

COMPARACIÓ DE SISTEMES D'OBTENCIÓ D' AIGUA CALENTA SANITÀRIA MITJANÇANT ACV

Es planteja la comparació de sistemes d'obtenció d'aigua calenta sanitària (ACS) a un habitatge plurifamiliar ubicat a l'Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB) mitjançant l'Anàlisi del Cicle de Vida (ACV). Aquest estudi permet contrastar tecnologies convencionals per l'obtenció d'ACS, com és l'ús d'escalfador de gas, amb tecnologies innovadores i sostenibles que inclouen l'aport d'energia termosolar utilitzant tubs de buit, el que suposa un plantejament orientat a la transició cap a un model energètic basat en les energies renovables i generació distribuïda.

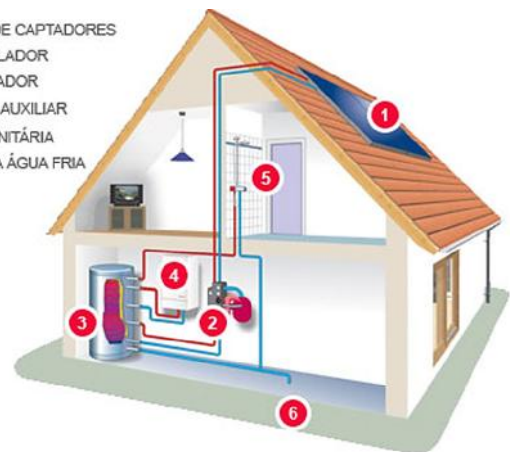
INTRODUCCIÓ

L'energia solar és una energia renovable que no genera emissions directes de contaminants ni de gasos d'efecte hivernacle (GEH), el que suposa un avantatge substancial respecte a l'ús d'energies convencionals. Es distingeixen dues formes d'aprofitament solar: energia fotovoltaica i termosolar. Durant els últims anys, s'està produint un augment notable de les instal·lacions d'energia solar tèrmica, tant per petits com per grans consumidors, a causa, d'una banda, de la creixent sensibilització de la societat sobre la necessitat de substituir els combustibles fòssils i, d'altra banda, als avenços en els sistemes (millora de la qualitat, eficiències i reducció de costos).

Dins el sector residencial, una de les aplicacions més comuns de l'energia termosolar és la producció d'ACS. Tot i així, la demanda tèrmica (ACS i calefacció) del sector residencial de l'AMB és coberta, essencialment, amb gas natural¹.

De forma general, la radiació solar és captada pels col·lectors solars, on és convertida en energia tèrmica. Per dins el col·lector circula un fluid calor portador, que transporta l'energia fins un intercanviador de calor per transferir-la a l'aigua d'ús sanitari. L'aigua calenta s'emmagatzema a un acumulador, des d'on pot partir directament cap al punt d'ús, essent a vegades necessària l'assistència d'un sistema auxiliar per escalfar l'aigua fins la temperatura de servei.

- 1 - CAMPO DE CAPTADORES
- 2 - CONTROLADOR
- 3 - ACUMULADOR
- 4 - SISTEMA AUXILIAR
- 5 - ÀGUA SANITÀRIA
- 6 - ENTRADA ÀGUA FRIA



Existeixen una gran varietat de sistemes de captació de la radiació solar i entre ells, un dels més prometedors en entorns residencials són els tubs de buit. Aquests constitueixen una tecnologia innovadora amb eficiències i rendiments superiors a les plaques convencionals, el que permet obtenir, per una mateixa superfície instal·lada, major quantitat d'energia calorífica al llarg de l'any, suposant una optimització en l'ús del recurs del sol. Això és degut principalment al millor aïllament que suposen, ja que al estar segellats al buit les pèrdues per convecció són molt baixes. La forma cilíndrica dels tubs també afavoreix una millor captació d'energia infraroja, inclús en dies nuvolosos, augmentant així el seu rendiment enfront als col·lectors plans.

La majoria d'estudis associats a l'aprofitament de l'energia solar es centren en l'àmbit fotovoltaic i, en menor mesura, cap a l'àrea termosolar enfocada als col·lectors de plaques planes convencionals. Tot i així, hi ha poques experiències sobre les implicacions ambientals que podria suposar l'ús de la més recent tecnologia termosolar, els tubs de buit. En aquestes referències previes, s'ha pogut demostrar que els sistemes d'aprofitament solar certament redueixen els efectes ambientals durant l'etapa d'ús. No obstant això, no estan exempts de generació d'impactes ambientals durant les diferents etapes del cicle de vida.

És per això que es pretén desxifrar les implicacions de l'ús d'una tecnologia poc estudiada per l'escalfament d'ACS, avaluant el comput global dels impactes directes i indirectes durant tot el seu cicle de vida, i suposant diferents escenaris de substitució a l'àmbit domèstic de l'AMB.

¹ Observatori de l'Energia de Barcelona. (2012). *Balanç energètic de Barcelona de 2012*. IDAE. (2014). *Consumos del sector residencial en España*. Obtenido de http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_documentacion_basica_residencial_unido_c93da537.pdf

METODOLOGIA

Cas d'estudi. Les alternatives considerades a la comparació han estat: (1) Escalfador instantani de gas natural, (2) Sistema solar amb tubs al buit i sistema auxiliar de gas i (3) Sistema solar amb tubs al buit i sistema auxiliar elèctric. La demanda energètica ha estat comú per a les tres alternatives, i ha sigut calculada d'acord a la unitat funcional definida: demanda total anual (kWh) d'ACS d'una persona, resident a un habitatge plurifamiliar de 6 persones, situada a la ciutat de Barcelona (Espanya), durant 20 anys de vida útil de la instal·lació. Cada alternativa s'ha dimensionat considerant els mateixos límits del sistema i complint amb els requisits normatius².

El cas d'estudi i els escenaris de substitució plantejats estan orientats expressament al sector d'habitatges plurifamiliars, que compten amb instal·lació de gas individual (no centralitzada). En l'AMB aquest percentatge és del 52,3% del total d'habitatges (equivalent a 1.249.200 habitatges que corresponen a 3.190.000 habitants), mentre que a Barcelona el percentatge puja al 70,9% (en total, 663.000 habitatges corresponents a 1.598.000 habitants)³.

Anàlisi del Cicle de Vida. Complint amb les etapes estandarditzades d'ACV de l'ISO 14040 s'ha realitzat l'avaluació ambiental de les tecnologies seleccionades, utilitzat el software SimaPro 8.0 per a la programació computacional del cicle de vida de les tres alternatives. Partint de la base de dades Ecoinvent v3.1 s'han definit els components i processos de cada etapa prevista en els límits del sistema, fent les modificacions pertinents per adaptar-lo al dimensionat i referències del cas d'estudi. Un resum de les dades d'inventari es mostra a la Taula 1.

Per a la comparació de resultats entre les alternatives i pel seu anàlisi individual, s'han emprat els mètodes d'avaluació d'impacte ambiental ReCiPe Endpoint (H) i IPCC 2013 (GWP 20 anys).

Escenaris de substitució. Es plantegen diferents escenaris de substitució del sistema convencional d'escalfament d'ACS amb gas per la millor

alternativa resultant de l'ACV. Així, es compara l'estalvi d'emissions de GEH en forma de CO₂ equivalent, respecte a un escenari base que correspon als habitatges plurifamiliars que en l'actualitat compten amb accés a gas natural i no estan connectades a un sistema central d'aigua calenta, tant a la ciutat de Barcelona com a l'AMB. Per a aquesta comparació s'han utilitzat els resultats obtinguts d'avaluació d'impactes d'ACV mitjançant el mètode IPCC 2013 (GWP 20a), dades d'emissions de GEH per càpita a la ciutat de Barcelona i les dades d'habitatge definides al cas d'estudi, tant a Barcelona com a l'AMB.

Anàlisi econòmic. La comparació econòmica simplificada considera únicament com a costos totals la suma entre els costos d'inversió i els costos d'ús durant els 20 anys de vida útil. Posteriorment, es realitza una estimació del temps de retorn de la inversió (amortització) a partir de l'estalvi reportat per l'ús de la millor tecnologia resultant de l'ACV respecte a la tecnologia convencional.

RESULTATS

Avaluació d'impactes d'ACV. A la Figura 1 es mostren de manera comparativa els resultats d'avaluació del dany i puntuació única de les alternatives mitjançant el mètode ReCiPe Endpoint (H) [a] i l'avaluació del potencial d'escalfament global mitjançant el mètode IPCC 2013 (GWP 20 anys) [b].

La millor alternativa, d'acord amb la valoració de cada categoria d'impacte i en el còmput global (puntuació única), resulta ser el sistema solar tèrmic amb caldera de gas com a sistema auxiliar, amb només una mica més de la meitat dels impactes que les altres dues alternatives (155,0 Pts de puntuació única), seguit del sistema solar amb auxiliar d'electricitat (245,3 Pt), deixant com a sistema més impactant a la caldera de gas (267,2 Pt). De manera anàloga, els resultats de l'avaluació amb GWP 20 anys indiquen la mateixa jerarquia entre les alternatives, sent l'alternativa solar amb gas un 53% i un 35% menys impactant que l'alternativa de gas i solar més electricitat, respectivament.

² CTE HE 4. (2013). *Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria*. Sección HE 4.

Ordenanza Municipal Solar Térmica de Barcelona 2006.

³ IDESCAT. (Cens 2001). *Habitatges familiars principals segons abastament d'aigua corrent i aigua calenta central de l'edifici*. Obtenido de www.idescat.cat.

IDESCAT. (Cens 2006). *Enquesta de condicions de vida i hàbits de la població de Catalunya*. Obtenido de www.idescat.cat

IDESCAT. (Cens 2011). *Edificis destinats a habitatges segons les instal·lacions*. Obtenido de www.amb.cat; www.idescat.cat

Institut d'Estudis Regionals: Metropolitans Barcelona. (2006). *L'Habitatge en la regió metropolitana de Barcelona. 1995-2006*.

Taula 1. Descripció simplificada de l'inventari.

Alternativa	Etapa ACV	Component	Ref. pròpia	Quant.	Und.
Escalfador instantani de gas natural	Fabricació	Caldera de gas natural	Caldera gas , 10kW (ES) Transport per carretera 3.5-7.0 mton - EURO6	2,5 2,5	p tkm
	Ús	Gas natural + Electricitat del sistema	Ús: Calor per gas natural (ES) at boiler modulating <100KW	67900	kWh
	Disposició final	Transport: Manteniment i desgast del vehicle + desgast via + combustible	Transporte por carretera 3.5-7.0 mton - EURO6	2,5	kWh
Sistema solar tèrmic amb auxiliar de caldera de gas	Fabricació	Sistema solar	Sistema solar tubs buit (2m2 - 180 L) (ES) Transport marítim Transport per carretera 3.5-7.0 mton - EURO6	1 105 64,4	p tkm tkm
		Caldera gas	Caldera gas, 10 kW (ES) Transport per carretera 3.5-7.0 mton - EURO6	2,5 2,5	p tkm
	Ús	Energia solar + gas natural + Electricitat del sistema	Ús: Calor, solar+gas (ES)	67900	kWh
Sistema solar tèrmic amb auxiliar de resistència elèctrica	Disposició final	Transport: Manteniment i desgast del vehicle + desgast via + combustible	Transport per carretera 3.5-7.0 mton - EURO6	17,5	tkm
	Fabricació	Sistema solar	Sistema solar tubs buit (2m2 - 180 L) (ES) Transport marítim Transport per carretera 3.5-7.0 mton - EURO6	1 105 64,4	p tkm tkm
		Resistència elèctrica	Resistència elèctrica auxiliar, 5kW (ES) Transport per carretera 3.5-7.0 mton - EURO6	1 0,08	p tkm
	Ús	Energia solar + electricitat per escalfar + electricitat del sistema	Ús: Calor, solar+electric (ES)	67900	kWh
	Disposició final	Transport: Manteniment i desgast del vehicle + desgast via + combustible	Transport per carretera 3.5-7.0 mton - EURO6	17,1	tkm

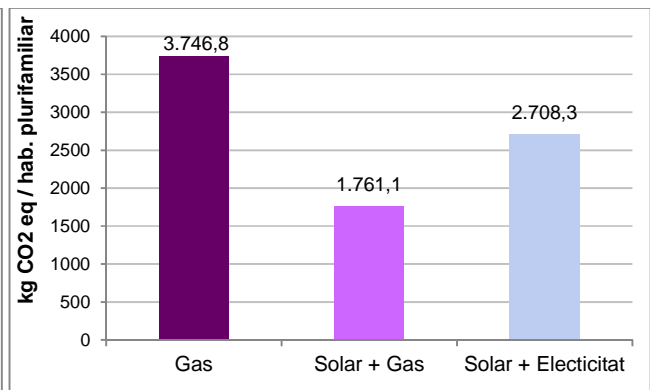
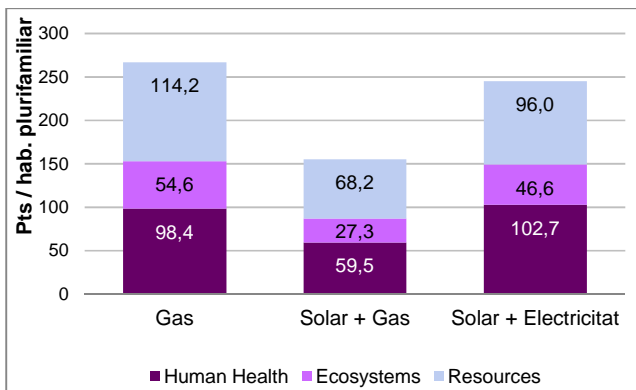


Figura 1. Resultats de l'ACV. (a) Avaluació del dany i Puntuació única - ReCiPe Endpoint (H). (b) Potencial d'escalfament global - IPCC 2013 GWP a 20 anys.

La millor alternativa, d'acord amb la valoració de cada categoria d'impacte i en el còmput global (puntuació única), resulta ser el sistema solar tèrmic amb caldera de gas com a sistema auxiliar, amb només una mica més de la meitat dels impactes de les altres dues alternatives (155,0 pt de puntuació única), seguit del sistema solar amb auxiliar d'electricitat (245,3 Pt), deixant com a sistema més impactant a la caldera de gas (267,2 Pt). Els resultats responen a l'estalvi energètic durant l'etapa d'ús de les alternatives solars respecte al consum de gas natural. Entre les alternatives solars, l'ús d'electricitat com a sistema auxiliar incrementa en un 58% els impactes ambientals globals respecte a l'ús de gas natural, degut principalment a la configuració del mix elèctric

espanyol, la qual cosa fa més sostenible l'ús de gas natural per suplir una mateixa demanda energètica.

Si s'analitzen els impactes de cada alternativa individualment, s'obté que l'ús és l'etapa més impactant en tots els casos (amb el 73-98% dels impactes) principalment per l'ús d'energia per generar calor durant el període de vida útil considerat (20 anys), seguida de la fabricació (2-27%) i la fi de vida (<1%). La fabricació cobra pes en els sistemes solars, per la major complexitat dels seus components.

Potencial estalvi dels escenaris de substitució. Es plantegen 8 escenaris de substitució de la tecnologia menys impactant (solar + gas) per la tecnologia més estesa a l'actualitat (gas) en pisos amb instal·lació de gas i sense sistema central

d'aigua calenta, en els àmbits geogràfics de l'AMB i la ciutat de Barcelona:

- E0: No substitució (100% pisos amb gas)
- E1: subst. pisos 2 persones
- E2: subst. pisos 1-2 persones
- E3: subst. pisos 1-3 persones
- E4: subst. pisos >3 persones
- E5: subst. 30% pisos
- E6: subst. 60% pisos
- E7: subst. 90% pisos
- E8: subst. 100% pisos

A la taula següent es presenten els resultats d'emissions de GEH i estalvis energètics respecte a l'escenari base:

Taula 2. Emissions de CO₂ equivalent emesos durant 20 anys a l'AMB i Barcelona

Escenaris	Emissions (T CO ₂ eq)		Estalvi (%)	
	Barcelona	AMB	Barcelona	AMB
E0	4243714	6212789	0	0
E1	3469925	5219857	18,2	16,0
E2	3274156	4991752	22,8	19,7
E3	2795780	4232809	34,1	31,9
E4	3442622	4900200	18,9	21,1
E5	3569006	5225018	15,9	15,9
E6	2894298	4237247	31,8	31,8
E7	2219590	3249476	47,7	47,7
E8	1994688	2920219	53,0	53,0

S'obté que l'estalvi potencial d'emissions de GEI, respecte a l'escenari base del 100% de pisos amb escalfador de gas, és de entre el 16 (E 1) i el 53% (E 8). El que suposa estalvis respecte al total d'emissions de GEI a la ciutat de Barcelona (75.425.600 t de CO₂ eq. durant els 20 anys) de l'ordre del 1 al 3%, segons el percentatge de substitució.

Anàlisi econòmic. Els resultats de la comparativa econòmica simplificada es mostren a la Figura 2. Considerant els costos de la inversió inicial, els costos de reemplaçament dels components amb menor vida útil i els corresponents a l'ús de cada alternativa derivats del consum d'energia durant els 20 anys, s'obté que les alternatives solars són significativament més costoses que l'alternativa convencional de la caldera de gas per escalfar l'aigua de servei: el sistema solar més gas és un 39% superior mentre que el solar més electricitat implica un sobrecost de 145%. La diferència respecte al sistema convencional es centra en el cost inicial de la instal·lació, es tracta d'una

tecnologia més complexa. Pel que fa al cost d'ús de les alternatives solars, l'electricitat és superior respecte al gas natural, tot i tractant-se del mateix consum energètic.

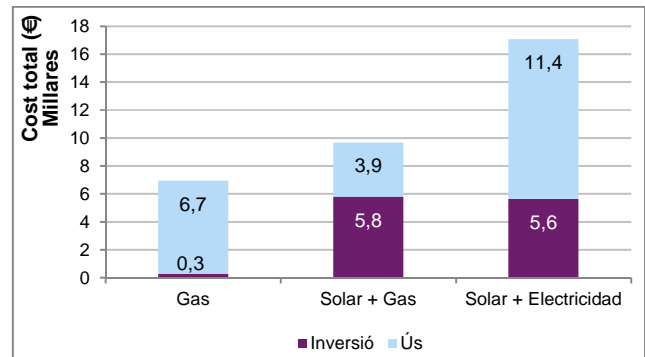


Figura 2. Cost total (inversió i ús) de las alternatives analitzades, a 20 anys

A causa del baix cost del gas natural, l'estalvi anual de l'ús de l'alternativa solar més gas respecte la tecnologia convencional és reduït (aprox. de 140 €/any) el que fa que el temps de retorn de la inversió del sistema solar es dilati en el temps (42 anys).

CONCLUSIONS

Després d'analitzar els impactes ambientals de tot el cicle de vida de tres alternatives per l'escalfament d'aigua sanitària a nivell residencial, pel cas d'estudi d'un habitatge plurifamiliar situada a la ciutat de Barcelona, es pot concloure que l'aportació de les tecnologies termosolars disminueix significativament els impactes ambientals respecte a les tecnologies convencionals (disminució de fins al 42% dels impactes). L'estalvi se centra principalment en l'etapa d'ús. En quan als sistemes auxiliars per a les alternatives solars, l'electricitat representa majors impactes, tant ambientals com econòmics, respecte al gas natural, en l'àmbit geogràfic que ha estat estudiat.

Els escenaris de substitució plantegen un estalvi potencial d'emissions respecte a l'escenari base; entre el 16 i el 53%. Si aquests valors es comparen amb el total d'emissions de GEH de la ciutat de Barcelona és de l'ordre de l'1 al 3%, segons el percentatge de substitució.

No obstant això, el cost d'inversió dels sistemes solars és molt elevat en relació a la caldera de gas convencional, de manera que per possibilitar i potenciar la introducció d'aquestes noves tecnologies caldrà incentius financers per a subvencionar aquest tipus de mesures a fi de fer-les més competitives, a més de l'impuls mitjançant la conscienciació de la població respecte a la sostenibilitat ambiental.