terra comprimida a la província de Jujuy, Argentina. De manera que aquest sigui extensible a altres habitatges de les mateixes característiques.

Paral·lelament, es realitza la construcció física d'un sistema de característiques similars per a la verificació del seu funcionament.

### **1.3. Especificacions i abast**

#### **1.3.1. Especificacions**

El present projecte formarà part d'un projecte de cooperació en el desenvolupament sostenible i mourà tres voluntaris-cooperants a l'Estat argentí per realitzar la instal·lació durant els mesos d'agost i setembre.

El model de captador solar va ser provat per primera vegada pel seu inventor José Alcino, enginyer brasiler, aconseguint escalfar aigua fins a 38°C a l'hivern i a més de 50°C a l'estiu.

La construcció del captador es farà a la coberta d'un dels habitatges existents construïts amb BTC. L'aigua de la xarxa és subministrada a una pressió de 1,5 bars i la coberta té una superfície de 13,12 m<sup>2</sup>.

El dipòsit haurà de tenir una altura superior a la del captador per garantir el funcionament per termosifó que s'explica a l'apartat 2 del capítol 3 d'aquest document.

Es desconeix la ubicació exacte del suport del dipòsit, per aquest motiu es fa una estimació de material necessari i del cost total que pot tenir aquest.

Durant la redacció del projecte es crea un prototip de característiques similars al que s'instal·larà a Punta Diamante per provar la seva eficàcia i funcionament. Els resultats s'especifiquen al capítol 8 d'aquest document.

#### **1.3.2. Abast**

El projecte constarà dels documents suficients per descriure el sistema d'escalfament d'aigua, la metodologia i condicions de la construcció.

Descripció de la construcció del prototip de característiques similars al projectat i resultats obtinguts.

Manual de capacitació, pels habitants de San Salvador de Jujuy, per a la construcció, reparació i manteniment del captador.

Queda exclòs l'elecció del suport del dipòsit i la subjecció del captador a la coberta, ja que, és competència dels tècnics de San Salvador de Jujuy.

## 2. SITUACIÓ I EMPLAÇAMENT

### 2.1. Situació

La instal·lació dels captadors solars tèrmics es fa a la ciutat de San Salvador de Jujuy, capital de la província de Jujuy, Argentina. La ciutat està situada a l'extrem nord-oest del país, entre les fronteres amb Xile i Bolívia.

San Salvador de Jujuy es troba a 1.643 km de Buenos Aires i té una població d'aproximadament 270.000 habitants (Segons INDEC, 2010). La ciutat es pot dividir en sis zones, cada una d'aquestes organitzada en diversos barris. A la zona del centre hi trobem el barri de Punta Diamante, on des de 2011 s'han construït els mòduls de BTC i a on està prevista la instal·lació dels captador solars. És un barri marginal situat a la confluència dels rius Grande i Xibi Xibi.

S'adjunten figures 1.1. i 1.2. per a la visualització de la situació geogràfica.



Figura 1.1. Situació geogràfica província de Jujuy dins d'Argentina a dalt a la dreta.



Situació de la ciutat de San Salvador de Jujuy encerclada.

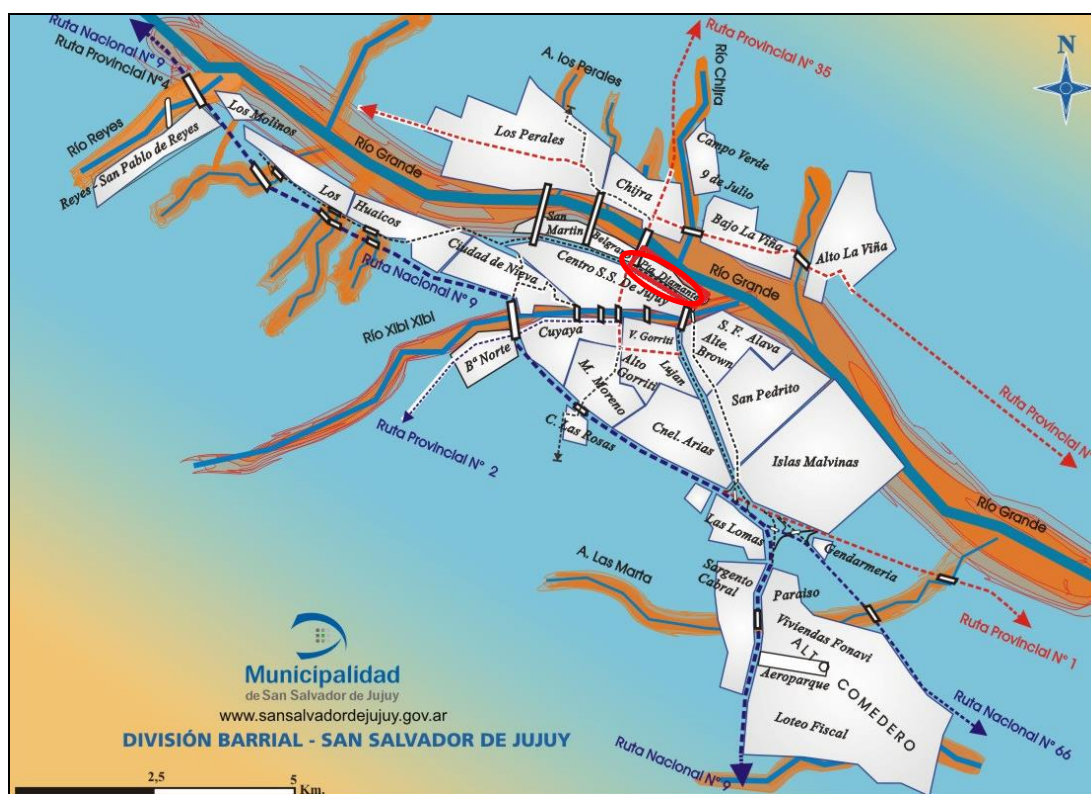


Figura 1.2. Ubicació del barri Punta Diamante a la ciutat de San Salvador de Jujuy encerclada.

## 2.2. Emplaçament

El terreny es troba situat al nord-est del barri i compta amb una superfície total de 62,78 m<sup>2</sup>, dels quals 39,27 m<sup>2</sup> són construïts. Aquestes construccions consten del primer habitatge de 25,87 m<sup>2</sup> i el mòdul construït amb BTC de 13,4 m<sup>2</sup>.

La família que hi viu està composta per un adult i quatre menors. L'adreça postal de l'emplaçament és:

C/Maramá n°36

San Salvador de Jujuy, Y4600

I les seves coordenades geogràfiques són:

24° 11' 12,19" S

65° 17' 15,02" O

### 3. FUNCIONAMENT DEL SISTEMA

#### 3.1. Radiació solar

S'entén per energia solar tèrmica, la transformació de la radiació del sol en calor. Aquesta energia ens arriba en forma de raigs solars directes o per la difusió d'aquests en núvols o altres cossos físics. El seu aprofitament es fa per mitjà dels anomenats captadors que concentren i acumulen la calor del Sol, transmetent-la al fluid que es vol escalfar.

La principal característica de l'energia solar és que es troba disponible sobre tota la superfície de la Terra. Malgrat això, la intensitat de la radiació que arriba a la superfície té un caràcter incontrolat i variable en el temps.

Així doncs, no tota la radiació solar que incideix sobre l'atmosfera arriba fins a la superfície del planeta. Els raigs solars, al contactar i travessar l'obstacle que suposa l'atmosfera pateixen una sèrie de fenòmens físics, fent que la radiació arribi de diferents maneres a la superfície:

Radiació directa: aquells raigs que arriben a la superfície terrestre sense ser desviats.

Radiació difusa: aquella que arriba a la superfície terrestre després d'haver canviat diverses vegades de direcció quan travessava a l'atmosfera.

Radiació reflectida: radiació que és reflectida pel terreny i altres elements de la superfície terrestre.

La suma d'aquests tres tipus de radiació incident sobre una superfície s'anomena radiació global.

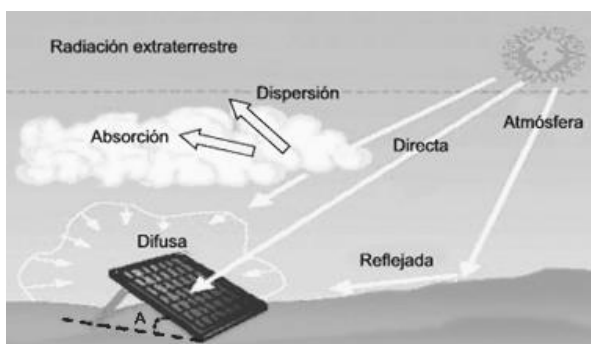


Figura 2. Representació dels tipus de radiacions

Cal remarcar que la quantitat de radiació directa que rep una superfície va en funció de l'angle format entre aquesta i els raigs solars incidents. La radiació directa és màxima quan la superfície es troba situada perpendicularment als raigs solars, però aquesta disminueix a mesura que augmenta l'angle entre els raigs i la normal al pla. Per aquesta raó, en funció de la latitud on es trobi la instal·lació i l'època de l'any en que es desitja obtenir un millor aprofitament solar s'haurà d'analitzar quina serà l'òptima inclinació dels mòduls captadors d'energia solar.

A l'hora de fer una estimació de l'aprofitament energètic que té un captador solar cal tenir present varis aspectes com el moviment relatiu entre la Terra i el Sol, les característiques de la radiació solar, la radiació solar sobre la superfície horitzontal, el càlcul quan la radiació solar incideix sobre el captador que té una certa inclinació i orientació respecte la superfície horitzontal i les pèrdues produïdes per possibles ombrejats de cossos.

La inclinació de l'eix de la Terra i el seu moviment de translació al voltant del Sol, fan que en els diferents punts de latitud la inclinació del sol respecte la superfície del terra variï durant l'any. A la vegada, la direcció del sol serà diferent depenen de si ens trobem a l'hemisferi nord o sud. A l'hemisferi nord, on ens trobem, la direcció del sol i la inclinació dels captadors solars es fan cap al sud. En canvi, a l'hemisferi sud, on es troba Jujuy, la inclinació s'ha de fer de cara al nord. Tal i com es representa a la figura 3

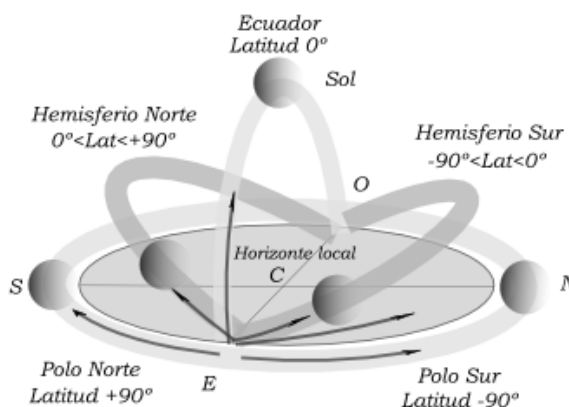


Figura 3. Inclinació del sol segons hemisferi

A la figura 4 es mostren els angles que defineixen la posició del Sol respecte un punt de la superfície terrestre.

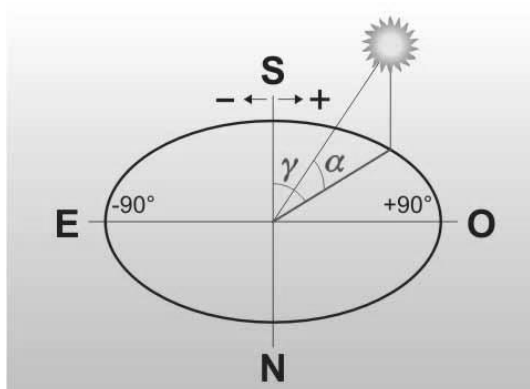


Figura 4. Representació angles azimut i alçada solar

- Elevació o alçada solar ( $\alpha$ ): Angle amb el que veiem el Sol si mirem cap a la seva direcció prenent com a origen la superfície del terra.
- Azimut ( $\gamma$ ): Angle que forma el meridià del sol (zona sud a l'hemisferi nord i zona nord a l'hemisferi sud) amb el meridià del lloc. Quan el Sol es troba just al seu migdia solar (el sud en el cas de l'hemisferi nord i al nord en el cas de l'hemisferi sud) es considera que té azimut zero, amb valors negatius si està localitzat cap a l'est (matins) i positius cap a l'oest (tardes).

S'anomena Zenit la vertical d'un lloc o la direcció de la gravetat en aquest lloc i l'angle zenital la forma la vertical i la direcció del sol, és a dir, l'angle zenital és l'angle complementari de l'alçada solar.

### 3.2. Circulació per termosifó

Hi ha diferents tipus de captadors i sistemes d'instal·lacions per l'aprofitament de l'energia tèrmica solar. El captador d'ampolles i tetrabriks, que es presenta, ofereix una instal·lació sense aparells elèctrics o mecànics que forcin la circulació de l'aigua. El funcionament és per termosifó, que es basa en la convecció natural de l'aigua que per diferències de temperatures la fa circular pel captador.

L'aigua dels tubs és escalfada pel sol, perd densitat i tendeix a ascendir deixant l'aigua més freda, i més densa, a la part inferior. Per aquest motiu, és indispensable que el

dipòsit s'instal·li a una alçada per sobre del captador, per tal de garantir que l'aigua freda baixi per gravetat al captador i que l'aigua calenta que ascendeix per processos termodinàmics s'emmagatzemi a la part superior. Aquesta diferència ha de ser de mínim 30 centímetres.

El recorregut que faria l'aigua per la instal·lació és el següent: del fons del dipòsit descendeix l'aigua freda, més densa, fins a la part inferior del captador, i a mesura que es va escalfant ascendeix per l'interior dels tubs fins a retornar al dipòsit.

El principal avantatge d'aquest mètode és que no és necessària la incorporació de bombes d'impulsió en el sistema, eliminant així el cost que podria tenir la bomba i les possibles avaries futures degudes a la instal·lació elèctrica.

### 3.3. Descripció del captador

La principal peculiaritat d'aquest captador és el material emprat per la seva construcció. S'utilitza material de rebuig: ampolles de 2 litres de plàstica PET i tetrabriks de suc, llet, caldo, etc.

El captador tindrà una superfície aproximada de 3,5 m<sup>2</sup> i es compondrà de 216 ampolles i 180 tetrabriks, tal i com es pot veure a la Figura 6.

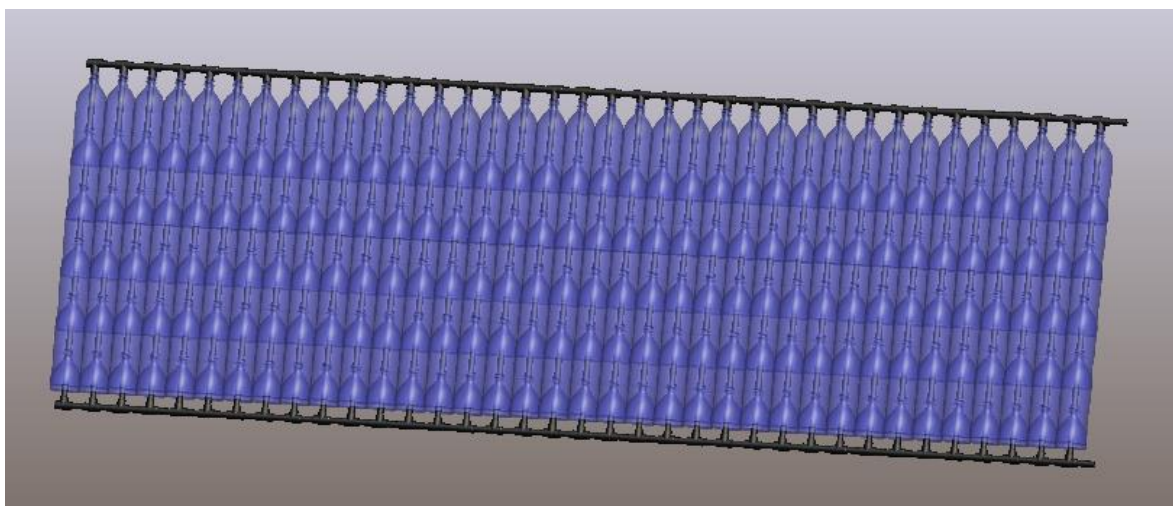


Figura 6. Representació del captador

Està format per tubs de PVC de 20 mm de diàmetre, pintats de negre mate, i que passen per l'interior de les ampolles de 2 litres de plàstic PET. Els tetrabriks, també es pinten de negre mate per captar millor l'energia tèrmica solar i es col·loquen a l'interior de les ampolles i per sota dels tubs, com es mostra a la Figura 7.



*Figura 7. Representació del muntatge amb tubs i tetrabriks sense pintar.*

El captador es divideix en 9 mòduls de 24 ampolles i 20 tetrabriks cada un. Aquesta divisió té per objectiu facilitar el muntatge i les operacions de manteniment posteriors, i al mateix temps afavoreix les tasques de transport.

Cada mòdul consta de 4 columnes de tubs de PVC i cada una d'elles es compon de 6 ampolles i 5 tetrabriks. Fent un total de 36 columnes.

El seu pes en buit és de 21 kg i en circulació d'aigua de 43 kg.

El captador és de tipus pla, és a dir, no posseeix mètodes de concentració de raigs en un punt, sinó que s'aprofita la superfície d'incidència dels rajos.

La instal·lació utilitza un sistema de circuit obert on l'aigua que circula pel captador és la mateixa que la del consum.

El seu rendiment vindrà condicionat per la situació meteorològica del dia, essent màxim quan la incidència de la radiació solar sigui directe i perpendicular.

### **Inclinació**

La inclinació òptima depèn de la latitud i s'estima que és entre 5° i 10° menys que la latitud per produccions anuals. No obstant, dependrà de l'època de l'any en que es vulgui maximitzar la producció.

En el cas de la instal·lació de Jujuy, es vol maximitzar la producció d'aigua calenta a les èpoques hivernals, ja que, serà quan hi haurà una major demanda i una menor temperatura i radiació. Per tant, la inclinació del captador haurà de ser  $10^\circ$  superior a la latitud, és a dir, aproximadament  $34^\circ$ . Com s'ha explicat anteriorment, això es degut a que el sol en l'època d'hivern té l'angle d'incidència a la Terra més petit.

### **3.4. Diferències amb els captadors convencionals**

Actualment, al mercat hi ha molts tipus de col·lectors solars tèrmics construïts amb materials que optimitzen l'eficiència tèrmica de la instal·lació. No obstant, la utilització de materials com el titani, alumini, vidre especial, coure, etc, fan encarir molt el preu final de la instal·lació.

Per això, la principal diferència que hi ha entre aquest col·lector i els convencionals rau en els materials utilitzats i l'eficiència tèrmica d'aquests. Tot i això, cal tenir cura a l'hora de la construcció, instal·lació i utilització del captador, ja que en depèn l'escalfament d'aigua per a la família seleccionada.

En la instal·lació que es preveu fer, en comptes d'utilitzar tubs de coure com en els sistemes convencionals, les columnes dels captadors i les seves connexions són de PVC. Les ampolles de PET i les caixes de tetrabrik reemplacen la utilització de la caixa metàl·lica, el panell d'absorció i el vidre tèrmic.

Amb tot, es busca la utilització de materials alternatius als convencionals amb una garantia de funcionament acceptable i que tinguin un cost més baix. D'aquesta manera, s'aconsegueix que famílies amb poc poder adquisitiu pugin gaudir d'aigua calenta d'una manera assequible.

A la vegada s'aconsegueix eliminar residus de manera sostenible. No oblidem que a San Salvador de Jujuy no tenen empreses de reciclatge i que moltes vegades, ampolles i tetrabriks s'acumulen a la ciutat i en casos pitjor acaben al riu, contaminant l'ecosistema.

#### 4. DADES CLIMÀTIQUES

El clima a la zona de San Salvador de Jujuy és càlid i suau, amb una temperatura mitjana de 19,6°C i una oscil·lació anual d'aproximadament 12°C.

Els estius són càlids, però sense arribar a temperatures extremes, i molt plujosos, concentrant prop del 75% de les pluges als mesos de gener, febrer i desembre. Les precipitacions anuals solen ser del voltant de 650 mm. Els hiverns són secs i suaus, tot i que les temperatures mínimes poden ser fredes. La taula 1 conté l'històric de temperatures i precipitació dels darrers vuit anys.

	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre	Annual
Temperatura mitjana màxima (°C)	29,8	28,8	26,7	24,4	21,4	19,7	20,7	22,9	25,6	29,0	30,8	30,4	25,9
Temperatura mitjana (°C)	24,2	23,5	21,9	19,2	15,6	13,7	13,2	15,2	18,2	22,2	24,0	24,3	19,6
Temperatura mitjana mínima (°C)	18,6	18,2	17,2	14,0	9,9	7,6	5,8	7,6	10,7	15,3	17,3	18,2	13,3
Precipitació (mm)	135,9	146,9	94,3	36,1	41,7	2,9	1,8	0,1	2,2	10,3	30,1	128,4	630,6

Taula 1. Temperatures mensuals mitjanes. Font: Estació meteorològica Jujuy Aereo (2005-2013)

Rares vegades arriben a temperatures sota zero.

També hi tenen lloc fets meteorològics extrems com la calamarsa i tempestes tornejades.

La mitjana de vent anual de la ciutat és d'uns 6,9 km/h i una direcció predominant de direcció Nord.



Radiació solar:

La zona de la província de Jujuy és la que disposa d'una radiació solar mitjana diària anual més elevada dels països de Sud Amèrica, tal i com es mostrà a la Figura 8.

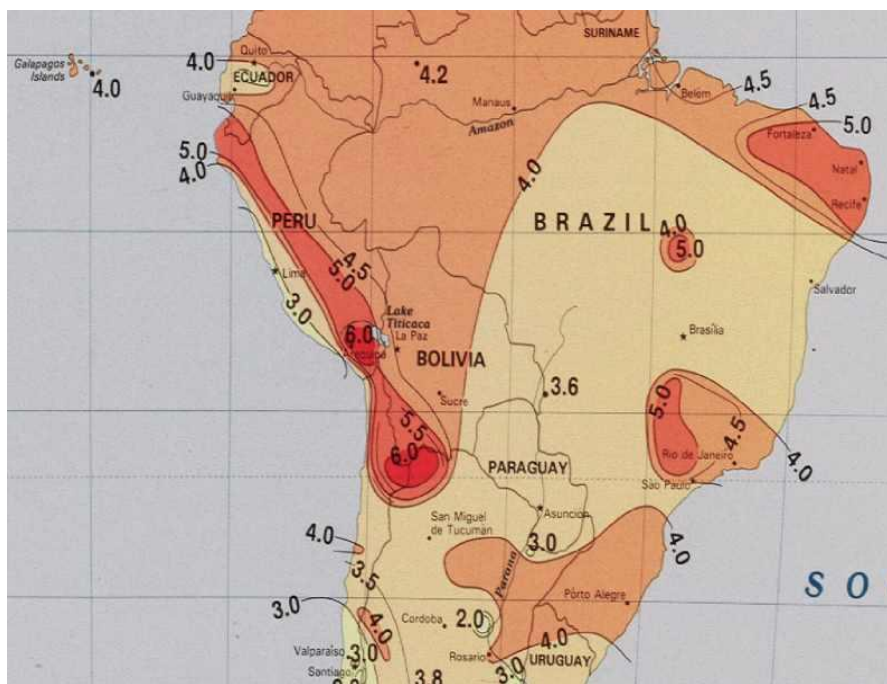


Figura 8. Radiació solar mitjana diària anual dels països de Sud Amèrica en  $\text{kWh/m}^2$

## 5. CARACTERÍSTIQUES DE L'HABITACLE

### 5.1. Descripció arquitectònica i terreny

El terreny de forma rectangular està orientat a nord-oest i es troba a l'encreuament de dos carrers. Aquests no estan asfaltats i tenen una amplada de 4 metres.

Superfícies:

- El terreny on es troba construït el mòdul és de 68,12 m<sup>2</sup>
- L'habitable o mòdul té una superfície de 13,12 m<sup>2</sup> (4,10 x 3,20 m)

Fonaments i estructura:

- La construcció està feta a sobre de lloses de formigó armat de 20 cm d'espessor.
- Pilars i fonaments també són de formigó armat.
- Un cop formigonada la cimentació, la primera filada de blocs té aplicada una capa de 2 cm d'espessor de morter hidròfug (0,20 kg/m<sup>2</sup>) tipus RV1. Posteriorment dos capes de pintura asfàltica i plàstic de 100 microns.

Tancaments exteriors:

- La maçoneria de blocs de BTC de dimensions 20x20x40 cm.
- Finestra de fusta de 1,20 x 1,00 metres.
- Porta de fusta de 2,00 x 0,80 metres.

Coberta:

S'empra xapa galvanitzada del nº 24, fixada als tancaments i a les tres bigues de fusta de secció rectangular de 12 x 5 cm i 4,5 metres de longitud.

### 5.2. Descripció del mètode constructiu

L'any 2011 es van començar a construir els mòduls mitjançant blocs de terra comprimida (BTC). Es va utilitzar aquesta tècnica considerant que era de fàcil aprenentatge per la població i es podria arribar a la auto-construcció de més habitacles

en poc temps. A més a més, la tècnica abaratia considerablement el cost, ja que el principal component és la terra, element que està a l'abast de la majoria.

Una vegada realitzada la mescla, premsat i assecat el bloc ja està a punt per la seva utilització sense necessitat de cocció, reduint així costos de consum energètic i/o de transport. Cal esmentar que té bones propietats com a aïllant tèrmic comparat amb altres materials, ja que, té la capacitat d'escalfar-se i refredar-se molt lentament. També té poc impacte ambiental, perquè el material està format bàsicament de terra i aquesta és 100% reciclable. A la Figura 9 es pot veure una simulació del sistema proposat, aquest està fixat a la coberta amb la inclinació de 13°, ja que no es preveu la construcció d'un suport per temes econòmics.

Els blocs de terra comprimida, són el producte resultant de la barreja de terra, aigua i ciment en proporcions adequades, sotmeses a compressió a través d'una màquina (bloquera), amb l'objectiu d'obtenir altes densitats, i després passar per un procés d'assecatge que fa que s'endureixi.



*Figura 9. Simulació de l'habitacle amb el sistema instal·lat.*

### **5.3. Recursos disponibles**

La família, amb poc poder adquisitiu, disposa de cuina de butà i una estufa de llenya a la construcció antiga. Tenen un punt de connexió a la xarxa d'aigua i no disposen de connexió a la xarxa elèctrica.

L'aigua és distribuïda per mitjà de canonades soterrades als carrers i en deriva la connexió individual a la parcel·la. La pressió nominal és de 1,5 bars.

## 6. ELEMENTS DE LA INSTAL·LACIÓ

En aquest capítol es descriuen els elements necessaris i les modificacions que són necessàries aplicar en alguns elements per tal de realitzar el muntatge del sistema posteriorment.

Totes les peces de clorur de polivinil (PVC) que es descriuen són de PVC tipus rígid. Amb una pressió nominal de 16 bars. Els diàmetres utilitzats de 20mm, 25 mm i 40 mm, tenen un gruix de 1,9 mm, 2,3mm i 3 mm, respectivament.

### 6.1. Captador solar

#### 6.1.1. Ampolles PET



Capacitat de 2 litres i de polietilè tereftalat o PET.

Altura de 33 cm i diàmetre de cos de 97 mm. Se n'extreuen el tap i l'etiqueta.

*Figura 10. Ampolla PET 2l*

#### 6.1.2. Tetrabriks

La seva composició és de 75 % de fibra cel·lulosa, 20% de polietilè i 5 % d'alumini.

Aquesta combinació de materials el fa molt adequat per realitzar la concentració de calor, ja que, no es deforma amb l'increment de temperatura a l'interior de l'ampolla.

La seva capacitat és d'un litre i la seves dimensions són de 16,5 cm d'altura, 9,5 cm d'ample i 6,5 cm de profunditat. Es col·loquen a dins de l'ampolla i per sota del tub.



*Figura 11. Tetrabrik*

### 6.1.3. Columnes

Les columnes són tubs de diàmetre 20 mm de PVC que passen per l'interior de l'obertura de les ampolles. (Veure plànol 6.01 del Document 2: Plànols)

Una columna conté sis ampolles; cinc de 29 cm i una de 12 cm. D'acord amb les mides anteriors, els tubs finals tenen una dimensió de 104 cm.

Total columnes: 36

### 6.1.4. Unions

- Tubs de PVC Ø20x75mm:

Per tal de connectar paral·lelament totes les columnes, seran necessaris tubs de diàmetre 20 mm de 75 mm de longitud que es connectaran a les unions T. Juntament amb les unions T formen una canonada superior i una d'inferior que col·lecta l'aigua d'entrada i la de sortida del captador. Per això anomenem col·lector superior el que recull l'aigua calenta i col·lector inferior el que subministra l'aigua freda cap el captador.

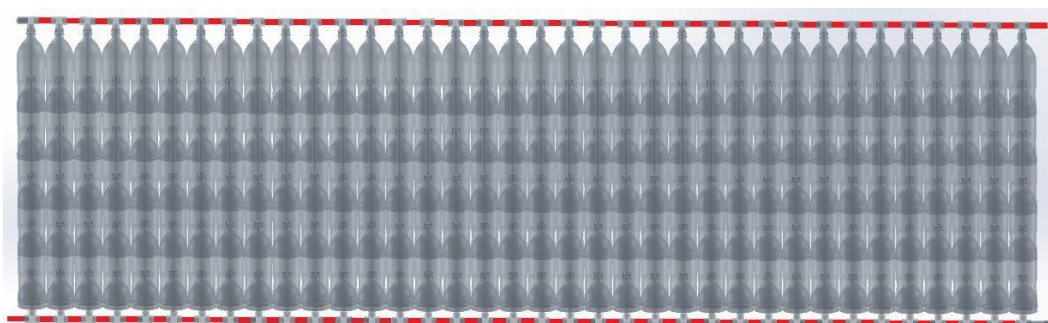


Figura 12. Marcat en vermell els tubs d'unió entre T

Total tubs de 75 mm: 72 unitats.

(Per veure peça anar a plànol 6.02 del Document 2: Plànols)

- T de PVC Ø20 mm per encolar:

Dues unions per columna i connectades amb els tubs de 75 mm successivament.

Total d'unions en T: 72 unitats.

- Tap de PVC Ø20 mm per encolar:

Funció de tancar els dos extrems on no es fa connexió d'aigua i permetre la neteja periòdica del captador i el seu buidatge.

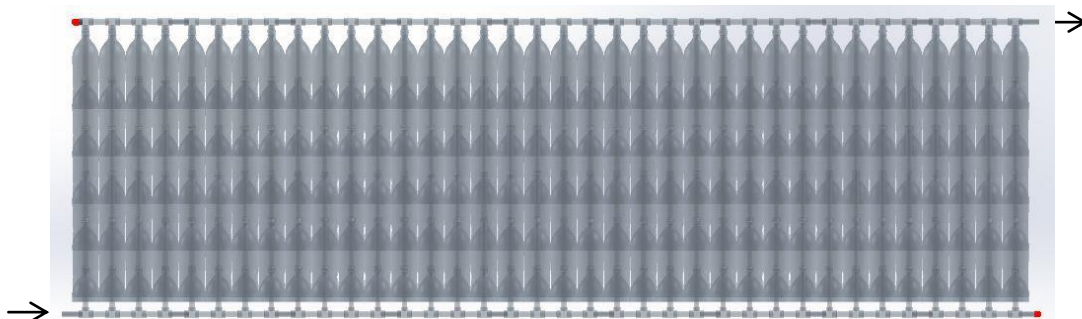


Figura 13. Marcats els taps en vermell

Total taps: 2 unitats

- Tubs de PVC Ø20x32mm:

Permet la connexió dels taps de 20 mm a les T de PVC de les últimes columnes. Longitud de 32 mm.

Total tubs de 32 mm: 2

(Per veure la peça anar a plànol 7.01 del Document 2: Plànols)

#### 6.1.5. Suport del captador:

Dos tubs de diàmetre 40 mm de PVC fixats als col·lectors superiors i inferiors amb abraçadores ranurades d'acer inoxidable.

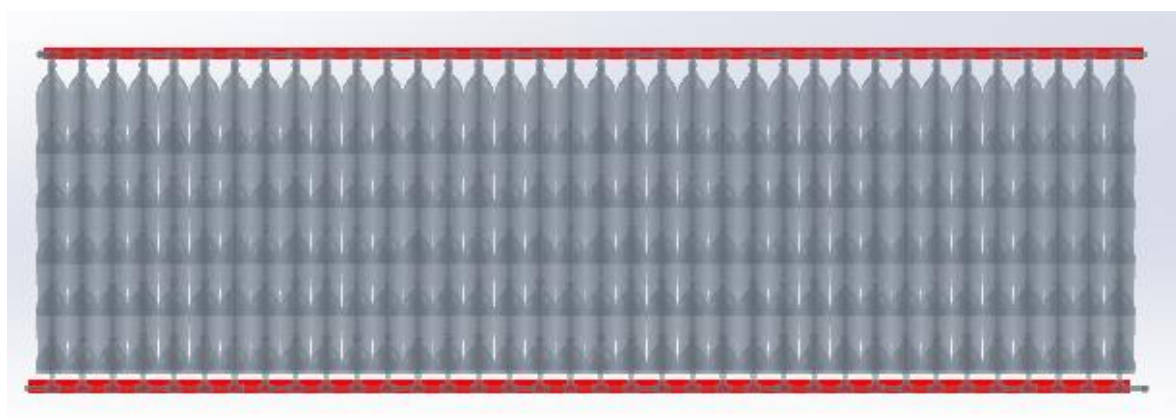


Figura 14. El suport del captador marcat en vermell



Figura 15. Vista lateral del captador i en vermell els suports.

Funcions del suport:

- Reforçar i garantir la forma i alineació dels col·lectors inferior i superior, i per tant, del captador en general.
- Separar el captador de la superfície de fixació evitant que les ampolles s'aixafin.
- Protegir el tub de diàmetre 25 mm per on circula l'aigua d'entrada del captador i que passa per l'interior del tub de suport superior.

## 6.2. Connexió captador-dipòsit

La connexió del captador al dipòsit anirà en funció de la ubicació del dipòsit, per la qual cosa no es pot quantificar els metres lineals de tubs ni el nombre de colzes necessaris però se'n fa una estimació. No obstant, elements com els reductors, tap i vàlvules que es defineixen a continuació hauran de ser incloses en totes les instal·lacions.

### 6.2.1. Tubs i accessoris

-Tubs PVC Ø 25 mm:

Connecten el captador amb el dipòsit d'emmagatzematge d'aigua. (Estimació d'aproximadament 8 metres)

-Colzes 45° i/o 95° de PVC Ø 25 mm per encolar:

Possibiliten que els tubs procedents del captador facin un recorregut fins el dipòsit d'aigua (Estimació d'unes 11 unitats)

-Tap de PVC per encolar Ø 25 mm:

Funció de tancar l'extrem de la connexió d'aigua d'entrada al captador.

Total taps: 1 unitat

- Tub PVC Ø 25x38 mm:

Per facilitar la connexió dels tap de 25 mm a la reducció en T de PVC. Longitud 38 mm

Total tub de 38 mm: 1 unitat



### 6.2.2.Reductors

-Reductor cònic:

Reductor cònic de PVC de 25/20 mm de diàmetre, per encolar. Connectat a la sortida del captador.

-Reductor en T:

Reductor en T de PVC de 25/20 mm de diàmetre, per encolar. Connectat a l'entrada del captador.

Total reductors: 2 unitats, una de cada.

### 6.2.3.Vàlvula d'esfera

Vàlvula d'esfera Standard PVC de 25 mm per encolar. Juntes de la bola de tefló. Pressió nominal de 16 bars.

Es col·loquen a la sortida d'aigua del dipòsit cap al captador i al retorn d'aigua procedent del captador. La funció de la vàlvula és limitar la circulació de l'aigua cap al captador en cas de ser necessari el buidatge d'aquest per manteniment o canvi d'algun element.

Total vàlvules d'esfera: 2 unitats

## 6.3. Sistema d'emmagatzematge

### 6.3.1.Dipòsit



Figura 16. Dipòsit PRFV

Dipòsit circulars amb tapa de polièster reforçat amb fibra de vidre (PRFV). Per recollir i emmagatzemar aigua potable. Amb una capacitat de 300 litres, radi de 0,74 m i altura de 1 m. Gruix homogeni de 4 mm.

El dipòsit d'aigua s'utilitza per a subministrar aigua calenta i freda al consumidor.

### 6.3.2. Adaptador



Figura 17. Adaptador llautó

- Adaptador de llautó de 3/4". Fabricat pel sistema d'estampació de llautó en calent, amb barra de llautó norma UNE-EN 12164-12165, segons certificat.

Permet fer les connexió dels tubs del captador i els tubs de derivació a consum amb l'interior del dipòsit.

### 6.3.3. Maneguet

Maneguet PVC encolar i roscar de diàmetre 25 mm i rosca 3/4".

### 6.3.4. Guiador d'aigua



Figura 18. Representació del guiador i com realitza la seva funció

Aquest element ens permet variar el volum d'aigua que volem escalfar. Dividint així l'aigua del dipòsit en dos zones diferenciades per la temperatura.

El guiador d'aigua el formen:

- Un tub PVC de diàmetre 20 mm de 300 mm de longitud que serveix per canalitzar l'aigua freda procedent del dipòsit cap al captador.
- Un colze de 90° de PVC per encolar de diàmetre 20 mm. Per

una entrada uneix el tub de 32 cm de l'interior del dipòsit i per l'altra queda lliure. Orientat cap amunt per tal de fer re-circular aigua de la part superior del guidor i poder disposar de reserva d'aigua freda a la part inferior.

#### 6.4. Connexió d'aigua de la xarxa

La connexió d'aigua es fa per mitjà d'una aixeta amb flotador per tal de que l'emplenat del dipòsit, en cas de que el nivell baixi, es faci de manera automàtica.

Es decideix que la manera més pràctica de connexió amb el punt d'aigua és utilitzar una mànega de 19 mm (3/4"), ja que és una eina de fàcil obtenció per la població de Punta Diamante i de baix cost en comparació altres sistemes més elaborats.

##### 6.4.1. Aixeta amb flotador silencios

Aixeta amb flotador lateral silencios. Connexió a xarxa d'aigua per mitjà de ràcord roscat de llautó de 3/8". Flotador de porexpan. Tub de plàstic de 6 mm de diàmetre per a la conducció de l'aigua fins al final del dipòsit.

##### 6.4.2. Reduccions hexagonals

Reducció hexagonal mascle-femella en llautó. Exterior de 1/2 " i interior de 3/8".

Reducció hexagonal mascle-femella en llautó. Exterior de 3/4 " i interior de 1/2".

##### 6.4.3. Connector mànega - rosca mascle



Connector per a mànega amb rosca mascle de 3/4 " .  
Permet una connexió ràpid i fàcil.

Figura 19. Connector mànega

### **6.5. Sobreeixidor**

Colze de PP diàmetre 16 mm. El sobreeixidor del dipòsit permet l'evacuació de l'aigua excendent quan per error es continua emplenant. Evitant que la tapa es separi del dipòsit degut a la pressió de l'aigua.

### **6.6. Connexió per al consum**

La connexió per al consum constarà de dos sortides: una d'aigua calenta extreta de la part superior del dipòsit i una d'aigua freda extreta de la part inferior.

Per tal d'habilitar la connexió que es durà a terme posteriorment pel propietari, és defineixen els elements que l'han de compondre:

#### **6.6.1. Tubs i accessoris**

- Tub PVC de diàmetre 25 mm i 38 mm longitud per a la connexió del maneguet de 25-3/4" amb el colze de 90° PVC de diàmetre 25 mm.
- Dos colzes de 90° PVC de diàmetre 25 mm. Uneix el tub anterior amb el tub posterior.
- Tub PVC de diàmetre 25 mm. Subministra l'aigua calenta i s'uneix amb una vàlvula d'esfera.
- Tub PVC de diàmetre 25 mm . Subministra l'aigua freda i s'uneix amb una vàlvula d'esfera.

#### **6.6.2. Vàlvula d'esfera**

Vàlvula d'esfera Standard PVC de 25 mm per encolar. Juntes de la bola de tefló. Pressió nominal de 16 bars.

Es col·loquen a les dues sortides d'aigua del dipòsit cap al consum. La funció de la vàlvula és limitar la circulació de l'aigua en cas de voler fer canvis en la distribució dels punts de sortida de l'aigua pel consum.

Total vàlvules d'esfera: 2 unitats.

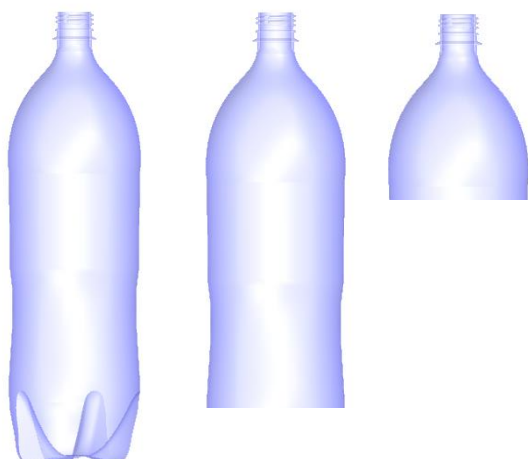
## 7. MUNTATGE

### 7.1. Modificacions en els elements

Cal una modificació física en algun dels elements abans de realitzar el muntatge del sistema.

#### 7.1.1. Ampolles PET

Les ampolles emprades tenen una alçada total de 33 cm i es tallen a una mida de 29 cm, eliminant així la seva part inferior per facilitar l'acoblament de les ampolles entre elles. Les últimes ampolles de cada columna tenen una mida de 12 cm, ja que la seva funció és marcar el final i segellar l'ambient de l'interior de les altres ampolles. A la Figura 20 es representa l'ampolla sencera i les tallades.



Ampolles tallades a 29 cm: 180 unitats

Ampolles tallades a 12 cm: 36 unitats

Total ampolles: 216 unitats

*Figura 20. D'esquerra a dreta: Ampolla 33 cm, ampolla tallada a 29 cm i ampolla tallada a 12 cm*

#### 7.1.2. Tetrabriks

Les caixes buides es despleguen per les orelles, es tallen just per la línia segellada d'ambdós costats. Es renten per eliminar restes orgàniques.

Les mides del tetrabrik desplegat de manera plana són de 22,5x15,5 cm.

Posteriorment es realitza un tall i varis plecs per tal de que s'adapti a la forma de les ampolles. Tal i com es representa a la Figura 21.

-Es fa un tall de 7cm pel centre de la part inferior.

- Es dobleguen els laterals del tall per facilitar l'encaix del coll de la pròxima ampolla.
- Es dobleguen les puntes superiors en diagonal per formar una forma que s'ajusti a la part corba interior superior de l'ampolla.
- Es pinten amb esmalt sintètic de color negre mate, únicament per la cara superior on incidirà el sol.

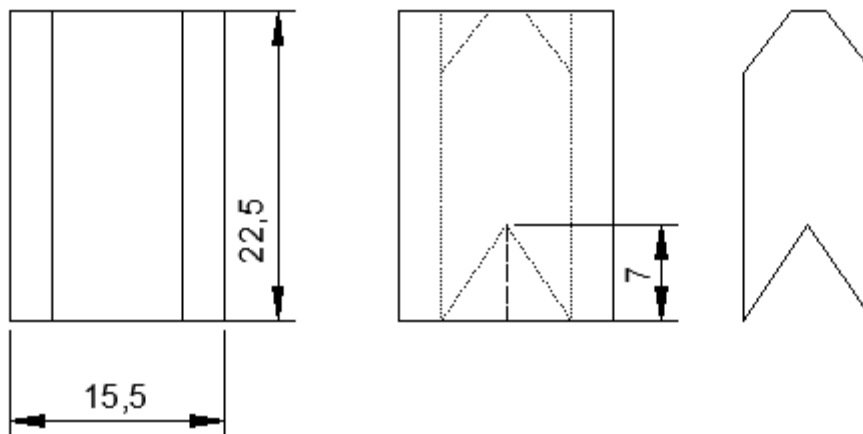


Figura 21. Esquema de retallat i plegatge dels tetrabriks.  
Les línies de punts mostren el plegatge i la discontinua el tall.

Total tetrabriks utilitzats: 180 unitats.

### 7.1.3. Columna

- Es tallen els tubs de diàmetre 20 mm a 104 cm
- Es marquen els dos extrems amb una volta de cinta adhesiva de 19mm.
- Es pinten els tubs amb la esmalt sintètic de color negre mate.
- Es retira la cinta adhesiva.

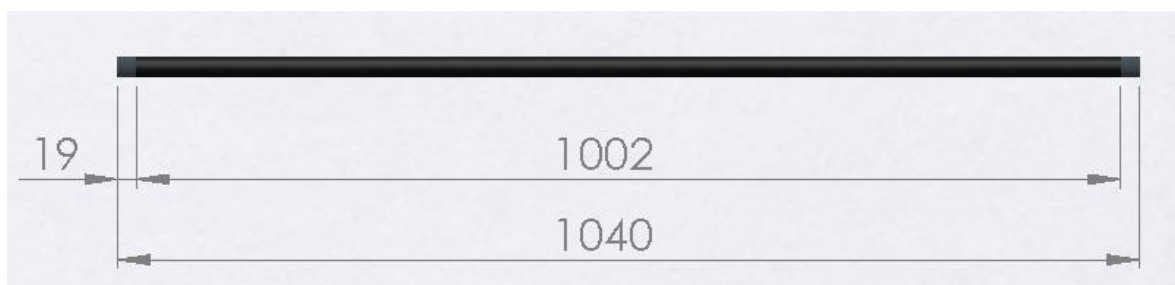


Figura 12 . Representació d'una columna pintada. Les mides són en mm.

El motiu pel qual s'aplica la cinta adhesiva és per mantenir els extrems que s'acoblaran a la unió en T de PVC lliures d'esmalt. Al mateix temps facilitarà l'observació de l'encaix complet.

#### **7.1.4. Dipòsit**

El dipòsit té un total de 6 forats que permeten connectar els elements del sistema amb el seu interior. Aquestes connexions són:

- Sortida d'aigua cap al captador
- Retorn d'aigua procedent del captador
- Aigua procedent de la xarxa
- Sortida d'aigua freda pel consum
- Sortida d'aigua calenta pel consum
- Sobreeixidor

En el plànol 9 del document 2 d'aquest projecte s'especifiquen els diàmetres i les distàncies d'ubicació d'aquests forats.

Per a realitzar els forats s'utilitza un trepant i les corones de tall amb una mida adequada a cada forat:

- Sortida d'aigua cap al captador: Corona de tall de 3/4"
- Retorn d'aigua procedent del captador: Corona de tall de 3/4"
- Aigua procedent de la xarxa: Corona de tall de 3/8"
- Sortida d'aigua freda pel consum: Corona de tall de 3/4"
- Sortida d'aigua calenta pel consum: Corona de tall de 3/4"
- Sobreeixidor: Corona de tall de 5/8"

## **7.2. Muntatge del sistema**

Es divideix el procés de muntatge del sistema en dos etapes:

- Muntatge del captador
- Muntatge del dipòsit

El muntatge del captador es pot consultar també a l'Annex C, on està explicat d'una manera més visual. I en el Plec de Condicions d'aquest projecte s'especifica amb més detall com s'ha de dur a terme el muntatge del sistema.

El muntatge del sistema no s'esmenta perquè no es sap exactament a on estarà col·locat el dipòsit i això pot fer variar el recorregut dels tubs. No obstant, com s'ha dit en el punt 6.2. caldrà incloure alguns elements específics per al bon funcionament del sistema. I un cop finalitzada la connexió entre captador i dipòsit pintar de negre les canonades d'aigua calenta amb esmalt sintètic negre mate.

### 7.2.1. Muntatge del captador

El captador té un total de 36 columnes, dividit en 9 mòduls de 4 columnes cada un.

- Construcció d'un mòdul:

- Els col·lectors superiors i inferiors consten de 4 unions T de PVC que s'intercalaran amb els tubs de 7,5 cm i s'enganxaran amb cola per a PVC.
- El col·lector superior s'encola amb l'extrem superior de les columnes.

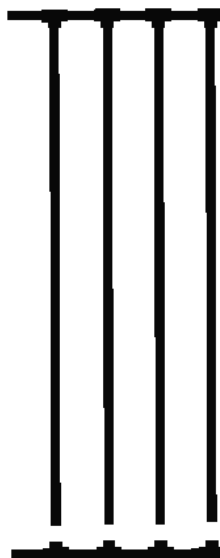


Figura 22. Representació de les unions a encolar. Les connexions entre elements que es mostren unides són aquelles que s'han d'encolar. El col·lector inferior s'uneix a les columnes a pressió.



- Abans d'introduir les primeres ampolles a les columnes, es fan unes voltes de cinta adhesiva just a la part superior abans de la unió en T. Aquesta fixarà el coll de l'ampolla a la columna impedit les fuites de la calor que es genera a l'interior de l'ampolla i evitarà que el vent pugui girar les ampolles i l'orientació dels tetrabriks.
- S'introdueixen les primeres ampolles a les columnes i es fixen també amb cinta adhesiva.
  
- S'introdueixen les ampolles i els tetrabriks degudament plegats i pintats de forma intercalada fins a completar el panell.
- Les últimes ampolles de 12 cm es segellen, també amb cinta adhesiva, així les columnes ofereixen un ambient aïllat i sense fuites de calor.
- El col·lector inferior s'encaixa a pressió a les columnes, tal i com s'ha mostrat a la Figura 22. S'utilitza un llistó de fusta i un martell, mai amb cola adhesiva. Això possibilitarà el canvi o manteniment de components malmesos que ho requereixin i evitarà haver de serrar els tubs encolats. Una vegada realitzada la tasca de reparació només caldrà encaixar de nou el col·lector inferior.

La utilització de cinta de tefló a l'hora d'unir les peces afavoreix l'estanqueïtat del sistema. S'ha de tenir cura de colpejar sempre al centre de la unió, per evitar malmetre el material.

- Construcció del captador complet

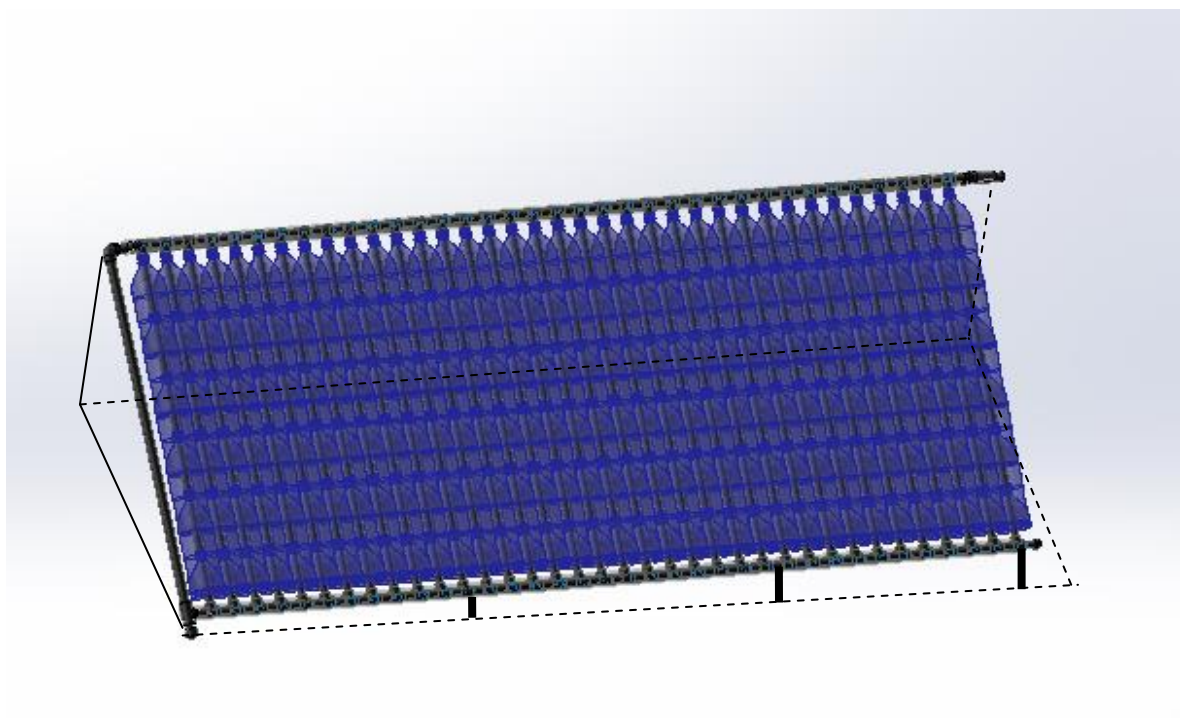
- S'uneixen els 9 mòduls a pressió, mai amb cola adhesiva.
- A l'extrem esquerra del col·lector superior i l'extrem dret del col·lector inferior s'encolen els tubs de 20 mm de diàmetre i 32 mm de longitud que permetran l'encaix dels taps.
- Encaixar els taps.

- Col·locació del suport

Es fixen dos tubs de PVC de 40 mm de diàmetre utilitzant abraçadores ranurades d'acer inoxidable. Es fixen en els col·lectors inferior i superior a cada 40 cm aprofitant les connexions T que són més resistents.

- Desnivell obligatori del captador

Durant el procés d'escalfament de l'aigua, per sobre de 40°C, es comencen a alliberar bombolles d'aire. Com que es tracta d'un circuit tancat, es important elevar com a mínim 2 cm cada metre lineal aproximadament, tal i com es veu a la Figura 23, per tal de que les bombolles no s'acumulin a la part superior del captador. Ja que l'aire podria aturar la circulació del sistema, sobreescalfant el captador.



*Figura 23. Representació de la col·locació dels elevadors*

Aquesta inclinació ha de dirigir les bombolles cap al dipòsit. S'opta per la col·locació de 3 elevadors, separats entre ells aproximadament 1,20 metres.

### 7.2.2.Muntatge del dipòsit

Condicionament dels sis forats amb els accessoris adequats per la seva funció. A la figura 24 es representa la situació de cada forat.

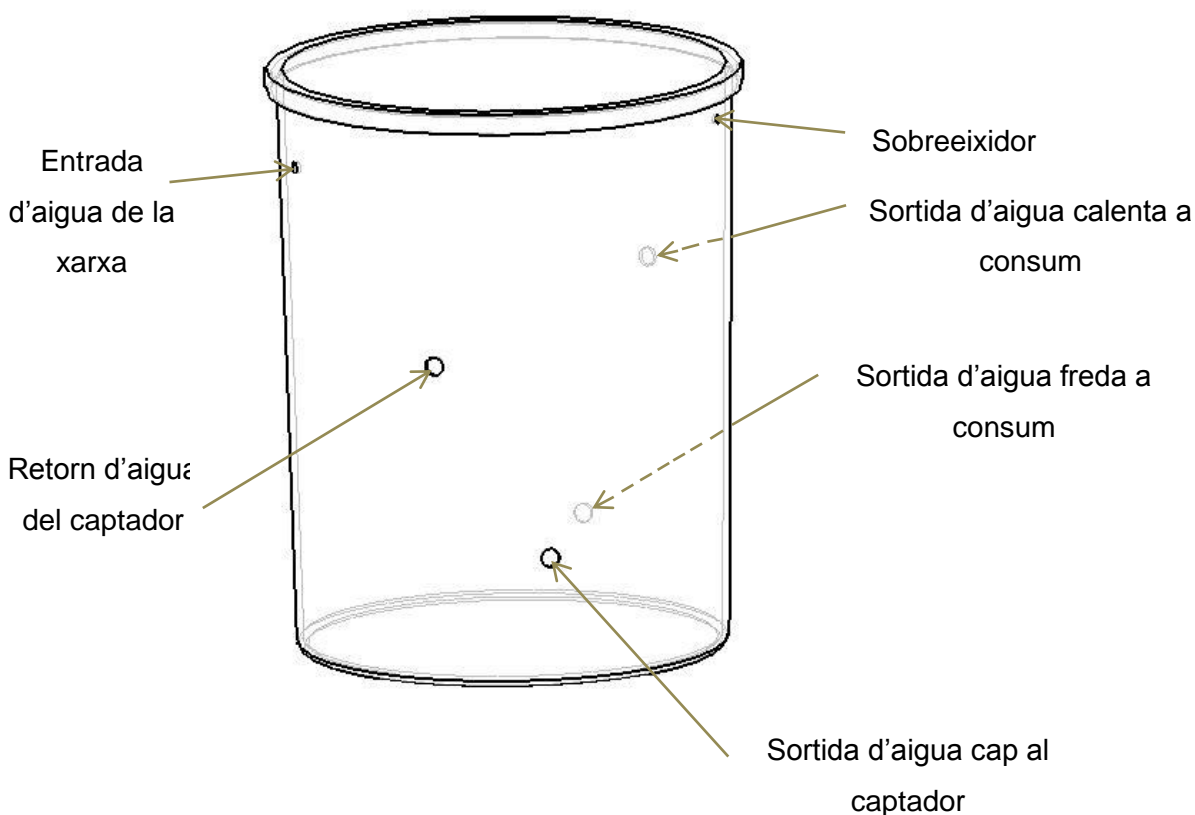


Figura 24. Situació de cada forat. Les fletxes indiquen la direcció dels eixos en cada forat.

A cada forat seran necessaris els següents accessoris:

- Sortida d'aigua cap al captador: Adaptador dipòsit de llautó de  $\frac{3}{4}$ " , maneguet de PVC rosca  $\frac{3}{4}$ "- 25mm encolar, guaiador d'aigua.
- Retorn d'aigua del captador: Adaptador dipòsit de llautó de  $\frac{3}{4}$ " i maneguet de PVC rosca  $\frac{3}{4}$ "-25mm encolar.
- Entrada d'aigua de xarxa: Aixeta amb flotador lateral  $\frac{3}{8}$ " , reducció hexagonal  $\frac{1}{2}$ " -  $\frac{3}{8}$ " , reducció hexagonal  $\frac{3}{4}$ " -  $\frac{1}{2}$ " , connexió mànega rosca mascle  $\frac{3}{4}$ "

- Sortida d'aigua freda a consum: Adaptador dipòsit de llautó de 3/4" i maneguet de PVC rosca 3/4"-25mm encolar.
- Sortida d'aigua calenta a consum: Adaptador dipòsit de llautó de 3/4" i maneguet de PVC rosca 3/4"-25mm encolar.
- Sobreeixidor: colze de PP de reg de diàmetre 16.

**- Aïllament tèrmic del dipòsit:**

Cal aïllar les parets del dipòsit i la tapa per evitar pèrdues de calor. Els col·lectors solars convencionals, utilitzen aïllament tèrmic d'alt rendiment. En aquest sistema s'obta per utilitzar materials reciclats. Es plantegen diferents mètodes:

- Utilitzar serradures, fulles de blat de moro, pellofa d'arròs, pastures seques... emplenant tetrabriks buits i enganxant-los al voltant del dipòsit d'aigua. A les cantonades arrodonides dels dipòsits omplir amb bosses de plàstic, papers, etc.
- Utilitzar safates o plaques de poliestirè expandit
- Col·locar un dipòsit dins d'un tancament de fusta, blocs ceràmics o fins i tot dins d'un altre dipòsit més gran. Deixant un espai entre tancament i dipòsits per poder omplir-lo amb aïllant. Aquest, es col·locarà amb bosses o paquets per facilitar-ne la seva extracció en cas de possibles manteniments.

L'aïllant és col·loca sempre després de verificar que no hi ha fuites a la instal·lació.

## 8. DESCRIPCIÓ DEL PROTOTIP I RESULTATS

### 8.1. Característiques principals

Per la construcció del prototip del captador s'han emprat 100 ampolles de plàstic PET de 2 litres i 100 tetrabriks. Aquesta instal·lació difereix del sistema proposat en el número d'ampolles per columna, ja que, en aquest cas se n'utilitzen cinc per columna i en comptes d'utilitzar una sisena ampolla tallada a 12 cm, s'utilitza un dels culs d'ampolla excedents. El cul és trepanat amb una corona de tall de  $\frac{1}{2}$ " i introduït al revés a la cinquena ampolla de la columna. La Figura 25 mostra la instal·lació del prototip.

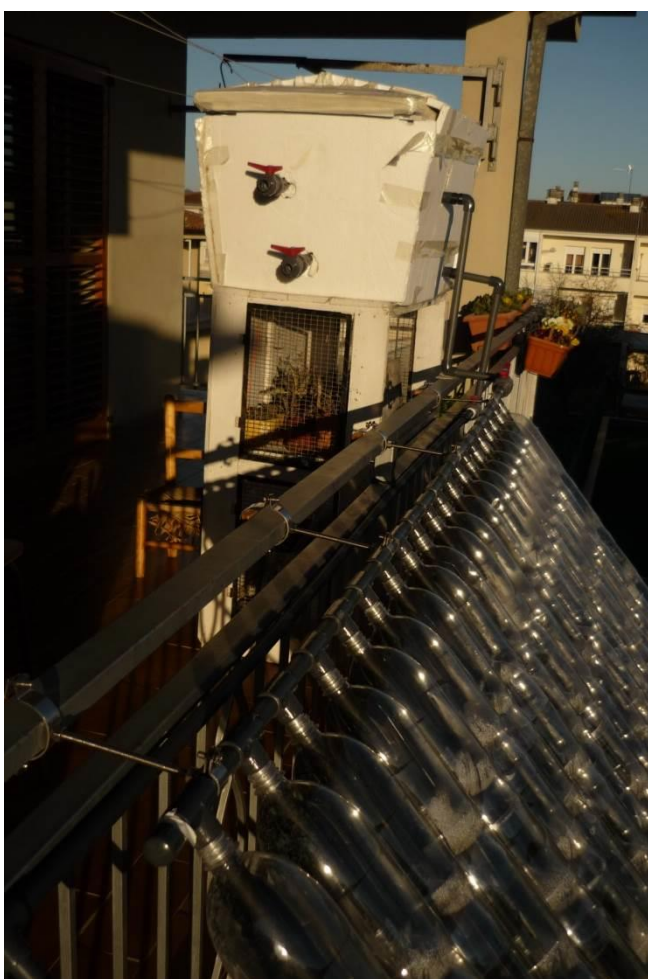


Figura 25. Instal·lació del prototip

La connexió d'aigua es fa a través d'una mànega que subministra aigua a baixa pressió, ja que arriba per gravetat gràcies a un dipòsit d'aigua situat a les golfes de la mateixa casa.

El dipòsit i el captador tenen una diferència d'altures de 37 cm, garantint el funcionament per termosifó. Per aconseguir aquesta diferència, el dipòsit reposa a sobre d'una estructura de fusta de 1,12 m d'alçada.

Ha estat necessari la construcció d'un suport per tal que el captador quedés subjectat per la part exterior de la barana.

La inclinació és de  $51^\circ$ , orientat al sud i un valor d'azimut de  $-5^\circ$ . La

inclinació es determina segons la Latitud de Riudellots que és de  $41^\circ 54'$  N. A l'hivern s'obté un millor rendiment quan el captador té aproximadament  $10^\circ$  més d'inclinació que la latitud del lloc. Per tant, la inclinació més favorable per les dates en que és realitza l'experiment és aproximadament  $51^\circ$ .

## 8.2. Lloc de la instal·lació

La instal·lació s'ha realitzat a la població de Riudellots de la Selva, en una casa tipus dúplex. A la terrassa de la segona planta, subjectat a la barana per tal de mantenir el captador per la part exterior del voladís; on la incidència del Sol no es veu pertorbada per ombres.

## 8.3. Col·locació del suport

El suport necessari per a la col·locació del captador consta d'un total de 8 punts de subjecció a la barana; 4 punts a la part superior i 4 punts més a la part inferior. En total 16 abraçadores, 8 fixades a la barana i 8 fixades als tubs de 20 mm del captador.

Les abraçadores compten amb una femella hexagonal de M8 per facilitar les unions entre elles per mitjà de barres roscades de M8. Així doncs, les unions entre la barana-tub superior i la barana-tub inferior es fan amb les barres roscades de M8 i es solden per garantir la subjecció de l'estructura. Al mateix temps, la longitud d'aquestes barres determinen l'orientació del captador, ja que, les barres de la part superior són de 130 mm i les de la part inferior de 820 mm. D'aquesta manera s'aconsegueix una inclinació de  $51^\circ$  respecte l'horitzontal.

La distància que hi ha entre els punts de subjecció del captador és de 64 cm, tal i com es mostra a la Figura 26 La fixació s'inicia al tub que separa la primera i segona columna de cada extrem.

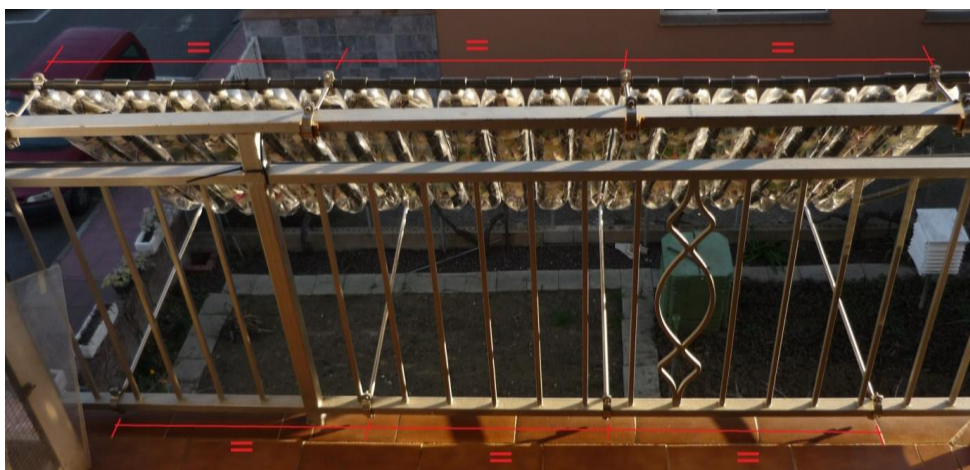


Figura 26. Sistema i distàncies de fixació del captador

#### 8.4. Material

La Taula 2 que s'adjunta conté el llistat de material utilitzat, dividit en tres grups; captador, instal·lació i suport del captador.

<b>CAPTADOR</b>		
<b>Concepte</b>	<b>Unitat</b>	<b>Quantitat</b>
Ampolles 2l PET	Un.	100
Tetrabriks	Un.	100
T PVC 20 mm	Un.	40
Tap PVC 20 mm	Un.	2
Tub PVC 20 mm	m. l.	23,8
<b>INSTAL·LACIÓ</b>		
<b>Concepte</b>	<b>Unitat</b>	<b>Quantitat</b>
Tub PVC 20 mm	m. l.	3,41
Tub PVC 25 mm	m. l.	1,45
Colze PVC 90 de 20 mm	Un.	2
Colze PVC 90 de 25 mm	Un.	5
T PVC 20 mm	Un.	1
Tap PVC 20 mm	Un.	1
Reductor PVC 20/25 mm	Un.	2
Vàlvula esfera de 25 mm	Un.	4
Maneguet PVC de 25-3/4"	Un.	5
Ràcord llautó de 3/4"	Un.	5
Goma plana de 24x60 (3/4")	Un.	4
Adaptador dipòsit (sobreeixidor)	Un.	1
Colze euro-rain goteig de 16 mm	Un.	1
Flotador silencios fominaya 3/8	Un.	1

Goma Plana de 16x30 (3/8")	Un.	1
Reducció hexagonal de 3/8 – 1/2	Un.	1
Reducció hexagonal de 1/2 - 3/4	Un.	1
Connector manguera rosca mascle 3/4	Un.	1
Dipòsit Polièster Rectangular de 200 l	Un.	1
Espuma de termoplàstic elastomèrica 20/22	m.l.	2,07
Espuma de termoplàstic elastomèrica 20/32	m.l.	0,95
Poliestirè expandit reutilitzat	m <sup>2</sup>	2,16
<b>SUPORT DEL CAPTADOR</b>		
<b>Concepte</b>	<b>Unitat</b>	<b>Quantitat</b>
Abraçadora acer inoxidable reforçada de 20 mm	Un.	8
Abraçadora acer inoxidable reforçada de 45 mm	Un.	4
Abraçadora acer inoxidable reforçada de 50 mm	Un.	4
Barra roscada M8	m.l.	3,8
Cargol M6x20	Un.	16
Cargol M6x25	Un,	16

Taula 2. Material emprat per a la construcció del prototip

### 8.5. Procediment d'obtenció de mesures

La instal·lació es va finalitzar el dia 21 de desembre i es van començar a prendre mesures el dilluns 23 de desembre. Les mesures es prenen cada hora des de les 9 del matí fins a les 7 de la tarda.

En un principi, es volien provar dos tipus d'aïllant, poliestirè expandit i llana de roca, però es va descartar la llana de roca per la poca comercialització a Argentina i el seu cost econòmic. Així doncs, s'han plantejat tres escenaris diferents en funció de l'aïllament dels tubs de retorn de l'aigua calenta i el dipòsit.



1. Del 23/12/13 al 29/12/13 - Dipòsit i tubs sense aïllar.
2. Del 30/12/13 al 05/01/14 - Dipòsit aïllat amb poliestirè expandit i tubs de sortida del captador aïllats amb espuma de termoplàstic elastomèrica.
3. Del 05/01/14 al 12/01/14 Dipòsit aïllat amb poliestirè expandit i tubs sense aïllar.

A les Figures 27, 28 i 29, es visualitza una foto de l'escenari 1, 2 i 3, respectivament.



Figura 27 . Escenari 1



Figura 28. Escenari 2



*Figura 29. Escenari 3*

L'instrument emprat per fer les lectures de temperatura és un termòmetre model Presto de la marca Tescoma. S'adjunta full de característiques tècniques a l'Annex A.

### **8.6. Resultats**

Els resultats del prototip compleixen amb l'objectiu de la seva fabricació i verifica el seu funcionament.

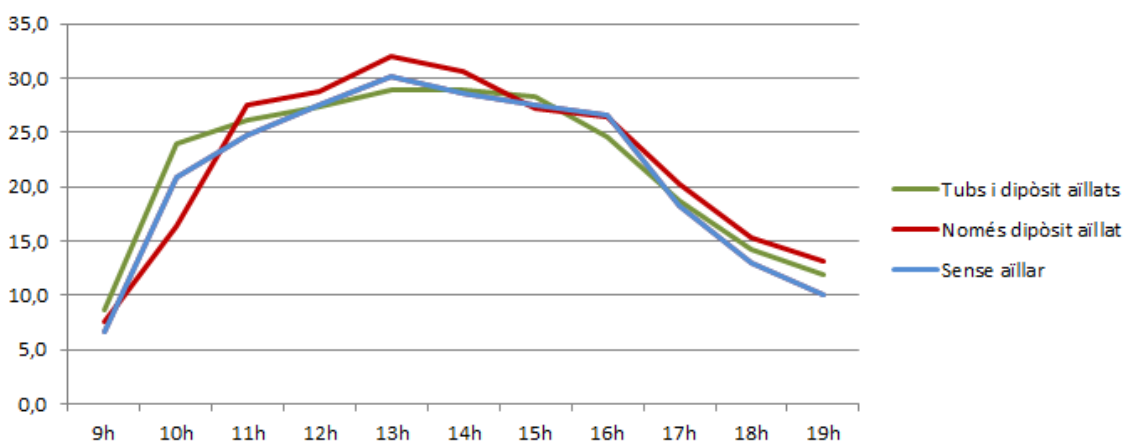
Per tal de comparar els diferent escenaris s'ha fet una mitjana de cada un, excloent-hi els dies on els núvols eren presents en més del 70%, ja que, el captador té una clara tendència a mantenir la temperatura de l'aigua constant. Totes les mostres de temperatures es troben a l'Annex D d'aquest document.

El tercer escenari es va plantejar ja que en el segon escenari es percebia que la temperatura de sortida del captador era menor que amb els tubs sense aïllar. Així doncs, es va plantejar una setmana sense aïllar els tubs d'aigua calenta i mantenint l'aïllant del dipòsit que donava bons resultats. Amb aquest canvi es va notar un increment de temperatura de l'aigua. El motiu és que la radiació solar que incideix a la

superfície dels tubs sense aïllar absorbeix la calor transferint-la a l'aigua i compensant la calor dissipada

A la Gràfica 1.1. s'aprecia com la temperatura mitjana màxima en el cas de tub i dipòsit aïllats és inferior que les dels altres escenaris, com hem explicat anteriorment. També s'observa que l'aïllant dels tubs afavoreix l'ascens de la temperatura a les primeres hores on la dissipació és major.

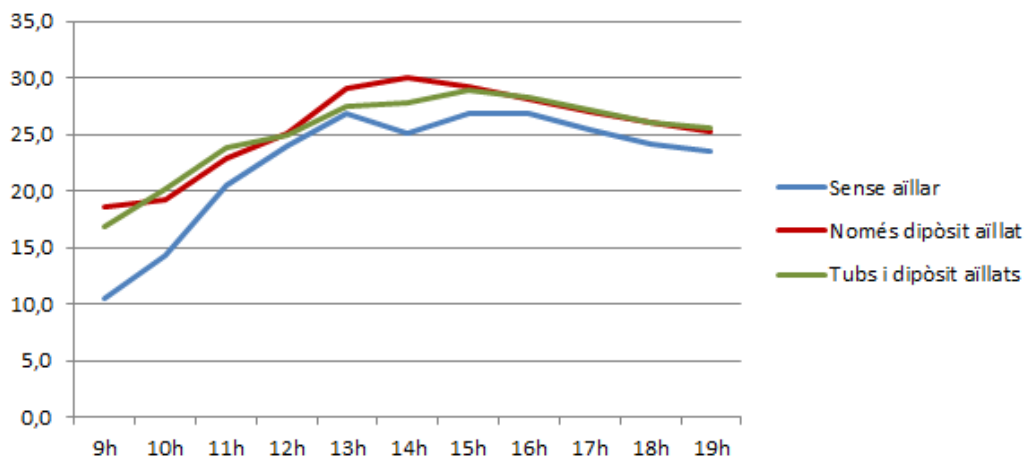
### Temperatures en °C de la sortida del captador



Gràfica 1.1. Evolució de les temperatures de l'aigua a la sortida del captador en funció de l'hora.

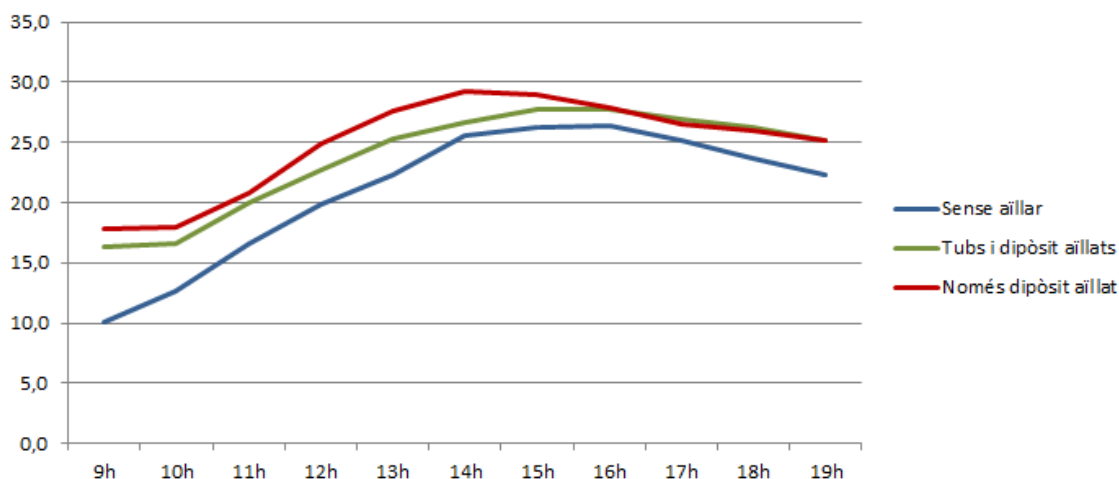
Hi ha una clara diferència pel que fa a la temperatura a l'interior del dipòsit en funció de si aquest està aïllat o no. Tal i com es mostra en la Gràfica 1.2., a primera hora del matí s'aprecia una diferència de temperatures de quasi 10°C amb el dipòsit aïllat o sense aïllar. Així doncs, durant la nit quan les temperatures descendeixen, l'aïllant fa que es perdi menys calor per dissipació i afavoreix que la temperatura es mantingui. Durant el transcurs del dia també ajuda a l'ascens de les temperatures al seu interior.

### Temperatures en °C de l'interior del dipòsit



Gràfica 1.2. Evolució de la temperatura de l'aigua a la superfície de l'interior del dipòsit en funció de l'hora.

### Temperatures en °C de l'aigua calenta de consum



Gràfica 1.3. Evolució de les temperatures de l'aigua calenta de consum en funció de l'hora.

Els valors mitjans de temperatura i els seus màxims i mínims es mostren a la Taula 3.1. per a cada escenari. Els valors registrats de temperatura mínims i màxims absoluts es veuen a la Taula 3.2.

		Freda Consum	Calenta Consum	Aigua Dipòsit	Entrada captador	Sortida captador	Temp ambient
Mínima	Escenari 1	9,2	10,0	10,5	4,1	6,7	3,4
	Escenari 2	13,9	16,4	16,8	6,6	8,6	3,7
	Escenari 3	15,2	17,8	18,6	6,9	7,6	6,4
Mitjana	Escenari 1	13,8	21,0	22,6	13,0	21,3	9,9
	Escenari 2	15,6	23,8	25,2	14,3	22,0	10,0
	Escenari 3	16,7	24,8	25,5	14,3	22,3	11,3
Màxima	Escenari 1	17,3	26,3	26,9	18,5	30,2	13,8
	Escenari 2	17,2	27,8	28,9	18,9	29,0	13,9
	Escenari 3	17,3	29,2	30,0	18,4	32,0	14,6

Taula 3.1. Valors de temperatures en °C mitjans per a cada escenari.

		Freda Consum	Calenta Consum	Aigua Dipòsit	Entrada captador	Sortida captador	Màxima ambient	Mínima ambient
Escenari 1	Mínima	6,4	7,8	8,9	1,9	3,9	12,5	-0,4
	Màxima	19,9	30,5	31,1	22,5	34,1	17,0	5,1
Escenari 2	Mínima	10,5	12,8	13,4	0,1	0,2	12,0	-2,3
	Màxima	20,3	32,3	33,1	22,3	34,9	16,5	10,2
Escenari 3	Mínima	11,8	12,4	12,7	4,4	5,3	12,5	2,4
	Màxima	20,6	31,1	32,6	23,4	35,1	15,6	7,5

Taula 3.2. Valors absoluts de temperatures en °C de les màximes i mínimes per cada escenari

En referència a la nuvolositat, s'han anotat les hores dels dies en què els núvols eren més presents. Obtenint que en l'escenari 1 un 17,5% de les hores el cel va estar ennuvolat, per l'escenari 2 un 16,5% i per l'escenari 3 un 27,5%.

## **9. RESUM DEL PRESSUPOST**

El preu de l'execució material de la instal·lació del sistema és de Tres-cents quaranta-dos Euros amb quaranta-vuit Cèntims més IVA (342,48€)

## 10. CONCLUSIONS

Després de la realització de la instal·lació del prototip i l'obtenció dels seus resultats se n'extreuen les següents conclusions:

Que l'escenari 3, on només està aïllat el dipòsit, obté unes majors temperatures, tal i com es mostra a la gràfica 1.3. A més, cal tenir en compte que la nuvolositat va ser més present en les dates on es van prendre les mostres de l'escenari 3 i que per tant la radiació solar rebuda va ser menor, no obstant, la temperatura ambient va ser més favorable.

Així doncs, la instal·lació que es durà a terme a Jujuy, únicament tindrà el dipòsit aïllat. Per millorar el rendiment es pintaran els tubs de sortida del captador amb esmalt sintètic negre mate.

Per evitar els problemes d'estanqueïtat degut a l'acoblament dels culs d'ampolla amb les últimes ampolles de les columnes, s'utilitzarà una ampolla més per columna. Aquesta última es tallarà a menor distància i s'acoblarà amb la última, tancant així la columna d'una manera més estanca.

Pel que fa el rendiment del prototip del sistema, que es pot trobar a l'Annex B, capítol B.1. és relativament baix, no obstant, la radiació mitjana diària anual a la població de Riudellots és d'aproximadament 4 KWh/m<sup>2</sup>, segons l'Institut Català d'Energies (ICAEN), i d'aproximadament 6 kW/m<sup>2</sup>, segons l'Atlas Solar de d'Amèrica del sud, a la zona de San Salvador de Jujuy. Això farà que s'obtingui més temperatura en el captador i que per tant, hi hagin més bons resultats en gradient tèrmic i temps d'escalfament en comparació al prototip d'aquí.



## 11. RELACIÓ DE DOCUMENTS

### DOCUMENT 1. MEMÒRIA I ANNEXOS

- MEMÒRIA
- ANNEX A. – DESCRIPCIONS TÈCNIQUES
- ANNEX B. – CÀLCULS
- ANNEX C. – MANUAL DE CAPACITACIÓ
- ANNEX D. – RESULTATS PROTOTIP
- ANNEX E. – ASSAIG MATERIAL

### DOCUMENT 2. PLÀNOLS

### DOCUMENT 3. PLEC DE CONDICIONS

### DOCUMENT 4. ESTAT D'AMIDAMENTS

### DCOUMENT 5. PRESSUPOST

## 12. BIBLIOGRAFIA

Material informàtic i audiovisual:

INSTITUT CATALÀ DE L'ENERGIA, ICAEN - Dades de radiació solar,

AGÈNCIA ESTATAL DE METEOROLOGIGA – AEMet - Descripcions radiació.

Llibres:

BUENAVENTURA BASSEGODA MUSTÉ, l'Enciclopedia de la construcción: cálculo y ensayo, estudio de los proyectos, 1982

Material obtingut a la xarxa:

Informació sobre el captador solar de l'enginyer José Alano.

(<http://ecococos.blogspot.com.es/2012/04/colector-solar-con-botellas-pet.html>, 3 de setembre de 2013)