

Treballs beneficiaris dels ajuts per al suport a la recerca en canvi climàtic a l'AMB

Comparació de sistemes d'obtenció d'ACS mitjançant un ACV

Ignasi Herranz Lahuerta

Article Web

RESUMEN

Se comparan, mediante un análisis del ciclo de vida (ACV) con métodos ReCiPe Endpoint (H) y GWP 20a, tres de las tecnologías más extendidas para la obtención de agua caliente sanitaria (ACS) en viviendas plurifamiliares de Barcelona, dos de ellas en base a energía solar térmica. También se analizan sus impactos ambientales individualmente.

Los resultados obtenidos en el ACV muestran que, desde el punto de vista ambiental, la alternativa de solar + gas es la mejor, y la alternativa de gas tiene los mayores impactos en los dos métodos de evaluación utilizados. Dentro del análisis del Ciclo de Vida, el uso es la fase más impactante (con el 73-98% de los impactos), seguida de la fabricación (2-27%) y el fin de vida (<1%). De las alternativas solares, el gas natural como energía de apoyo genera menores impactos que la electricidad.

Posteriormente se plantean escenarios de sustitución, en los ámbitos geográficos del Área Metropolitana de Barcelona (AMB) y la ciudad de Barcelona, para analizar la incidencia ambiental con respecto al cambio climático (GWP) de la sustitución de la alternativa más extendida pero más impactante en la actualidad (gas), por la alternativa de menores impactos (solar + gas). Se obtiene que el potencial ahorro de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) es de hasta el 50%. Considerando el total de emisiones de GEI de la ciudad de Barcelona, supone un ahorro de emisiones del orden del 1 al 3%, según el porcentaje de sustitución.

El análisis económico de las alternativas muestra que los mayores costes de inversión se asocian a los componentes de los sistemas solares, mientras que en los costes de uso resaltan los consumos eléctricos sobre los de gas natural, por la diferencia entre el precio unitario de estos dos tipos de energías. Esto implica que, si se calcula la amortización del sistema solar + gas respecto a la alternativa de gas, se obtiene un tiempo de amortización muy largo (42 años). El sistema instantáneo de gas, presenta ventajas respecto a sus costes, pero mayores impactos ambientales, lo que indica que la sustitución deberá ser impulsada mayormente mediante la concienciación ambiental y no por ahorro económico.

Palabras claves: energía solar térmica, agua caliente sanitaria (ACS), colectores de tubos de vacío, Análisis de Ciclo de Vida (ACV).

RESUM

Es comparen, mitjançant un anàlisi del cicle de vida (ACV), amb mètodes ReCiPe Endpoint (H) i GWP 20a, tres de les tecnologies més esteses per l'obtenció d'aigua calenta sanitària (ACS) a vivendes plurifamiliars de Barcelona, dos d'elles en base a energia solar tèrmica. També s'analitzen els seus impactes ambientals individualment.

Els resultats obtinguts a l' ACV mostren que, des del punt de vista ambiental, l'alternativa solar + gas és la millor, i l'alternativa de gas té els majors impactes en els dos mètodes d'avaluació utilitzats. Dins l'anàlisi del Cicle de Vida, l'ús és la fase més impactant (amb el 73-98% dels impactes), seguida de la fabricació (2-27%) i el fi de vida (<1%). De les alternatives solars, el gas natural com energia de suport genera menors impactes que l'electricitat.

Posteriorment es plantegen escenaris de substitució, als àmbits geogràfics de l'Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB) i de la ciutat de Barcelona, per analitzar la incidència ambiental respecte al canvi climàtic (GWP) de la substitució de l'alternativa més estesa però més impactant a l'actualitat (gas), per l'alternativa de menors impactes (solar + gas). S'obté que el potencial estalvi d'emissions de gasos d'efecte hivernacle (GEI) és de fins el 50%. Considerant el total d'emissions de GEH de la ciutat de Barcelona, suposa un estalvi d'emissions de l'ordre del 1 al 3%, segons el percentatge de substitució.

L'Anàlisi econòmic de les alternatives mostra que els majors costos d'inversió s'associen als components dels sistemes solars, mentre als costos d'ús ressalten els consums elèctrics sobre els de gas natural, per la diferència entre el preu unitari d'aquests dos tipus d'energies. Això implica que, si es calcula l'amortització del sistema solar + gas respecte l'alternativa de gas, s'obté un temps d'amortització molt llarg (42 anys). El sistema instantani de gas presenta avantatges respecte als seus costos, però majors impactes ambientals, el que indica que la substitució haurà de ser impulsada majoritàriament mitjançant la conscienciació ambiental i no per l'estalvi econòmic.

Paraules clau: energia solar tèrmica, aigua calenta sanitària (ACS), col·lectors de tubs de buit, Anàlisi del Cicle de Vida (ACV).

ABSTRACT

It is compared through a life cycle analysis (LCA), using ReCiPe Endpoint (H) and GWP 20yr methods, three of the most widely used technologies for obtaining domestic hot water (DHW) in multi-family dwellings in Barcelona, two of them based on solar thermal energy. Its environmental impacts are also analyzed individually.

The results obtained in the LCA show that, from the environmental point of view, the solar + gas alternative is the best, and the gas alternative has the greatest impacts on the two used evaluation methods. In the LCA, the use is the most striking stage (with 73-98% of the impacts), followed by manufacturing (2-27%) and end of life (<1%). Among the solar alternatives, natural gas as support energy generates lower impacts than electricity.

Subsequently, substitution scenarios are proposed, in the geographical areas of the Barcelona Metropolitan Area (AMB) and the city of Barcelona, to analyze the environmental impact in relation to climate change (GWP) of the substitution of the most widespread but most impactful alternative of the present (gas), by the alternative of lower impacts (solar + gas). The potential savings of GHG emissions are up to 50%. Taking into account the total GHG emissions of the city of Barcelona, it means emission savings of 1 to 3%, depending on the substitution percentage.

The economic analysis of the alternatives shows that the higher investment costs are associated to the solar systems components, while in the use costs highlight the electric consumption over natural gas, because of the difference between the unit price of these two types of energies. This implies that if the amortization of the solar + gas system is calculated, with respect to the gas alternative, a very long amortization time (42 years) is obtained. The instant gas system has advantages over its costs, but greater environmental impacts, which indicates that the replacement should be driven mainly by environmental awareness and not by economic savings.

Key words: solar thermal energy, sanitary hot water, vacuum tube collectors, Life Cycle Assessment (LCA).

INTRODUCCIÓ

El desenvolupament actual depèn directament de l'energia y està basat en l'ús de combustibles fòssils, però la situació d'estrès ambiental en la que es troba el planeta obliga a potenciar fonts de producció d'energia més netes, com son les renovables.

La creixent sensibilització de la societat cap a la necessitat de substituir els combustibles fòssils i els avanços en els sistemes d'energies renovables (millora de qualitat, eficiència i reducció de costos) està produint un augment notable d'aquests tipus d'instal·lacions.

L'energia solar és una energia renovable que no genera emissions directes de substàncies contaminants ni gasos d'efecte hivernacle, el que suposa una avantatja substancial respecte a l'ús d'energies convencionals. Es distingeixen dues formes d'aprofitament solar: energia fotovoltaica i energia termosolar. Una de les aplicacions més comuns de l'energia termosolar al sector residencial és la producció d'ACS. Tot i així, a Barcelona, la demanda tèrmica d'ACS i calefacció al sector residencial és coberta essencialment amb gas natural¹.

El sector residencial és responsable del 17% del consum energètic total d'Espanya, concretament, l'ACS té un pes considerable dins el consum energètic domèstic; de l'ordre del 20%². Així, la possibilitat de suplir la demanda d'ACS en base a energia solar tèrmica cobra interès.

El fet de proposar l'anàlisi de sistemes termosolars amb tecnologia de captadors de tubs al buit és innovador, ja que molts estudis es basen en plaques termosolars planes convencionals, que utilitzen materials més costosos, i molts cops més impactants. Així, considerar una tecnologia termosolar més eficient i de futur com alternativa a tecnologies convencionals, pot ajudar a les bones pràctiques i polítiques cap a la transició energètica que requerim.



Com s'ha comentat, els sistemes de escalfament d'aigua calenta sanitària basats en el complement d'energies netes, com la que aporta el sol, redueixen els impactes ambientals durant l'etapa d'ús, al reduir el consum d'energies d'origen fòssil³. Tot i així, no estan exempts de la generació d'impactes ambientals durant les diferents etapes del cicle de vida de les instal·lacions, com poden ser els relacionats amb la seva fabricació, extracció de materials, manteniment i fi de vida. A això haurien d'agregar-se els impactes associats al sistema auxiliar d'escalfament d'aigua, ja que no es pot garantir la cobertura total de la demanda únicament amb el sistema solar tèrmic.

És per això, que el present projecte pretén avaluar i comparar la contribució ambiental real, durant el cicle de vida complet, de 3 sistemes d'obtenció d'ACS, dos d'ells en base a energia termosolar amb captadors de tubs al buit. Es comparen: escalfador instantani de gas natural, sistema solar de tubs al buit amb suport d'electricitat i sistema solar de tubs al buit amb suport de gas natural.

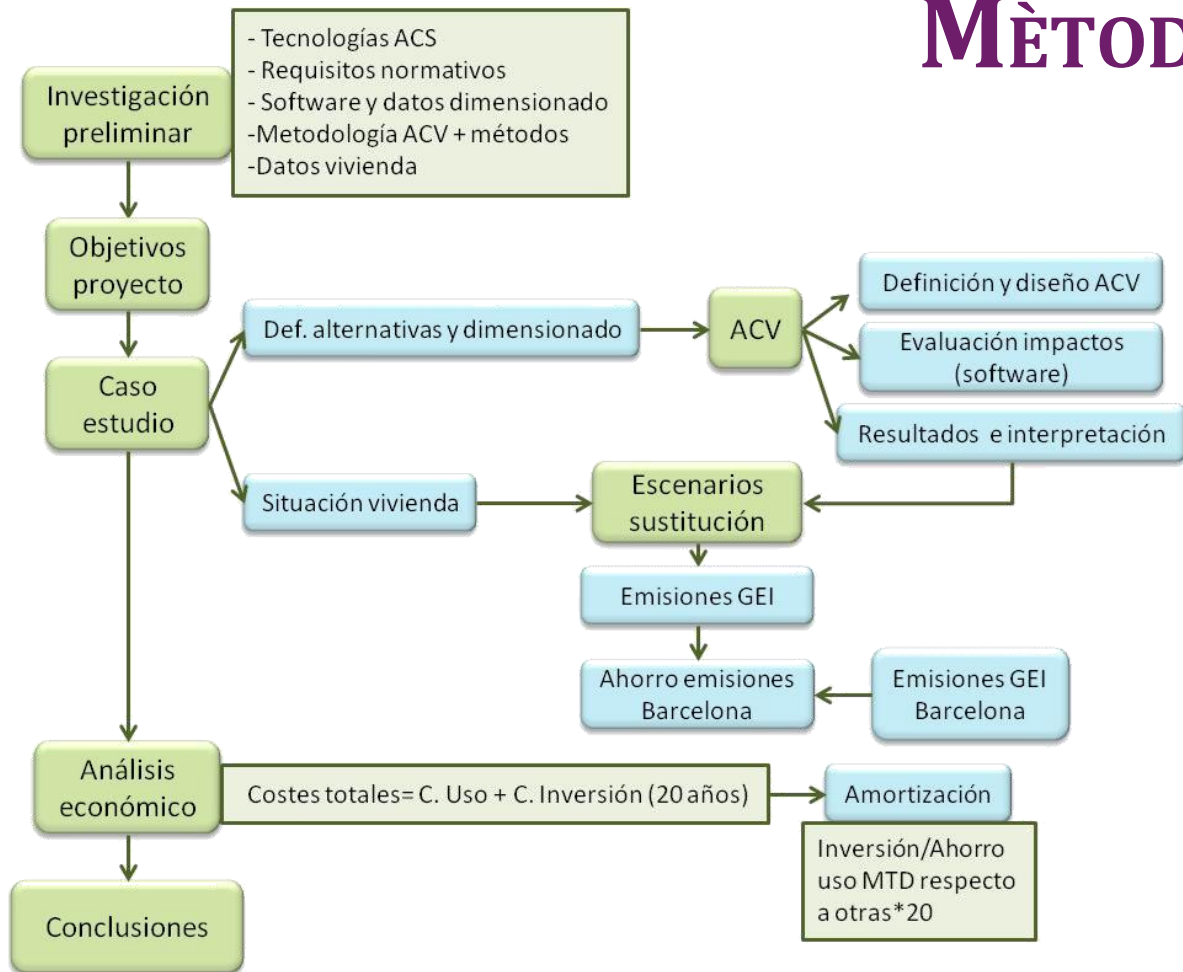
Així, l'objectiu principal del projecte és analitzar i comparar els impactes ambientals de les tres tecnologies d'escalfament d'ACS en una vivenda plurifamiliar de 6 persones ubicada a Barcelona durant el temps de vida útil de les instal·lacions (20 anys). També es pretén conèixer la reducció potencial de consums i emissions a l'AMB, en el supòsit de substitució de tecnologies d'escalfament d'ACS convencionals (escalfador de gas) per la millor alternativa resultant de la comparació d'ACV, així com difondre i comunicar els resultats obtinguts de forma eficient.

¹ Observatori de l'Energia de Barcelona, «L'energia a Barcelona 2013 Balanç de la ciutat i municipal,» 2014.

² IDAE, «Consumos del sector residencial en España,» 2014. [En línia]. Available: http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_documento_c93da537.pdf

³ J. Raigosa, «Desarrollo de una metodología dentro de la fase de ecodiseño en el proceso de fabricación e instalación de placas solares térmicas mediante modelos de análisis ambiental según la metodología ACV. Caso práctico,» Barcelona, 2012.

MÈTODE



En el plantejament del cas d'estudi, es dimensionen les 3 alternatives segons la demanda energètica total anual (kWh) d'ACS d'una persona, resident en un habitatge plurifamiliar de 6 persones ubicat 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 normatius (CTE-HE4 i Ordenança municipal solar tèrmica de Barcelona de 2006).

S'ha realitzat l'avaluació ambiental de les tecnologies seleccionades seguint les etapes estandaritzades d'ACV de la ISO 14040, utilitzant el software SimaPro 8.0 per la programació computacional del cicle de vida de les tres alternatives. La base de dades Ecoinvent V 3.1 s'ha utilitzat en la definició dels components i processos implicats en cada etapa del cicle de vida (dades d'inventari) i s'han fet les modificacions pertinents per adaptar-los al dimensionat del cas d'estudi (límits del sistema). La comparació de resultats i el seu anàlisi individual s'ha realitzat amb els mètodes d'avaluació de l'impacte ambiental ReCiPe Endpoint (H) i IPCC 2013 (GWP 20 anys).

Posteriorment, es plantegen diferents escenaris de substitució del sistema convencional de gas per la millor tecnologia resultant de l'ACV, per tal d'analitzar el potencial estalvi d'emissions. Es consideren objecte d'estudi aquells habitatges, tant de Barcelona com de l'AMB, que son pisos (plurifamiliars) amb accés a gas natural i no connectats a un sistema central d'aigua calenta. A partir de les dades d'habitatge de Barcelona i de l'AMB ^{4 5 6} i dels resultats obtinguts de l'avaluació d'impactes d'ACV

⁴ IDESCAT, «Edificis destinats a habitatges segons les instal·lacions,» Cens 2011. [En línia]. Available: www.amb.cat; www.idescat.cat.

⁵ IDESCAT, «Enquesta de condicions de vida i hàbits de la població de Catalunya,» Cens 2006. [En línia]. Available: www.idescat.cat.

⁶ IDESCAT, «Habitatges familiars principals segons abastament d'aigua corrent i aigua calenta central de l'edifici,» Cens 2001. [En línia].

mitjançant el mètode GWP 20a, s'obtenen les emissions de GEI de cada escenari, en Tm. de CO2 equivalent. A partir de aquí es calcula l'estalvi respecte a l'escenari base i finalment s'estima el percentatge d'estalvi d'emissions de cada escenari respecte les emissions totals de GEI de Barcelona.

L'anàlisi econòmic es planteja de forma simplificada, considerant únicament com a costos totals la suma de costos d'inversió i costos d'ús durant els 20 anys de vida útil. Es calcula el temps de retorn de la inversió (amortització) a partir de l'estalvi associat a l'ús del millor sistema resultant de l'ACV respecte a la tecnologia convencional de gas.

RESULTATS i DISCUSSIÓ

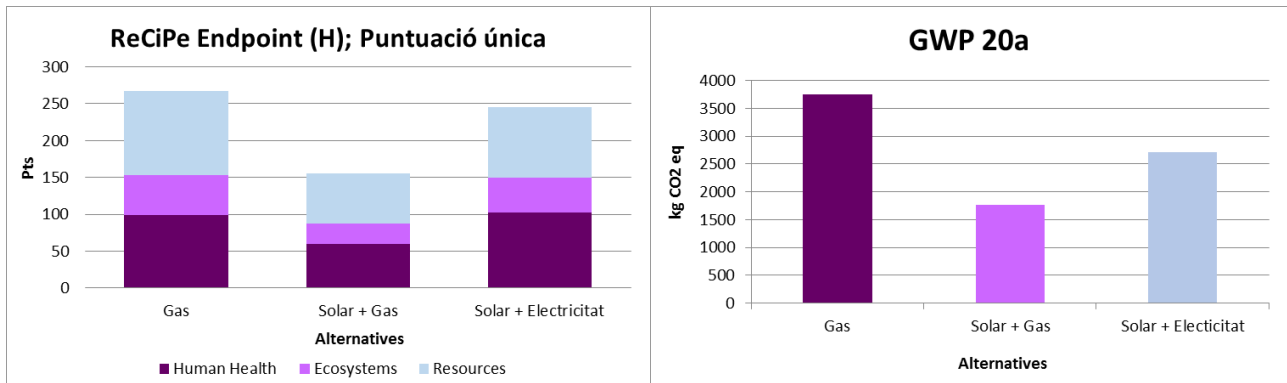
Els resultats s'estructuren en 3 apartats: avaluació d'impactes d'ACV (A), potencial estalvi dels escenaris de substitució (B) i anàlisi econòmic simplificat (C).

A. Avaluació d'impactes d'ACV

La Taula següent mostra un resum de les dades d'inventari que s'han utilitzat per la posterior avaluació d'impactes de cada alternativa.

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

De l'avaluació comparativa dels impactes ambientals de les tres alternatives s'obté que la millor alternativa d'obtenció d'ACS és la solar amb suport de gas natural. Mentre la de majors impactes és la d'escalfador instantani de gas, tant amb el mètode ReCiPe Endpoint (H), a les tres categories d'impacte considerades (salut humana, ecosistemes i recursos), com amb GWP 20a.



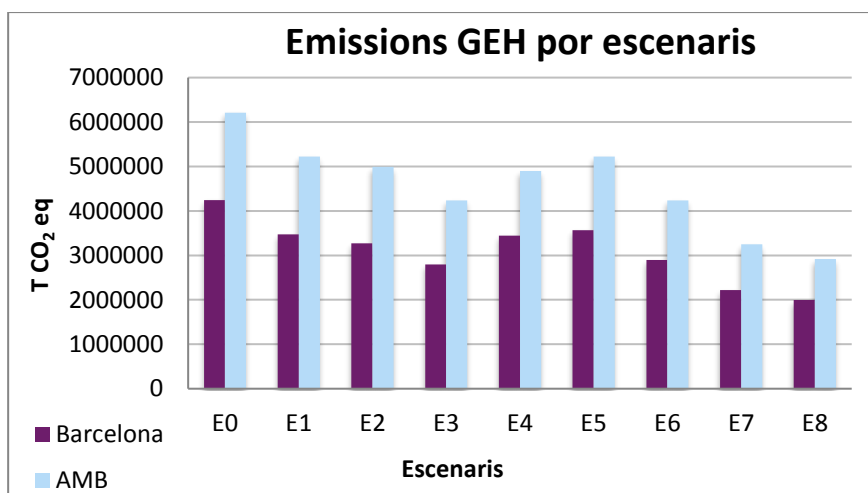
Si s'analitzen els impactes de cada alternativa individualment, s'obté que l'ús és l'etapa més impactant en tots els casos (per l'ús d'energia principalment), i la fabricació cobra pes en els sistemes solars, per la major complexitat dels seus components. L'electricitat com energia de suport genera majors impactes que el gas natural (un 58% superiors).

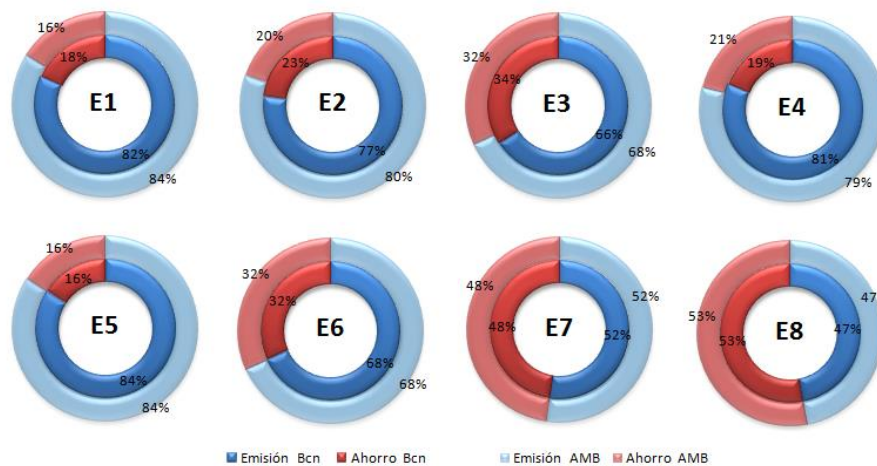
B. Escenaris de substitució

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.

- E 0: No substitució (100% pisos amb gas)
- E 1: subst. pisos 2 persones
- E 2: subst. pisos 1-2 persones
- E 3: subst. pisos 1-3 persones
- E 4: subst. pisos >3 persones
- E 5: subst. 30% pisos
- E 6: subst. 60% pisos
- E 7: subst. 90% pisos
- E 8: subst. 100% pisos

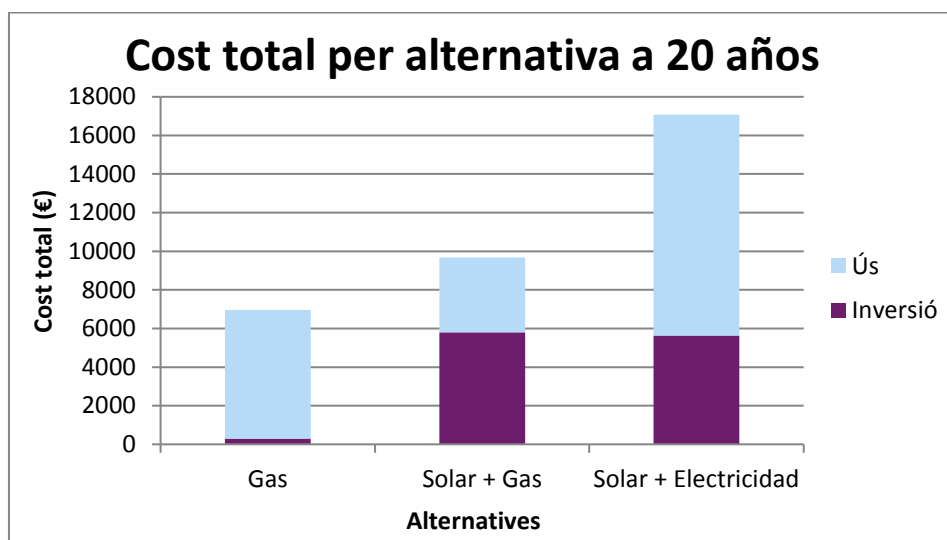
S'obté que l'estalvi potencial d'emissions de GEI, respecte a l'escenari base del 100% de pisos amb escalfador de gas, és de entre el 16% (E 1) i el 53% (E 8). El que suposa estalvis respecte al total d'emissions de GEI a la ciutat de Barcelona (75.425.600 t de CO₂ eq. durant els 20 anys) de l'ordre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





C. Anàlisi econòmic

En relació a l'anàlisi econòmic, mostra que el cost d'inversió dels sistemes solars és molt elevat en relació al sistema de gas. En quant al cost d'ús, és molt superior en l'alternativa que utilitza electricitat, per l'elevat cost d'aquesta en relació al del gas natural. Això resulta en que l'alternativa més econòmica en els 20 anys considerats és la de gas natural, seguida per la solar + gas i finalment, la solar + electricitat és la més costosa en tot el cicle de vida.



Així, l'amortització de la inversió del sistema solar + gas és molt elevada (42 anys), per l'elevat cost d'inversió dels components solars respecte l'escalfador de gas, i al reduït cost del gas natural respecte l'electricitat. Així, la substitució s'haurà d'impulsar des de la conscienciació de la població en relació al tema més que pel factor econòmic. Tot i així, s'espera que l'administració potenciï o financi aquest tipus de mesures i les faci més competitives.

CONCLUSIONS

- S'han plantejat i dimensionat 3 alternatives d'obtenció d'ACS a nivell residencial, pel cas d'estudi d'una vivenda plurifamiliar de la ciutat de Barcelona surant 20 anys. S'han analitzat els impactes durant les etapes de fabricació, ús i fi de vida de les 3 alternatives, de forma comparativa i de forma individual, utilitzant la metodologia d'ACV basada en les etapes estandarditzades de la ISO 14040, amb mètodes ReCiPe Endpoint (H) i GWP 20a.
- L'alternativa solar + gas és la que presenta menors impactes ambientals, mentre l'alternativa de gas té els majors impactes. L'aport solar redueix el consum de les altres energies durant l'ús, el que redueix els seus impactes al cicle de vida complet. En quant a les energies de suport dels sistemes solars, l'electricitat genera majors impactes que el gas natural.
- La fase d'ús és la més impactant (73-98%), sobretot per l'ús d'energia, seguida de la fabricació, i el fi de vida té uns impactes inferiors a l'1% en totes les alternatives. El pes de l'ús es redueix a les alternatives solars, per la major aportació als impactes dels components dels sistemes solars (fabricació) respecte al escalfador instantani de gas, i pel menor impacte de la fase d'ús al utilitzar energia solar.
- A partir dels resultats obtingut de l'ACV, es plantegen escenaris de substitució i s'obté que l'estalvi potencial d'emissions respecte a l'escenari base (100% de pisos amb escalfador de gas) és entre el 16 i el 53%. Si aquests valors es comparen amb el total d'emissions de GEI de la ciutat de Barcelona és de l'ordre del 1 al 3%, segons el percentatge de substitució.
- També es realitza un breu anàlisi econòmic que reflexa que el cost d'inversió dels sistemes solars és molt elevat en relació al sistema de gas. En quant al cost d'ús, és molt superior en l'alternativa que utilitza electricitat, per l'elevat cost d'aquesta respecte al gas natural. Això resulta en que els menors costos totals, durant els 20 anys considerats, són els de l'alternativa de gas, mentre l'alternativa de solar + electricitat és la més costosa en tot el cicle de vida. L'amortització de la inversió és molt elevada, amb lo qual la substitució s'haurà d'impulsar des de la conscienciació de la població respecte a la sostenibilitat més que pel factor econòmic.
- Com etapa de fi de vida únicament s'ha considerat el transport fins al lloc de disposició final, amés del reciclatge de metalls que ve predeterminat (acer i coure). Així, un cop es disposi d'experiències contrastades i major informació, seria interessant avaluar l'impacte considerant processos de reciclatge i/o reutilització d'altres materials. Tot i així, considerant que l'etapa d'ús és la més rellevant, i que el període de vida útil considerat son 20 anys, el més probable és que els processos requerits per la transformació dels materials en el reciclatge no siguin tan rellevants com els propis processos d'extracció de materials i fabricació.

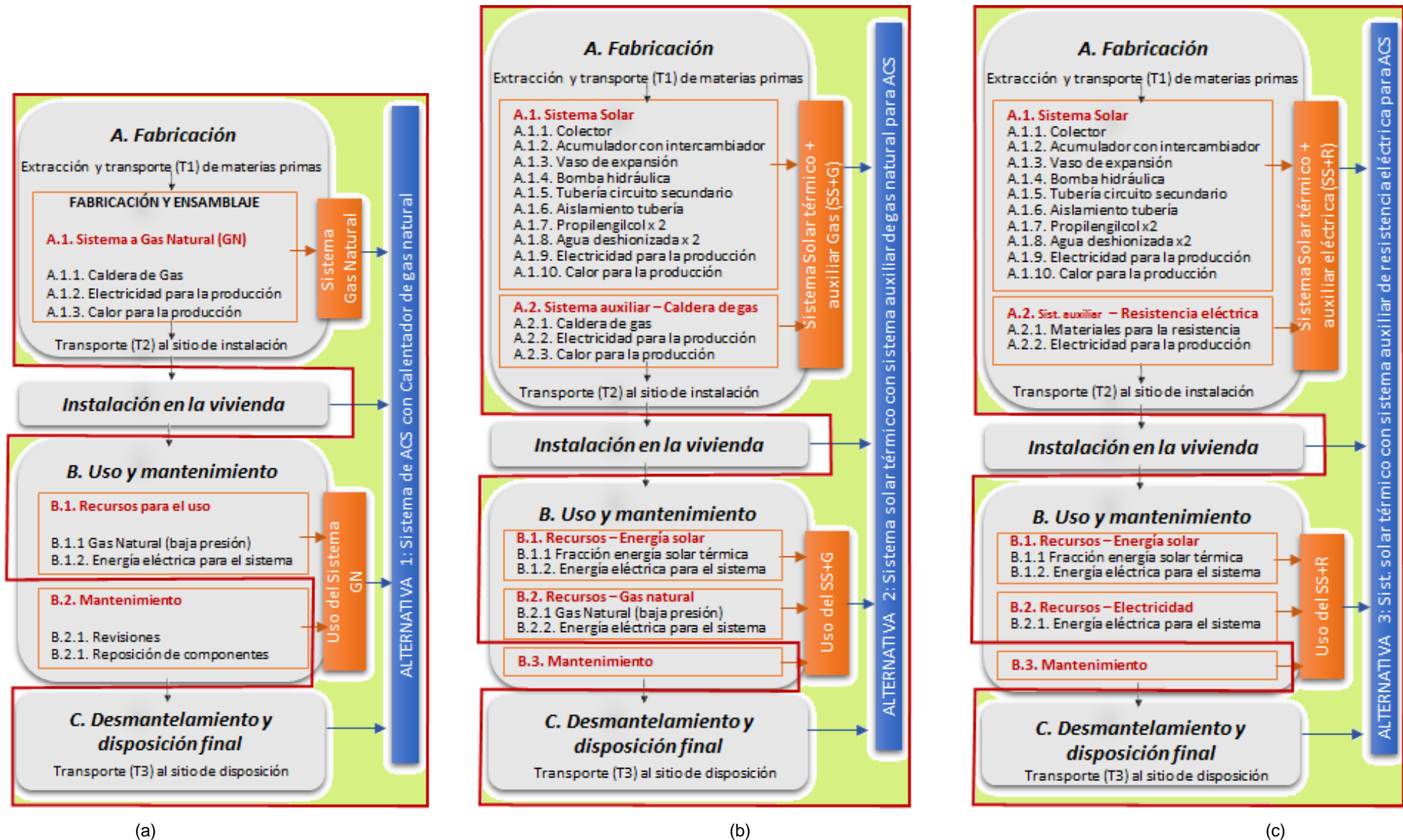


Figura 1. Límites del sistema de las alternativas (a) Alternativa 1: Calentador de gas natural (b) Alternativa 2: Sistema solar térmico con auxiliar calentador de gas (b) Alternativa 3: Sistema solar térmico con auxiliar resistencia eléctrica. (Fuente: elaboración propia)