

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tesisenxarxa.net) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tesisenred.net) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tesisenxarxa.net) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA

TESI DOCTORAL. MEMÒRIA

EFICIÈNCIA I CERTIFICACIÓ ENERGÈTICA D' EDIFICIS RESIDENCIALS

Avaluació del potencial d'estalvi energètic i d'emissions dels edificis residencials a Catalunya segons diferents escenaris normatius.

Definició d'una metodologia de certificació energètica d'edificis residencials, CEPEC, i comparació d'aquesta amb la metodologia oficial CALENER VyP

Autora: Eng. Ind. Núria Garrido Soriano

Tesi presentada per obtenir el títol de Doctora per la Universitat Politècnica de Catalunya
Programa de Doctorat Interdepartamental d'"Enginyeria de Projectes: Medi Ambient,
Seguretat, Qualitat i Comunicació"

Director: Dr. Eng. Ind. Aleksander Ivancic
Co-Director: Dr. Eng. Ind. Ramon Sans

22/07/2010

Agraïments

Després de molts anys de treballar en aquesta tesi, no puc, ni vull oblidar-me de totes aquelles persones que l'han patit, tant o més que jo.

En primer lloc, als meus directors de tesi, el Dr. Eng. Alex Ivancic, per la seva dedicació, la seva orientació i els seus ànims constants durant tots aquests anys. Si he trigat tant no ha estat pas per culpa seva. Sempre disposat a llegir, revisar i fer totes les aportacions que han calgut. També he d'agrair al Dr. Eng. Ramon Sans, l'oportunitat de poder fer la tesi sobre energia i edificis. Sense ell mai hauria conegut a l'Alex i mai hauria tingut l'oportunitat de treballar en aquest àmbit. Als dos, moltes gràcies.

També voldria agrair a totes aquelles persones que m'han ajudat d'una manera o d'una altra en la realització d'aquesta tesi, de tots ells voldria destacar, al Joan Carles Almécija i la Laura Garcia, socis i amics i assessors personals en el tema d'instal·lacions. També als col·laboradors del projecte CEPEC, en especial, al Dr. Eng. Jaume Salom d'Aiguasol, a la Pilar Martorell i a l'Arcadi de Bobes del Col·legi d'Arquitectes, i al Dr. Fabian Lopez de AUS.

Voldria agrair de forma molt especial al Dr. Eng. José Luis Molina de la Universitat de Sevilla, perquè encara que no em coneixia absolutament de res, em va ajudar des del primer moment en tots els dubtes que anaven sortint amb el software LIDER i CALENER. I sobretot, perquè sempre ho va fer amb una cordialitat extrema.

També voldria agrair a l'Elisabet Viladomiu de l'Institut Cerdà i al Josep Codorniu de Gas Natural Soluciones, per donar-me l'oportunitat de col·laborar amb ells en diferents projectes relacionats amb la tesi.

Els meus companys i amics de despatx, la Dolors Àlvarez, la Gemma Molins i el Josep Pla es mereixen un agraïment especial. Si hi ha algú que ha patit aquesta tesi tant com jo, estic segura que han estat ells. Moltes gràcies de tot cor per ajudar-me sempre i en tot.

Voldria agrair especialment a la Dolors, el temps, la paciència, els consells, les idees quan ja no sabia per on continuar, els ànims, les estones parlant de tot i de res, per poder plorar amb ella quan ha calgut i per riure fins arribar a plorar tantes i tantes vegades que no puc ni recordar.

Per últim, voldria dedicar les hores invertides en aquesta tesi a la meva família. Sobretot, a les dues personetes que han esdevingut, des del mateix moment que van néixer el més important, els meus fills, el Marc i el Jordi.

En el temps en el que he estat treballant en aquesta tesi, ells han arribat a la meva vida, omplint-la de tot el que es pot omplir un vida: il·lusió, alegria, felicitat, alguna que altra enrabiada o nit sense dormir però, sobretot, d'amor infinit i incondicional. Tampoc vull oblidar al Santi, el pare de les criatures i el meu company, ell fa que tota la resta tingui sentit. Moltes gràcies als tres per ser el meu refugi.

Resum

L'objectiu principal d'aquesta tesi és aprofundir en la recerca de la millora de l'eficiència energètica dels edificis, basant-se en l'aplicació d'accions constructives que disminueixen la demanda energètica de calefacció i refrigeració, així com en la proposta de certificació energètica d'edificis.

En quant al potencial d'estalvi energètic del sector domèstic a Catalunya, segons diferents escenaris d'eficiència definits en base a les normatives estatal i catalana, es conclou que el millor escenari normatiu és l'escenari on es compleixen les limitacions imposades per la normativa estatal, CTE. Amb aquest escenari s'aconseguiria una reducció d'emissions del 6.4 % respecte les emissions que es produirien al 2015 sense portar a terme cap mesura de rehabilitació en els edificis existents. La inversió global en tot el parc d'edificis de Catalunya seria igual a 3.600 M€ (0.45 €/kg CO₂ estalviat / any considerant un temps de vida útil residual de l'edifici igual a 40 anys). L'estalvi en emissions suposaria un 32,3% de les reduccions previstes en el Pla de l'Energia de Catalunya pel 2015 per al sector domèstic.

El fet que, a Catalunya, coexisteixin dues normatives que han estat definides segons criteris i paràmetres diferents, genera confusió en els professionals que les han d'aplicar. Aquesta confusió pot provocar, en el millor dels casos, una inversió de temps major en la definició correcta de l'edifici. En el pitjor, pot provocar males pràctiques ja sigui, per desconeixement o per desconfiança en el sistema normatiu. Aquesta tesi pretén donar les eines necessàries perquè l'administració sigui capaç d'establir una única normativa d'àmbit català que permeti la construcció d'edificis més eficients, no només des d'un punt de vista energètic, sinó també econòmic. Així doncs, per tal de poder definir un nou escenari més eficient que els normatius existents actualment, s'han determinat quines de les mesures que proposa la normativa estatal i autonòmica, són les més eficients des d'un punt de vista d'estalvi energètic i cost. S'ha definit un indicador d'eficiència, EEC, per tal d'obtenir un ordre de prioritat de les mesures més eficients. Les mesures considerades més eficients són: millora de la U de les finestres i protecció solar estacional, aïllament de coberta, façanes i forjats interiors. Aplicant només aquestes mesures, l'estalvi aconseguit és similar al de l'escenari normatiu CTE però el cost associat és un 30% inferior. Així el temps de retorn de la inversió es redueix fins un 25 % en les tipologies més antigues.

En quant a la qualificació i certificació energètica d'edificis, es presenta una nova metodologia, CEPEC. És una metodologia senzilla, àgil i fiable. Malgrat això, es conclou que aquesta metodologia no compleix amb els requisits de validació que marca el Ministeri, per poder ser considerada alternativa a CALENER VyP. En qualsevol cas, es considera com una bona opció per a la metodologia de qualificació d'edificis existents o per a la metodologia simplificada per edificis nous.

Per últim, s'avalua com varia la qualificació energètica de quatre tipologies d'edificis residencials en funció de paràmetres com, la zona climàtica o el tipus de font energètica. Entre d'altres, es constata la dificultat per a la millora de la qualificació obtinguda actuant sobre els tancaments o els equips, degut als salts entre els intervals de l'escala de qualificació.

La qualificació energètica pot i ha de ser una bona eina per incentivar la construcció d'edificis eficients i la rehabilitació dels existents. CALENER ha suposat un salt qualitatiu molt important en el disseny d'un edifici i de les seves instal·lacions però, també és cert, que l'eina té algunes limitacions i que l'administració hauria de recollir les experiències dels usuaris de CALENER per tal de poder millorar-la i facilitar el desenvolupament de noves metodologies simplifiades i fiables.

Resumen

El objetivo principal de esta tesis es colaborar en la investigación de la mejora de la eficiencia energética de los edificios, basándose en la aplicación de acciones constructivas que disminuyen la demanda energética de calefacción y refrigeración, así como en la propuesta de certificación energética de edificios.

En cuanto al potencial de ahorro energético del sector doméstico en Cataluña, según diferentes escenarios de eficiencia definidos en base a las normativas estatal y catalana, se concluye que el mejor escenario normativo es el escenario donde se cumplen las limitaciones impuestas por la normativa estatal, CTE. Con este escenario se conseguiría una reducción de emisiones del 6.4% respecto de las emisiones que se producirían al 2015 sin llevar a cabo ninguna medida de rehabilitación en los edificios existentes. La inversión global en todo el parque de edificios de Cataluña sería igual en 3.600 M€ (0.45 €/kg CO₂ ahorrado / año considerando un tiempo de vida útil residual del edificio igual a 40 años). El ahorro en emisiones supondría un 32,3% de las reducciones previstas en el Plan de la Energía de Cataluña para el 2015 para el sector doméstico.

El hecho de que, en Cataluña, coexistan dos normativas que han sido definidas según criterios y parámetros diferentes, genera confusión en los profesionales que las tienen que aplicar. Esta confusión puede provocar, en el mejor de los casos, una inversión de tiempo mayor en la definición correcta del edificio. En el peor, puede provocar malas prácticas ya sea, por desconocimiento o por desconfianza en el sistema normativo. Esta tesis pretende dar las herramientas necesarias para que la administración sea capaz de establecer una única normativa de ámbito catalán que permita la construcción de edificios más eficientes, no sólo desde un punto de vista energético, sino también económico. Así pues, con el fin de poder definir un nuevo escenario más eficiente, se han determinado cuáles de las medidas que propone la normativa estatal y autonómica, son las más eficientes desde un punto de vista de ahorro energético y coste. Se ha definido un indicador de eficiencia, EEC, con el fin de obtener un orden de prioridad de las medidas más eficientes. Las medidas consideradas más eficientes son: mejora de la U de las ventanas y protección solar estacional, aislamiento de cubierta, fachadas y forjados interiores. Aplicando sólo estas medidas, el ahorro conseguido es similar al del escenario normativo CTE pero el coste asociado es un 30% inferior. Así el tiempo de retorno de la inversión se reduce hasta un 25% en las tipologías más antiguas.

En cuanto a la calificación y certificación energética de edificios, se presenta una nueva metodología, CEPEC. Es una metodología sencilla, ágil y fiable. A pesar de eso, se concluye que esta metodología no cumple con los requisitos de validación que marca el Ministerio, para poder ser considerada alternativa a CALENER VyP. En cualquier caso, se considera como una buena opción para la metodología de calificación de edificios existentes o para la metodología simplificada por edificios nuevos.

Por último, se evalúa como varía la calificación energética de cuatro tipologías de edificios residenciales en función de parámetros como, la zona climática o el tipo de fuente energética. Entre otros, se constata la dificultad para la mejora de la calificación obtenida actuando sobre los cierres o los equipos, debido a los saltos entre los intervalos de la escala de calificación.

La calificación energética puede y tiene que ser una buena herramienta para incentivar la construcción de edificios eficientes y la rehabilitación de los existentes. CALENER ha supuesto un salto cualitativo muy importante en el diseño de un edificio y de sus instalaciones. Sin embargo, también es cierto, que la herramienta tiene algunas limitaciones y que la administración tendría que recoger las experiencias de los usuarios de CALENER con el fin de poder mejorarla y facilitar el desarrollo de nuevas metodologías simplificadas y fiables.

Abstract

The main goal of this thesis is to collaborate in the research of the improvement of the energetic efficiency of the buildings based in the application of constructive actions that reduce the energetic demand of heating and refrigeration as well as, in the proposal of energetic certification of buildings.

With respect to the potential of energetic saving of the dwellings in Catalonia, according to different scenarios of efficiency that have been defined according to the different regulations at state and autonomic level, is concluded that: the best normative scenario is the one where the limitations imposed by the state regulations are fulfilled, CTE. With this scenario a reduction in emissions of 6.4% would be achieved with respect to the emissions that would be produced to 2015 without carrying out any measure of rehabilitation in the existing buildings. The investment in the entire park of buildings of Catalonia would be in 3.600 M€ (saved 0.45 €/kg CO₂ / year considering a time of useful residual life of the building at 40 years). The saving in emissions would suppose 32,3% of the reductions foreseen in the Plan of the Energy in Catalonia for 2015 for the domestic sector.

The fact that, in Catalonia, two regulations that have been defined according to different criteria and parameters coexist, generates confusion in the professionals who have to apply them. This confusion can provoke, in the best of the cases, an investment of time in the correct definition of the building. In the worst, it can provoke bad practices or, for ignorance or for lack of confidence in the system normative. This thesis intends to give the necessary tools so that the administration is capable of establishing only one regulation of Catalan area that allow the construction of more efficient buildings, not only from an energetic, but also economical point of view. In order to be able to define a new scenario more efficient than the normative ones, EFIC, it has been determined which of the measures that the state and Catalan regulations propose, are the most efficient from a point of view of energetic saving and cost. Because of that, an indicator of efficiency has been defined, EEC in order to obtain an order of priority from the most efficient measures for each normative stage. The more efficient measures are: improvement of the U of the windows and seasonal solar protection (only summer), isolation of cover, façades and floor. Applying only these measures, the achieved saving is similar to the one that can be achieved according to the normative scenario, CTE, but the associated cost is 30% lower. It makes that the payback time of the investment is reduced until 25% in the most ancient typologies.

With respect to the qualification and energetic certification of buildings, a new methodology is presented, CEPEC. It is a simple, agile and reliable methodology. In spite of this, it is concluded that this methodology does not comply with the requirements of validation that marks the Ministry, for being able to be considered alternative to CALENER VyP. In any case, it could be considered like a good option for the methodology of qualification of existing buildings or, even, for the simplified methodology of qualification of residential buildings.

The energetic qualification of four types of residential buildings has been evaluated and how it is modified depending on parameters as the climatic zone or the type of energetic source. With respect to the improvement of the energetic qualification, it has been ascertained that it is quite difficult to improve the qualification operating about the closings or the equipment, due to the jumps among the intervals of the scale of qualification. Important improvements are only achieved with the introduction of renewable energies.

The energetic qualification can and has to be a good tool to encourage the construction of efficient buildings and the rehabilitation of existing ones. CALENER has supposed a very important qualitative jump in the way to bring up the design of a building and of its equipments. However, it is also a certain, that the tool has some limitations and that the administration should pick up the experiences of the users of CALENER in order to be able to improve it and facilitate the development of new simplified and reliable methodologies.

Sumari

I. INTRODUCCIÓ

1	INTRODUCCIÓ	1
1.1	OBJECTIUS	1
1.2	MOTIVACIÓ.....	1
1.3	CONTINGUTS DE LA MEMÒRIA. RESUM DE CAPÍTOLS.....	3

II. MARC GENERAL

2	MARC GENERAL	9
2.1	INTRODUCCIÓ	9
2.2	L'ENERGIA AL MÓN.....	14
2.2.1	<i>Balanç energètic.....</i>	<i>14</i>
2.2.2	<i>Producció d'electricitat.....</i>	<i>16</i>
2.2.3	<i>Consum d'energia final per sectors.....</i>	<i>17</i>
2.3	ENERGIA ALS EDIFICIS	19
2.3.1	<i>Distribució del consum energètic en funció dels usos.....</i>	<i>20</i>
2.3.2	<i>Demanda energètica d'edificis</i>	<i>21</i>
2.3.3	<i>L'ús.....</i>	<i>22</i>
2.3.4	<i>La gestió.....</i>	<i>23</i>
2.4	MARC LEGISLATIU ACTUAL.....	24
2.4.1	<i>Europa</i>	<i>24</i>
2.4.2	<i>Estat Espanyol.....</i>	<i>27</i>
2.4.3	<i>Catalunya.....</i>	<i>30</i>
2.5	CERTIFICACIÓ ENERGÈTICA.....	32
2.5.1	<i>Certificació energètica a Europa.....</i>	<i>32</i>
2.5.2	<i>Certificació Energètica a Espanya.....</i>	<i>33</i>
2.5.3	<i>Experiències a Europa.....</i>	<i>37</i>
2.5.4	<i>Experiències a Espanya.....</i>	<i>44</i>
2.5.5	<i>Experiències al món.....</i>	<i>48</i>
2.6	BARRERES PER MILLORAR L'EFICIÈNCIA ALS EDIFICIS	51

III. EFICIÈNCIA ENERGÈTICA EN EDIFICIS RESIDENCIALS

3	POTENCIAL D'ESTALVI ENERGÈTIC EN ELS EDIFICIS RESIDENCIALS DE CATALUNYA.....	57
3.1	INTRODUCCIÓ	57
3.2	OBJECTIUS	57
3.3	METODOLOGIA	58
3.4	RESULTATS I DISCUSSIÓ	63
3.4.1	<i>Classificació dels habitatges del parc d'habitatges de Catalunya</i>	<i>63</i>
3.4.2	<i>Definició de les tipologies edificatòries.....</i>	<i>64</i>
3.4.3	<i>La demanda energètica del parc d'habitatges de Catalunya</i>	<i>67</i>
3.4.4	<i>El consum energètic en calefacció i refrigeració del parc d'habitatges de Catalunya.....</i>	<i>69</i>
3.4.5	<i>Les emissions de CO₂ associades al consum energètic en calefacció i refrigeració parc d'habitatges de Catalunya.....</i>	<i>71</i>
3.4.6	<i>Escenaris de reducció de la demanda, el consum energètic i les emissions de CO₂.....</i>	<i>73</i>
3.4.7	<i>Impacte econòmic.....</i>	<i>80</i>
3.5	CONCLUSIONS.....	82

4	ESTALVI ENERGÈTIC DE LES MESURES D'EFICIÈNCIA EN L'EDIFICACIÓ	83
4.1	INTRODUCCIÓ	83
4.2	OBJECTIUS	83
4.3	METODOLOGIA	84
4.4	RESULTATS I DISCUSSIÓ	86
4.4.1	<i>Escenari CTE</i>	86
4.4.2	<i>Escenari DEC</i>	98
4.4.3	<i>Escenari EFIC</i>	107
4.4.4	<i>Comparació d'escenaris CTE, DEC i EFIC</i>	117
4.4.5	<i>Potencial tècnic d'estalvi per l'escenari EFIC</i>	119
4.4.6	<i>Estalvi segons escenari EFIC considerant 50.000 habitatges nous per any i un percentatge de rehabilitació del 2% anual fins al 2015</i>	120
4.4.7	<i>Impacte econòmic tenint en compte tot el parc d'habitatges</i>	122
4.5	CONCLUSIONS.....	123

IV. CERTIFICACIÓ ENERGÈTICA D'EDIFICIS RESIDENCIALS

5	METODOLOGIA DE CERTIFICACIÓ ENERGÈTICA CEPEC. CÀLCUL DE LA DEMANDA	133
5.1	INTRODUCCIÓ	133
5.2	OBJECTIU	133
5.3	METODOLOGIA	134
5.3.1	<i>Valoració qualitativa</i>	135
5.3.2	<i>Valoració fiabilitat dels resultats</i>	139
5.4	RESULTATS I DISCUSSIÓ	142
5.4.1	<i>Valoració qualitativa</i>	142
5.4.2	<i>Valoració de la fiabilitat dels resultats</i>	143
5.5	CONCLUSIONS.....	147
6	PROVES DE CONSISTÈNCIA I SENSIBILITAT DAVANT SIMPLIFICACIONS.....	149
6.1	OBJECTIU	149
6.2	METODOLOGIA	149
6.2.1	<i>Dades de l'edifici objecte d'estudi</i>	149
6.2.2	<i>Definició de casos</i>	150
6.3	RESULTATS I DISCUSSIÓ	151
6.3.1	<i>Casos 1, 2, 3</i>	151
6.3.2	<i>Cas 4</i>	153
6.3.3	<i>Casos 5, 6 i 7</i>	155
6.4	CONCLUSIONS.....	157
7	PROVES DE L'EINA PROTOTIP CEPEC.	159
7.1	OBJECTIU	159
7.2	METODOLOGIA	159
7.2.1	<i>Metodologia CEPEC</i>	161
7.3	RESULTATS I DISCUSSIÓ	164
7.3.1	<i>Interpretació de la documentació de l'edifici. Etapa A</i>	164
7.3.2	<i>Introducció a LIDER de l'edifici objecte. Etapa B</i>	166
7.3.3	<i>Simulació amb LIDER. Etapa C</i>	167
7.3.4	<i>Introducció CEPEC + revisió de documentació. Etapa D</i>	167
7.3.5	<i>Resultats CEPEC</i>	169
7.4	CONCLUSIONS.....	179
8	COMPARACIÓ EINES CEPEC I CALENER VYP.	181
8.1	OBJECTIU	181
8.2	METODOLOGIA	181
8.2.1	<i>Definició edificis</i>	181

8.2.2	<i>Definició d'escenaris</i>	183
8.3	RESULTATS I ANÀLISIS.	184
8.3.1	<i>Edifici unifamiliar</i>	185
8.3.2	<i>Edifici 15 habitatges. Piera</i>	186
8.3.3	<i>Edifici 44 habitatges. Sancho d'Avila</i>	187
8.3.4	<i>Edifici 77 habitatges. Vilanova</i>	188
8.4	CONCLUSIONS.....	189
9	AVALUACIÓ DE LA QUALIFICACIÓ ENERGÈTICA	193
9.1	OBJECTIU	193
9.2	METODOLOGIA	194
9.3	RESULTATS I ANÀLISIS.	197
9.3.1	<i>Edifici unifamiliar</i>	197
9.3.2	<i>Edifici 15 habitatges</i>	200
9.3.3	<i>Edifici 44 habitatges.</i>	203
9.3.4	<i>Edifici 77 habitatges</i>	206
9.3.5	<i>Variacions sobre escenaris 1 i 5 de l'edifici de 44 habitatges</i>	209
9.3.6	<i>Anàlisi econòmic</i>	215
9.4	CONCLUSIONS.....	225
9.4.1	<i>Escenaris CALENER VyP</i>	225
9.4.2	<i>Variacions sobre escenaris 1 i 5 de l'edifici de 44 habitatges</i>	230
9.4.3	<i>Anàlisi econòmic</i>	231

V. CONCLUSIONS I BIBLIOGRAFIA

10	CONCLUSIONS	237
10.1	OBJECTIU 1	237
10.2	OBJECTIU 2	239
10.3	OBJECTIU 3	242
10.4	OBJECTIU 4	245
10.5	CONCLUSIÓ GENERAL	248
10.6	FUTURES LÍNIES DE RECERCA	249
11	BIBLIOGRAFIA	250
11.1	BIBLIOGRAFIA REFERENCIADA AL TEXT	250
11.2	PUBLICACIONS I REPORTS DE RECERCA.....	254

Llistat de figures

FIGURA 2.1-1 A) EMISSIONS ANUALS MUNDIALS DE GEH D'ORIGEN ANTRÒPIC ENTRE 1970 I 2004. B) PERCENTATGE DELS DIFERENTS GEH ANTROPOGÈNICS RESPECTE LES EMISSIONS TOTALES EL 2004, EN TERMES D'EQUIVALENTS DE CO ₂ . C) PERCENTATGE DE DIFERENTS SECTORS EN EL TOTAL D'EMISSIONS DE GEH ANTROPOGÈNICS EL 2004 EN TERMES D'EQUIVALENTS DE CO ₂ . (AL SECTOR DE LA SILVICULTURA S'HI INCLOU LA DESFORESTACIÓ). FONT: 4RT INFORME D' AVALUACIÓ DE L'IPCC.(IPCC, 2007)	10
FIGURA 2.2-1 EVOLUCIÓ MUNDIAL DE SUBMINISTRAMENT D'ENERGIA PRIMÀRIA I DEL CONSUM D'ENERGIA FINAL. (MTEP) ** (OTHER: INCLOU GEOTÈRMICA, SOLAR, EÒLICA, ETC. FONT: IEA 2009)	15
FIGURA 2.2-2 EVOLUCIÓ DEL REPARTIMENT PER REGIONS DEL SUBMINISTRAMENT D'ENERGIA PRIMÀRIA I DEL CONSUM D'ENERGIA FINAL (MTEP)(* ASIA: EXCLOENT XINA; ** BUNKERS: VOLS INTERNACIONALS...) FONT: IEA 2009	15
FIGURA 2.2-3 EVOLUCIÓ DE SUBMINISTRAMENT D'ENERGIA PRIMÀRIA I DEL CONSUM D'ENERGIA FINAL DE LES REGIONS DE LA OCDE PER COMBUSTIBLE (MTEP) ** (OTHER: INCLOU GEOTÈRMICA, SOLAR, EÒLICA, ETC. FONT: IEA 2009) FONT: IEA.....	16
FIGURA 2.2-4 EVOLUCIÓ DE LA PRODUCCIÓ ELÈCTRICA MUNDIAL PER COMBUSTIBLES. (TWH) ** (OTHER: INCLOU GEOTÈRMICA, SOLAR, EÒLICA, ETC. FONT: IEA 2009) FONT: IEA 2009	16
FIGURA 2.2-5 EVOLUCIÓ DE LA PRODUCCIÓ ELÈCTRICA MUNDIAL PER REGIONS. (MTEP) (** ASIA: EXCLOENT XINA) FONT: IEA 2009.....	17
FIGURA 2.2-6 EVOLUCIÓ DEL CONSUM D'ENERGIA FINAL A EUROPA 27 PER SECTORS. FONT: EUROSTAT, 2009. ELABORACIÓ PRÒPIA	17
FIGURA 2.2-7 EVOLUCIÓ DEL CONSUM D'ENERGIA FINAL A ESPANYA PER SECTORS. FONT: EUROSTAT, 2009. ELABORACIÓ PRÒPIA	18
FIGURA 2.2-8 EVOLUCIÓ DEL CONSUM D'ENERGIA FINAL A CATALUNYA PER SECTORS. FONT: ICAEN. ELABORACIÓ PRÒPIA. 18	
FIGURA 2.3-1 DISTRIBUCIÓ CONSUM ENERGÈTIC EN UN HABITATGE. FONT: (IDAE, 2010)	20
FIGURA 2.4-1 REQUISITS DE DEMANDA ENERGÈTICA (CTE).....	28
FIGURA 2.4-2 REQUISITS BÀSICS D'ESTALVI D'ENERGIA SEGONS CTE.....	29
FIGURA 2.5-1 PROCÉS DE CERTIFICACIÓ	35
FIGURA 2.5-2 ETIQUETES DE CERTIFICACIÓ ENERGÈTICA PER HABITATGES, MITJÀ I GRAN TERCARI.....	36
FIGURA 2.5-3 ETIQUETA ENERGÈTICA DANESA PER A GRANS EDIFICIS. FONT (LAUSTSEN J., 2003)	39
FIGURA 2.5-4 ETIQUETA ENERGÈTICA DANESA PER A PETITS EDIFICIS. FONT (LAUSTSEN J., 2003).....	40
FIGURA 2.5-5 COMPARACIÓ DEL NIVELL DE CONSUM D'ENERGIA PRIMÀRIA PEL CERTIFICAT "PASSIV HAUS" PER A DIFERENTS NORMATIVES VIGENTS A ALEMANYA I PER L'ESTAT ACTUAL. FONT: WWW.PASSIV.DE.....	41
FIGURA 2.5-6 ETIQUETA ENERGÈTICA ANGLESA. FONT (MÍGUEZ J.L., 2006).....	42
FIGURA 2.5-7 PANTALLA DE RESULTATS DEL SOFTWARE EPA-ED. FONT: (POEL, VAN CRUCHTEN, & BALARAS, 2007).....	43
FIGURA 2.5-8 ESQUEMA DE LA METODOLOGIA DE CERTIFICACIÓ CEPEC	45
FIGURA 2.5-9 ESQUEMA DEL PROCEDIMENT PER A L'OBTENCIÓ DEL IEE GLOBAL. METODOLOGIA Ce2	46
FIGURA 2.5-10 ETIQUETA LEED. FONT: HTTP://WWW.USGBC.ORG	48
FIGURA 2.5-11. ETIQUETA ENERGY STAR. FONT: WWW.ENERGYSTAR.GOV.....	49
FIGURA 2.5-12 HISTOGRAMA D'INTENSITAT ENERGÈTICA. MÈTODE CAL-ARCH. FONT: HTTP://POET.LBL.GOV/CAL-ARCH/BENCHMARK.HTML.....	49
FIGURA 2.5-13. ETIQUETA NABERS. HTTP://WWW.NABERS.COM.AU.....	50
FIGURA 3.3-1 MAPA DE LA DISTRIBUCIÓ DE CATALUNYA POR ZONES CLIMÀTIQUES. FONT: INSTITUT CERDÀ	59
FIGURA 3.3-2 EVOLUCIÓ DEL NÚMERO D'HABITATGES CONSTRUÏTS (ACABATS) I DE LA TAXA DE VARIACIÓ INTERANUAL. FONT: (IDESCAT, 2010). ELABORACIÓ PRÒPIA.....	61
FIGURA 3.3-3 EVOLUCIÓ DELS SUBSECTORS EN EL MERCAT ESPANYOL ÍNDEX DE PRODUCCIÓ A PREUS CONSTANTS, BASE 2005=100. FONT ITEC.....	61
FIGURA 3.4-1 DISTRIBUCIÓ DE LES TIPOLOGIES EDIFICATÒRIES AL PARC D'HABITATGES DE CATALUNYA.....	64
FIGURA 3.4-2 DEMANDA DE CALEFACCIÓ I REFRIGERACIÓ GLOBAL PER A CADA ESCENARI.	75
FIGURA 3.4-3 DEMANDA DE CALEFACCIÓ I REFRIGERACIÓ GLOBAL PER A CADA ESCENARI. 2% DE REHABILITACIONS PER ANY I 50.000 HABITATGES NOUS PER ANY.....	77
FIGURA 3.4-4 INVERSIÓ PER HABITATGE SEGONS TIPOLOGIA I ESCENARI NORMATIU.	80
FIGURA 4.4-1 PERCENTATGE DE REDUCCIÓ DE LA DEMANDA DE CALEFACCIÓ PER TIPOLOGIES, I MESURES. MITJA PONDERADA SEGONS EL NÚMERO D'HABITATGES PER ZONA CLIMÀTICA. ESCENARI CTE.	86
FIGURA 4.4-2 ENERGIA ESTALVIADA EN LA DEMANDA DE CALEFACCIÓ PER TIPOLOGIES, I MESURES. MITJA PONDERADA SEGONS EL NÚMERO D'HABITATGES PER ZONA CLIMÀTICA. ESCENARI CTE.	87
FIGURA 4.4-3 PERCENTATGE DE REDUCCIÓ DE LA DEMANDA DE REFRIGERACIÓ PER TIPOLOGIES, I MESURES. MITJA	

PONDERADA SEGONS EL NÚMERO D'HABITATGES PER ZONA CLIMÀTICA. ESCENARI CTE.	88
FIGURA 4.4-4 ENERGIA ESTALVIADA EN LA DEMANDA DE REFRIGERACIÓ PER TIPOLOGIES, I MESURES. MITJA PONDERADA SEGONS EL NÚMERO D'HABITATGES PER ZONA CLIMÀTICA. ESCENARI CTE.	89
FIGURA 4.4-5 PERCENTATGE DE REDUCCIÓ DE LA DEMANDA GLOBAL PER TIPOLOGIES, I MESURES. MITJA PONDERADA SEGONS EL NÚMERO D'HABITATGES PER ZONA CLIMÀTICA. ESCENARI CTE.	89
FIGURA 4.4-6 ENERGIA ESTALVIADA EN LA DEMANDA GLOBAL PER TIPOLOGIES, I MESURES. MITJA PONDERADA SEGONS EL NÚMERO D'HABITATGES PER ZONA CLIMÀTICA. ESCENARI CTE.	90
FIGURA 4.4-7 INVERSIÓ PER HABITATGE PER A CADA TIPOLOGIA D'EDIFICI. MITJA PONDERADA EN FUNCIÓ DEL NÚMERO D'HABITATGES PER ZONA CLIMÀTICA. ESCENARI CTE.	91
FIGURA 4.4-8 INVERSIÓ PER HABITATGE AGRUPATS PER TIPOLOGIA D'EDIFICI SIMILARS. MITJA PONDERADA EN FUNCIÓ DEL NÚMERO D'HABITATGES PER ZONA CLIMÀTICA. ESCENARI CTE.	92
FIGURA 4.4-9 INDICADOR EEC NORMALITZAT PER CADA MESURA I TIPOLOGIA EDIFICI. MITJA PONDERADA SEGONS NÚMERO D'HABITATGES PER ZONA CLIMÀTICA. ESCENARI CTE.	93
FIGURA 4.4-10 TEMPS (ANYS) EN EL QUE TIR (TAXA INTERNA DE RETORN) ÉS IGUAL A 0. ESCENARI CTE.	96
FIGURA 4.4-11 PERCENTATGE DE REDUCCIÓ DE LA DEMANDA DE CALEFACCIÓ PER TIPOLOGIES, I MESURES. MITJA PONDERADA SEGONS EL NÚMERO D'HABITATGES PER ZONA CLIMÀTICA. ESCENARI DEC.	98
FIGURA 4.4-12 ENERGIA ESTALVI EN LA DEMANDA DE CALEFACCIÓ PER TIPOLOGIES, I MESURES. MITJA PONDERADA SEGONS EL NÚMERO D'HABITATGES PER ZONA CLIMÀTICA. ESCENARI DEC.	99
FIGURA 4.4-13 PERCENTATGE DE REDUCCIÓ DE LA DEMANDA DE REFRIGERACIÓ PER TIPOLOGIES, I MESURES. MITJA PONDERADA SEGONS EL NÚMERO D'HABITATGES PER ZONA CLIMÀTICA. ESCENARI DEC.	100
FIGURA 4.4-14 ENERGIA ESTALVI EN LA DEMANDA DE REFRIGERACIÓ PER TIPOLOGIES, I MESURES. MITJA PONDERADA SEGONS EL NÚMERO D'HABITATGES PER ZONA CLIMÀTICA. ESCENARI DEC.	100
FIGURA 4.4-15 PERCENTATGE DE REDUCCIÓ DE LA DEMANDA GLOBAL PER TIPOLOGIES, I MESURES. MITJA PONDERADA SEGONS EL NÚMERO D'HABITATGES PER ZONA CLIMÀTICA. ESCENARI DEC.	101
FIGURA 4.4-16 EEC PER A CADA MESURA I TIPOLOGIA. MITJA PONDERADA SEGONS EL NÚMERO D'HABITATGES PER ZONA CLIMÀTICA. ESCENARI DEC.	102
FIGURA 4.4-17 INVERSIÓ PER HABITATGE PER A CADA TIPOLOGIA D'EDIFICI. MITJA PONDERADA EN FUNCIÓ DEL NÚMERO D'HABITATGES PER ZONA CLIMÀTICA. ESCENARI DEC.	102
FIGURA 4.4-18 INVERSIÓ PER HABITATGE AGRUPATS PER TIPOLOGIA D'EDIFICI SIMILARS. MITJA PONDERADA EN FUNCIÓ DEL NÚMERO D'HABITATGES PER ZONA CLIMÀTICA. ESCENARI DEC.	103
FIGURA 4.4-19 INDICADOR EEC NORMALITZAT PER CADA MESURA I TIPOLOGIA EDIFICI. MITJA PONDERADA SEGONS NÚMERO D'HABITATGES PER ZONA CLIMÀTICA. ESCENARI DEC.	103
FIGURA 4.4-20 TEMPS (ANYS) EN EL QUE TIR (TAXA INTERNA DE RETORN) ES IGUAL A 0. ESCENARI DEC.	105
FIGURA 4.4-21 PERCENTATGE DE REDUCCIÓ DE LA DEMANDA DE CALEFACCIÓ PER TIPOLOGIES, I MESURES. MITJA PONDERADA SEGONS EL NÚMERO D'HABITATGES PER ZONA CLIMÀTICA. ESCENARI EFIC.	108
FIGURA 4.4-22 ENERGIA ESTALVI EN LA DEMANDA DE CALEFACCIÓ PER TIPOLOGIES, I MESURES. MITJA PONDERADA SEGONS EL NÚMERO D'HABITATGES PER ZONA CLIMÀTICA. ESCENARI EFIC.	109
FIGURA 4.4-23 PERCENTATGE DE REDUCCIÓ DE LA DEMANDA DE REFRIGERACIÓ PER TIPOLOGIES, I MESURES. MITJA PONDERADA SEGONS EL NÚMERO D'HABITATGES PER ZONA CLIMÀTICA. ESCENARI CTE.	109
FIGURA 4.4-24 ENERGIA ESTALVI EN LA DEMANDA DE REFRIGERACIÓ PER TIPOLOGIES, I MESURES. MITJA PONDERADA SEGONS EL NÚMERO D'HABITATGES PER ZONA CLIMÀTICA. ESCENARI EFIC.	110
FIGURA 4.4-25 PERCENTATGE DE REDUCCIÓ DE LA DEMANDA GLOBAL PER TIPOLOGIES, I MESURES. MITJA PONDERADA SEGONS EL NÚMERO D'HABITATGES PER ZONA CLIMÀTICA. ESCENARI EFIC.	111
FIGURA 4.4-26 EEC PER A CADA MESURA I TIPOLOGIA. MITJA PONDERADA SEGONS EL NÚMERO D'HABITATGES PER ZONA CLIMÀTICA. ESCENARI EFIC.	112
FIGURA 4.4-27 INVERSIÓ PER HABITATGE PER A CADA TIPOLOGIA D'EDIFICI. MITJA PONDERADA EN FUNCIÓ DEL NÚMERO D'HABITATGES PER ZONA CLIMÀTICA. ESCENARI EFIC.	112
FIGURA 4.4-28 INVERSIÓ PER HABITATGE AGRUPATS PER TIPOLOGIA D'EDIFICI SIMILARS. MITJA PONDERADA EN FUNCIÓ DEL NÚMERO D'HABITATGES PER ZONA CLIMÀTICA. ESCENARI EFIC.	113
FIGURA 4.4-29 INDICADOR EEC NORMALITZAT PER CADA MESURA I TIPOLOGIA EDIFICI. MITJA PONDERADA SEGONS NÚMERO D'HABITATGES PER ZONA CLIMÀTICA. ESCENARI EFIC.	113
FIGURA 4.4-30 TEMPS (ANYS) EN EL QUE TIR (TAXA INTERNA DE RETORN) ÉS IGUAL A 0. ESCENARI EFIC.	115
FIGURA 4.4-31 ESTALVI GLOBAL PER TIPOLOGIA, PER A CADA MESURA I ESCENARI.	117
FIGURA 4.4-32 INVERSIÓ PER HABITATGE, PER TIPOLOGIA I PER A CADA MESURA I ESCENARI.	117
FIGURA 4.4-33 TEMPS DE RETORN DE LA INVERSIÓ, PER TIPOLOGIA I PER A CADA MESURA I ESCENARI.	118
FIGURA 4.4-34 DEMANDA DE CALEFACCIÓ I REFRIGERACIÓ GLOBAL PER A CADA ESCENARI. ANY 2005.	119
FIGURA 4.4-35 DEMANDA DE CALEFACCIÓ I REFRIGERACIÓ GLOBAL PER A CADA ESCENARI. 2% DE REHABILITACIONS PER ANY I	

50.000 HABITATGES NOUS PER ANY.....	120
FIGURA 5.3-1 GEOMETRIA BÀSICA DELS CASOS SEGONS METODOLOGIA BESTEST	140
FIGURA 5.4-1. RESULTATS OBTINGUTS PELS SOFTWARES LIDER, TRNSYS I CODYBA PELS CASOS DE LA SÈRIE 600 DE BAIXA INÈRCIA.	143
FIGURA 5.4-2. RESULTATS OBTINGUTS PELS SOFTWARES LIDER, TRNSYS I CODYBA PELS CASOS DE LA SÈRIE 900 D'ALTA INÈRCIA.	144
FIGURA 5.4-3. EDIFICI RESIDENCIAL I D'OFICINES.	144
FIGURA 5.4-4. DEMANDA DE REFRIGERACIÓ I CALEFACCIÓ PER L'EDIFICI HABITATGE.....	145
FIGURA 5.4-5. DEMANDA DE REFRIGERACIÓ I CALEFACCIÓ PER L'EDIFICI OFICINES.....	145
FIGURA 5.4-6. DEMANDA DE REFRIGERACIÓ I CALEFACCIÓ PER L'EDIFICI OFICINES SEGONS ELS SOFTWARES ESTUDIATS PELS MEMBRES DEL FORO.....	146
FIGURA 6.2-1 IMATGE DE L'EDIFICI OBJECTE D'ESTUDI.....	150
FIGURA 6.3-1 COMPARACIÓ DE RESULTATS DE LA DEMANDA DE CALEFACCIÓ I REFRIGERACIÓ. CASOS 1, 2, 3 I 5.....	151
FIGURA 6.3-2 DESVIACIONS EN % DELS RESULTATS OBTINGUTS PELS CASOS 1, 2 I 3 RESPECTE EL CAS 9 (OPCIÓ DETALLADA)	152
FIGURA 6.3-3 DEMANDA CALEFACCIÓ – REFRIGERACIÓ EN FUNCIÓ DE INTRODUCCIÓ DE L'ENCAIX A FINESTRES.	153
FIGURA 6.3-4 DESVIACIONS EN % DELS RESULTATS OBTINGUTS PER CAS 4 RESPECTE EL CAS 3	154
FIGURA 6.3-5 DEMANDA CALEFACCIÓ – REFRIGERACIÓ EN FUNCIÓ DE LA COMPOSICIÓ DELS ENVANS INTERIORS. TUCUMAN	155
FIGURA 6.3-6 DESVIACIONS EN % DELS RESULTATS OBTINGUTS PER CADA CAS RESPECTE EL CAS 5.....	156
FIGURA 7.2-1 ESQUEMA DE LA METODOLOGIA CEPEC	161
FIGURA 7.2-2 INTERFÍCIE GRÀFICA METODOLOGIA CEPEC.....	163
FIGURA 7.3-1 REPRESENTACIÓ GRÀFICA DE L'EDIFICI SANCHO D'AVILA. IMATGE OBTINGUDA AMB LIDER.....	169
FIGURA 7.3-2 COMPARACIÓ CONSUM ENERGIA PRIMÀRIA I EMISSIONS DE CO ₂ DE L'EDIFICI OBJECTE I DE REFERÈNCIA	170
FIGURA 7.3-3 REPRESENTACIÓ GRÀFICA DE L'EDIFICI TUCUMAN. IMATGE OBTINGUDA AMB LIDER	171
FIGURA 7.3-4 COMPARACIÓ CONSUM ENERGIA PRIMÀRIA I EMISSIONS DE CO ₂ DE L'EDIFICI OBJECTE I DE REFERÈNCIA	172
FIGURA 7.3-5 REPRESENTACIÓ GRÀFICA DE L'EDIFICI VILANOVA. IMATGE OBTINGUDA AMB LIDER.....	173
FIGURA 7.3-6 COMPARACIÓ CONSUM ENERGIA PRIMÀRIA I EMISSIONS DE CO ₂ DE L'EDIFICI OBJECTE I DE REFERÈNCIA	174
FIGURA 7.3-7 REPRESENTACIÓ GRÀFICA DE L'EDIFICI PIERA. IMATGE OBTINGUDA AMB LIDER.....	176
FIGURA 7.3-8 COMPARACIÓ CONSUM ENERGIA PRIMÀRIA I EMISSIONS DE CO ₂ DE L'EDIFICI OBJECTE I DE REFERÈNCIA	176
FIGURA 8.2-1 EDIFICIO UNIFAMILIAR.....	182
FIGURA 8.2-2 EDIFICI 15 HABITATGES. PIERA.....	182
FIGURA 8.2-3 EDIFICIO 44 HABITATGES. SANCHO D'AVILA	182
FIGURA 8.2-4 EDIFICIO 77 HABITATGES. VILANOVA.....	182
FIGURA 8.2-5 ZONES CLIMÀTIQUES SEGONS DB-HE4. FONT DB-HE4 - CTE	184
FIGURA 8.3-1 EDIFICI UNIFAMILIAR. A) EMISSIONS DE KG CO ₂ /M ² ANY SEGONS METODOLOGIES CEPEC I CALENER; B) DESVIACIONS EN % DE LES EMISSIONS SEGONS CEPEC RESPECTE A CALENER VYP	185
FIGURA 8.3-2 EDIFICI 15 HABITATGES. A) EMISSIONS DE KG CO ₂ /M ² ANY SEGONS METODOLOGIES CEPEC I CALENER; B) DESVIACIONS EN % DE LES EMISSIONS SEGONS CEPEC RESPECTE A CALENER VYP	186
FIGURA 8.3-3 EDIFICI 44 HABITATGES. DESVIACIÓ EN % DE LES EMISSIONS DE CO ₂ /M ² ANY SEGONS METODOLOGIES CEPEC I CALENER VYP.....	187
FIGURA 8.3-4 EDIFICI 77 HABITATGES. DESVIACIÓ EN % DE LES EMISSIONS DE CO ₂ /M ² ANY SEGONS METODOLOGIES CEPEC I CALENER VYP.....	188
FIGURA 9.2-1 EDIFICIO UNIFAMILIAR	194
FIGURA 9.2-2 EDIFICI 15 HABITATGES. PIERA.....	194
FIGURA 9.2-3 EDIFICIO 44 HABITATGES. SANCHO D'AVILA	194
FIGURA 9.2-4 EDIFICIO 77 HABITATGES. VILANOVA.....	194
FIGURA 9.3-1 EMISSIONS KG CO ₂ /M ² ANUALS SEGONS ZONA CLIMÀTICA I ESCENARI. EDIFICI UNIFAMILIAR	197
FIGURA 9.3-2 ETIQUETA ENERGÈTICA EDIFICI UNIFAMILIAR. ESCENARI 1.	198
FIGURA 9.3-3 ETIQUETA ENERGÈTICA EDIFICI UNIFAMILIAR. ESCENARI 3.	199
FIGURA 9.3-4 EMISSIONS KG CO ₂ /M ² ANUALS SEGONS ZONA CLIMÀTICA I ESCENARI. EDIFICI 15 HABITATGES	200
FIGURA 9.3-5 ETIQUETA ENERGÈTICA EDIFICI 15 HABITATGES. ESCENARI 1.....	201
FIGURA 9.3-6 ETIQUETA ENERGÈTICA EDIFICI 15 HABITATGES. ESCENARI 3.....	202
FIGURA 9.3-7 EMISSIONS KG CO ₂ /M ² ANUALS SEGONS ZONA CLIMÀTICA I ESCENARI. EDIFICI 44 HABITATGES.....	203
FIGURA 9.3-8 ETIQUETA ENERGÈTICA EDIFICI 44 HABITATGES. ESCENARI 1.....	205
FIGURA 9.3-9 ETIQUETA ENERGÈTICA EDIFICI 44 HABITATGES. ESCENARI 3.....	205
FIGURA 9.3-10 EMISSIONS KG CO ₂ /M ² SEGONS ZONA CLIMÀTICA PER A CADA ESCENARI. EDIFICI 77 HABITATGES.....	206

FIGURA 9.3-11 ETIQUETA ENERGÈTICA EDIFICI 77 HABITATGES. ESCENARI 1.....	208
FIGURA 9.3-12 ETIQUETA ENERGÈTICA EDIFICI 77 HABITATGES. ESCENARI 3.....	208
FIGURA 9.3-13 EMISSIONS DE CO ₂ ESCENARIS 44_01 I 44_01_BIOMASSA	210
FIGURA 9.3-14 EMISSIONS DE CO ₂ ESCENARIS 44_01 I 44_01_ULIM; 44_05 Y 44_05_ULIM.....	211
FIGURA 9.3-15 EDIFICI 44 HABITATGES. EMISSIONS GLOBALES EN FUNCIÓ DEL PERCENTATGE DE SUPERFÍCIE CLIMATITZADA. ESCENARIS 1 I 5.	212
FIGURA 9.3-16 COSTOS DE CONSUM PER A CADA EDIFICI EN FUNCIÓ DE L'ESCENARI I LA ZONA CLIMÀTICA	215
FIGURA 9.3-17 COSTOS DE CONSUM PER A CADA ESCENARI EN FUNCIÓ DE L'EDIFICI I LA ZONA CLIMÀTICA	216
FIGURA 9.3-18 COSTOS D'INSTAL·LACIÓ PER A CADA EDIFICI EN FUNCIÓ DE L'ESCENARI I LA ZONA CLIMÀTICA.	218
FIGURA 9.3-19 COSTOS UNITARIS DE INSTAL·LACIÓ PER A CADA EDIFICI EN FUNCIÓ DE L'ESCENARI I LA ZONA CLIMÀTICA... ..	219
FIGURA 9.3-20 ANYS EN ELS QUALS ES RECUPERA LA INVERSIÓ, R = 4%. INVERSIÓ: SOBRECOSTE DE LA INSTAL·LACIÓ "1" RESPECTE A LA INSTAL·LACIÓ DE L'ESCENARI "5". FLUX DE CAIXA = ESTALVI EN EL COST DE CONSUM DE L'ESCENARI "1" RESPECTO L'ESCENARI "5"	221
FIGURA 9.3-21 SOBRECOST DE L'ESTALVI D'UN KG DE CO ₂ (€/KG CO ₂) DE CADA ESCENARI RESPECTE A L'ESCENARI 5 (TOT ELÈCTRIC), TENINT EN COMPTE COSTOS D'INSTAL·LACIÓ.....	223
FIGURA 9.3-22 SOBRECOST DE L'ESTALVI D'UN KG DE CO ₂ (€/KG CO ₂) DE CADA ESCENARI RESPECTE A L'ESCENARI 5 (TOT ELÈCTRIC), TENINT EN COMPTE COSTOS D'INSTAL·LACIÓ I COSTOS DE CONSUM	224
FIGURA 9.4-1 CONSUM D'ENERGIA FINAL PER A TOTS ELS ESCENARIS ESTUDIATS SEGONS TIPOLOGIA D'EDIFICI I ZONA CLIMÀTICA.....	225
FIGURA 9.4-2 CONSUM D'ENERGIA FINAL PER A TOTS ELS ESCENARIS. A) KWH TÈRMICS (GAS NATURAL) I B) KWH ELÈCTRICS (ELECTRICITAT).....	226
FIGURA 9.4-3 EMISSIONS DE CO ₂ PER A TOTS ELS ESCENARIS ESTUDIATS SEGONS TIPOLOGIA D'EDIFICI I ZONA CLIMÀTICA..	227
FIGURA 9.4-4 INTERVALS DELS PERCENTATGES DE CONSUM D'ENERGIA PER EDIFICIO, ÚS I ZONA CLIMÀTICA.....	228
FIGURA 9.4-5 INTERVALS DELS PERCENTATGES D'EMISSIONS DE CO ₂ PER EDIFICIO, ÚS I ZONA CLIMÀTICA. ESCENARIS CALENR VYP	229

Llistat de taules

TAULA 2.4-1 PROPOSTES D'ACCIONS OBLIGATÒRIES PER A L'OBTENCIÓ DELS 10 PUNTS SEGONS EL DECRET D'ECONOMIA I SOSTENIBILITAT.	31
TAULA 2.5-1 REVISIÓ EINES DE CERTIFICACIÓ EUROPEA. FONT: IMPACT	38
TAULA 2.5-2 ESQUEMA DE LA METODOLOGIA DE QUALIFICACIÓ EPA-ED	43
TAULA 3.3-1 NÚMERO D'HABITATGES CONSTRUÏTS, SEGONS DADES DE L'INSTITUT D'ESTADÍSTICA DE CATALUNYA (IDESCAT, 2010).	60
TAULA 3.4-1 CLASSIFICACIÓ DEL PARC D'HABITATGES DE CATALUNYA	63
TAULA 3.4-2 CLASSIFICACIÓ I DISTRIBUCIÓ DE LES TIPOLOGIES D'EDIFICIS SEGONS LA ZONA CLIMÀTICA.	63
TAULA 3.4-3 TIPOLOGIA 6. EDIFICI POSTGUERRA. CARACTERÍSTIQUES EDIFICATÒRIES I ELEMENTS CONSTRUCTIUS.	65
TAULA 3.4-4 COEFICIENT DE TRANSMITÀNCIA TÈRMICA DELS TANCAMENTS PER A CADA TIPOLOGIA.	66
TAULA 3.4-5 DEMANDA TEÒRICA DE CALEFACCIÓ I REFRIGERACIÓ PER CADA TIPOLOGIA D'HABITATGES I ZONA CLIMÀTICA. ESCENARI 0	67
TAULA 3.4-6 DEMANDA TEÒRICA D'ENERGIA DEL SECTOR HABITATGE A CATALUNYA (GWH/ANY). ESCENARI 0	68
TAULA 3.4-7 DISTRIBUCIÓ DELS SISTEMES DE CALEFACCIÓ A CATALUNYA. FONT: ICAEN, 2005	69
TAULA 3.4-8 CONSUM D'ENERGIA FINAL EN CALEFACCIÓ I REFRIGERACIÓ DEL SECTOR HABITATGE A CATALUNYA (GWH/ANY). ESCENARI 0	70
TAULA 3.4-9 FONTS D'ENERGIA UTILITZADES PER CALEFACCIÓ I REFRIGERACIÓ A CATALUNYA. FONT: ICAEN I IDESCAT, 2010	71
TAULA 3.4-10 FACTORS D'EMISSIÓ SEGONS FONT ENERGÈTICA. FONT: IPCC, EPA I IDAE.	71
TAULA 3.4-11 EMISSIONS DE CO ₂ ASSOCIADA AL CONSUM DE CALEFACCIÓ I REFRIGERACIÓ DEL SECTOR HABITATGE A CATALUNYA (KT CO ₂ /ANY). ESCENARI 0	72
TAULA 3.4-12 VALORS LÍMITS DE LA U (W/M ² K) SEGONS ZONA CLIMÀTICA I ESCENARI.	73
TAULA 3.4-13 VALORS LÍMITS DE LA U (W/M ² K) SEGONS ZONA CLIMÀTICA I TIPOLOGIA PER L'ESCENARI CTE.	73
TAULA 3.4-14 CARACTERÍSTIQUES DEL MATERIAL AÏLLANT.	74
TAULA 3.4-15 DEMANDA ENERGÈTICA DELS HABITATGES DE CATALUNYA, APLICANT LES MESURES D'ESTALVI DELS DIFERENTS ESCENARIS PER A CADA TIPOLOGIA I ZONA CLIMÀTICA.	74
TAULA 3.4-16 ESTALVI (%) DE CADA ESCENARI RESPECTE ESCENARI 0. ANY 2005.	75
TAULA 3.4-17 ESTALVI GLOBAL (%) DE CADA ESCENARI RESPECTE ESCENARI 0, PER ZONA CLIMÀTICA. ANY 2005.	75
TAULA 3.4-18 CONSUM ENERGÈTIC DELS HABITATGES DE CATALUNYA, APLICANT LES MESURES D'ESTALVI DE CADA ESCENARI. (GWH/ANY)	76
TAULA 3.4-19 EMISSIONS DE CO ₂ DELS HABITATGES DE CATALUNYA, APLICANT LES MESURES D'ESTALVI DE CADA ESCENARI. (KT CO ₂ /ANY)	76
TAULA 3.4-20 DEMANDA D'ENERGIA GLOBAL (CALEFACCIÓ I REFRIGERACIÓ) DEL PARC D'HABITATGES DE CATALUNYA AL 2015. (GWH/ANY)	77
TAULA 3.4-21 ESTALVI DE CADA ESCENARI I ZONA CLIMÀTICA RESPECTE L'ESCENARI 0. ANY 2015. 2% DE REHABILITACIONS PER ANY I 50.000 HABITATGES NOUS PER ANY. RESULTAT EN %	77
TAULA 3.4-22 CONSUM ENERGÈTIC EN CALEFACCIÓ I REFRIGERACIÓ DEL PARC D'HABITATGES DE CATALUNYA AL 2015 SEGONS ESCENARIS. (GWH/ANY)	78
TAULA 3.4-23 ESTALVI DE CADA ESCENARI I ZONA CLIMÀTICA RESPECTE L'ESCENARI 0. ANY 2015. (%)	78
TAULA 3.4-24 EMISSIONS DE CO ₂ DEGUDES AL CONSUM EN CALEFACCIÓ I REFRIGERACIÓ DEL PARC D'HABITATGES DE CATALUNYA AL 2015 SEGONS ESCENARIS. (KT CO ₂ /ANY)	78
TAULA 3.4-25 ESTALVI DE CADA ESCENARI I ZONA CLIMÀTICA RESPECTE L'ESCENARI 0. ANY 2015.	79
TAULA 3.4-26 INVERSIÓ PER HABITATGE SEGONS TIPOLOGIA I ESCENARI	80
TAULA 3.4-27 INVERSIÓ PER LA REHABILITACIÓ DEL PARC D'EDIFICIS DE CATALUNYA FINS EL 2015	81
TAULA 4.4-1 VALORS DE EEC GLOBAL PER TIPOLOGIA.	93
TAULA 4.4-2 VALORS DE EECI PROMIG PER A CADA MESURA PER ORDRE DE PRIORITAT. ESCENARI CTE.	94
TAULA 4.4-3 VALORS DE EECI PROMIG PER A CADA MESURA PER ORDRE DE PRIORITAT. ESCENARI CTE.	95
TAULA 4.4-4 ORDRE DE PRIORITAT DE LES TIPOLOGIES SEGONS ELS ANYS DE RETORN DE LA INVERSIÓ. ESCENARI CTE	96
TAULA 4.4-5 VALORS DE EEC GLOBAL PER TIPOLOGIA. ESCENARI DEC.	104
TAULA 4.4-6 VALORS DE EECI PROMIG PER A CADA MESURA PER ORDRE DE PRIORITAT	104
TAULA 4.4-7 ORDRE DE PRIORITAT DE LES TIPOLOGIES SEGONS ELS ANYS DE RETORN DE LA INVERSIÓ. ESCENARI DEC.	106
TAULA 4.4-8 TAULA DE MILLORES DE L'ESCENARI EFIC	107
TAULA 4.4-9 VALORS LÍMITS DE LA U (W/M ² K) SEGONS ZONA CLIMÀTICA. ESCENARI EFIC	107
TAULA 4.4-10 VALORS LÍMITS DE LA U FINESTRA (W/M ² K) SEGONS ZONA CLIMÀTICA I TIPOLOGIA. ESCENARI EFIC.	107
TAULA 4.4-11 VALORS DE EEC GLOBAL PER TIPOLOGIA. ESCENARI EFIC	114

TAULA 4.4-12	VALORS DE EECI PROMIG PER A CADA MESURA PER ODRE DE PRIORITAT. ESCENARI EFIC.....	114
TAULA 4.4-13	ORDRE DE PRIORITAT DE LES TIPOLOGIES SEGONS ELS ANYS DE RETORN DE LA INVERSIÓ. ESCENARI CTE	116
TAULA 4.4-14	ESTALVI DE CADA ESCENARI RESPECTE ESCENARI 0. ANY 2005.....	119
TAULA 4.4-15	CONSUM ENERGÈTIC DELS HABITATGES DE CATALUNYA, APLICANT LES MESURES D'ESTALVI DE CADA ESCENARI. (GWH/ANY)	119
TAULA 4.4-16	EMISSIONS DE CO ₂ DELS HABITATGES DE CATALUNYA, APLICANT LES MESURES D'ESTALVI DE CADA ESCENARI. (KT CO ₂ /ANY)	120
TAULA 4.4-17	ESTALVI DE CADA ESCENARI I ZONA CLIMÀTICA RESPECTE L'ESCENARI 0. ANY 2015. 2% DE REHABILITACIONS PER ANY I 50.000 HABITATGES NOUS PER ANY. RESULTAT EN %	120
TAULA 4.4-18	CONSUM ENERGÈTIC EN CALEFACCIÓ I REFRIGERACIÓ DEL PARC D'HABITATGES DE CATALUNYA AL 2015 SEGONS ESCENARIS. (GWH/ANY)	121
TAULA 4.4-19	EMISSIONS DE CO ₂ DEGUDES AL CONSUM EN CALEFACCIÓ I REFRIGERACIÓ DEL PARC D'HABITATGES DE CATALUNYA AL 2015 SEGONS ESCENARIS. (KT CO ₂ /ANY)	121
TAULA 4.4-20	INVERSIÓ PER LA REHABILITACIÓ DEL PARC D'EDIFICIS DE CATALUNYA FINS EL 2015	122
TAULA 4.5-1	ORDRE DE PRIORITAT DE LES TIPOLOGIES SEGONS ELS ANYS DE RETORN DE LA INVERSIÓ. ESCENARI EFIC	124
TAULA 4.5-2	VALORS DE EECI PROMIG PER A CADA MESURA PER ODRE DE PRIORITAT. ESCENARI EFIC.....	124
TAULA 4.5-3	TASQUES METODOLOGIA DE CERTIFICACIÓ CEPEC	130
TAULA 4.5-4	ESQUEMA DE LA METODOLOGIA.....	130
TAULA 5.3-1	VALORS DE PUNTUACIÓ DELS CRITERIS D'AVUACIÓ	135
TAULA 5.3-2	CRITERIS D'AVUACIÓ DELS SOFTWARES.	135
TAULA 5.3-3	RESUM DELS PARÀMETRES DELS CASOS DE LES SÈRIES 600 I 900 DE LA METODOLOGIA BESTEST.....	141
TAULA 5.4-1	VALORACIÓ QUALITATIVA DELS TRES SOFTWARES. TAULA RESUM	142
TAULA 5.5-1	TAULA RESUM CARACTERÍSTIQUES DEL TRNSYSLITE, LIDER I CODYBA	147
TAULA 6.2-1	DEFINICIÓ DE CASOS.....	150
TAULA 6.3-1	RESULTATS DE DEMANDA D'ENERGIA ANUAL PELS CASOS 1, 2, 3 I 5.....	151
TAULA 6.3-2	RESULTATS DE LES DESVIACIONS DELS RESULTATS RESPECTE EL CAS 5 PELS CASOS 1, 2 I 3.	152
TAULA 6.3-3	TEMPS D'INTRODUCCIÓ I SIMULACIÓ DELS CASOS 1, 2 I 3	153
TAULA 6.3-4	RESULTATS DE DEMANDA D'ENERGIA ANUAL PELS CASOS 4 I 5.	153
TAULA 6.3-5	RESULTATS DE LES DESVIACIONS DELS RESULTATS RESPECTE EL CAS 3 PEL CAS 4.	154
TAULA 6.3-6	RESULTATS DE DEMANDA D'ENERGIA ANUAL PELS CASOS 5, 6 I 7.	155
TAULA 6.3-7	RESULTATS DE LES DESVIACIONS DELS RESULTATS RESPECTE EL CAS 5 PELS CASOS 6 I 7.	155
TAULA 7.2-1	CRITERIS SELECCIÓ EDIFICIS.....	159
TAULA 7.2-2	ETAPES DEL PROCÉS DE CERTIFICACIÓ CEPEC.....	160
TAULA 7.2-3	RESPONSABLES EN LA INTRODUCCIÓ DE DADES	160
TAULA 7.3-1	RESULTATS ETAPA A. INTERPRETACIÓ DE LA INFORMACIÓ.	164
TAULA 7.3-2	TEMPS INVERTIT PER REALITZAR L'ETAPA A DEL PROCÉS DE CERTIFICACIÓ. INTERPRETACIÓ DE LA DOCUMENTACIÓ	165
TAULA 7.3-3	TEMPS INVERTIT PER REALITZAR L'ETAPA B DEL PROCÉS DE CERTIFICACIÓ. INTRODUCCIÓ AL LIDER DE L'EDIFICI OBJECTE.....	167
TAULA 7.3-4	TEMPS INVERTIT PER REALITZAR L'ETAPA C DEL PROCÉS DE CERTIFICACIÓ. SIMULACIÓ AL LIDER DE L'EDIFICI OBJECTE.....	167
TAULA 7.3-5	TEMPS INVERTIT PER REALITZAR L'ETAPA D DEL PROCÉS DE CERTIFICACIÓ. REVISIÓ DE DOCUMENTACIÓ I TEMPS D'INTRODUCCIÓ CEPEC	168
TAULA 7.3-6	RESULTATS DE LA DEMANDA ENERGÈTICA DE L'EDIFICI.....	169
TAULA 7.3-7	QUALIFICACIÓ PROVISIONAL DE L'EDIFICI OBJECTE	170
TAULA 7.3-8	REDUCCIONS PARCIALS DEL CONSUM I LA DEMANDA D'ENERGIA.....	170
TAULA 7.3-9	RESULTATS EN QUANT A TEMPS D'INTRODUCCIÓ DE DADES	170
TAULA 7.3-10	RESULTATS DE LA DEMANDA ENERGÈTICA DE L'EDIFICI TUCUMAN.....	171
TAULA 7.3-11	QUALIFICACIÓ PROVISIONAL DE L'EDIFICI OBJECTE	172
TAULA 7.3-12	REDUCCIONS PARCIALS DEL CONSUM I LA DEMANDA D'ENERGIA.....	172
TAULA 7.3-13	RESULTATS EN QUANT A TEMPS D'INTRODUCCIÓ DE DADES	173
TAULA 7.3-14	RESULTATS DE LA DEMANDA ENERGÈTICA DE L'EDIFICI VILANOVA.....	174
TAULA 7.3-15	QUALIFICACIÓ PROVISIONAL DE L'EDIFICI OBJECTE	174
TAULA 7.3-16	REDUCCIONS PARCIALS DEL CONSUM I LA DEMANDA D'ENERGIA.....	175
TAULA 7.3-17	RESULTATS EN QUANT A TEMPS D'INTRODUCCIÓ DE DADES	175
TAULA 7.3-18	COMPARACIÓ RESULTATS DEMANDA DE L'EDIFICI VILANOVA, SEGONS AUS I UPC.....	175
TAULA 7.3-19	COMPARACIÓ RESULTATS QUALIFICACIÓ DE L'EDIFICI VILANOVA, SEGONS AUS I UPC	175

TAULA 7.3-20 RESULTATS DE LA DEMANDA ENERGÈTICA DE L'EDIFICI PIERA	176
TAULA 7.3-21 QUALIFICACIÓ PROVISIONAL DE L'EDIFICI OBJECTE	177
TAULA 7.3-22 REDUCCIONS PARCIALS DEL CONSUM I LA DEMANDA D'ENERGIA.....	177
TAULA 7.3-23 RESULTATS EN QUANT A TEMPS D'INTRODUCCIÓ DE DADES	177
TAULA 7.3-24 COMPARACIÓ RESULTATS DEMANDA DE L'EDIFICI PIERA, SEGONS AUS I UPC I SEGONS ZONA CLIMÀTICA... 178	178
TAULA 8.2-1 TIPOLOGIES D'EDIFICIS	181
TAULA 8.2-2 ZONES CLIMÀTIQUES	182
TAULA 8.2-3 DEFINICIÓ D'ESCENARIS	183
TAULA 8.2-4 PERCENTATGE D'APORTACIÓ SOLAR AL SISTEMA DE ACS EN FUNCIÓ DE L'ENERGIA DE SUPORT, LA ZONA CLIMÀTICA I LA DEMANDA DE ACS.	183
TAULA 8.3-1 EDIFICI UNIFAMILIAR. KG CO ₂ /M ² ANY SEGONS METODOLOGIES CEPEC I CALENER VYP	185
TAULA 8.3-2 EDIFICI UNIFAMILIAR. QUALIFICACIÓ ENERGÈTICA SEGONS METODOLOGIES CEPEC I CALENER VYP	185
TAULA 8.3-3 EDIFICI 15 HABITATGES. KG CO ₂ /M ² ANY SEGONS METODOLOGIES CEPEC I CALENER VYP	186
TAULA 8.3-4 EDIFICI 15 HABITATGES. QUALIFICACIÓ ENERGÈTICA SEGONS METODOLOGIES CEPEC I CALENER VYP	186
TAULA 8.3-5 EDIFICI 44 HABITATGES. KG CO ₂ /M ² ANY SEGONS METODOLOGIES CEPEC I CALENER VYP	187
TAULA 8.3-6 EDIFICI 44 HABITATGES. QUALIFICACIÓ ENERGÈTICA SEGONS METODOLOGIES CEPEC I CALENER VYP	187
TAULA 8.3-7 EDIFICI 77 HABITATGES. KG CO ₂ /M ² ANY SEGONS METODOLOGIES CEPEC I CALENER VYP	188
TAULA 8.3-8 EDIFICI 77 HABITATGES. QUALIFICACIÓ ENERGÈTICA SEGONS METODOLOGIES CEPEC I CALENER VYP	189
TAULA 9.2-1 DEFINICIÓ D'ESCENARIS	195
TAULA 9.2-2 PERCENTATGE D'APORTACIÓ SOLAR AL SISTEMA DE ACS EN FUNCIÓ DE L'ENERGIA DE SUPORT, LA ZONA CLIMÀTICA I LA DEMANDA DE ACS.	195
TAULA 9.2-3 VARIACIONS SOBRE ELS ESCENARIS 1 I 5.	196
TAULA 9.3-1 RESULTATS EDIFICI UNIFAMILIAR. CONSUM FINAL, EMISSIONS GLOBAIS I QUALIFICACIÓ ENERGÈTICA.	197
TAULA 9.3-2 RESULTATS EDIFICI 15 HABITATGES CONSUM FINAL, EMISSIONS GLOBAIS I QUALIFICACIÓ ENERGÈTICA.	200
TAULA 9.3-3 RESULTATS EDIFICI 44 HABITATGES CONSUM FINAL, EMISSIONS GLOBAIS I QUALIFICACIÓ ENERGÈTICA.	203
TAULA 9.3-4 RESULTATS. EDIFICI 77 HABITATGES CONSUM FINAL, EMISSIONS GLOBAIS I QUALIFICACIÓ ENERGÈTICA.	206
TAULA 9.3-5 VARIACIONS SOBRE ELS ESCENARIS 1 I 5 DE L'EDIFICI DE 44 HABITATGES.....	209
TAULA 9.3-6 EDIFICI 44 HABITATGES. CALDERA DE BIOMASSA. CONSUM FINAL, EMISSIONS GLOBAIS I QUALIFICACIÓ ENERGÈTICA.....	209
TAULA 9.3-7 VALORS DE U (W/M ² K) DELS TANCAMENTS DELS ESPAIS HABITATS.	210
TAULA 9.3-8 EDIFICI 44 HABITATGES. CONSUM FINAL, EMISSIONS GLOBAIS I QUALIFICACIÓ ENERGÈTICA.....	211
TAULA 9.3-9 EDIFICI 44 HABITATGES. EMISSIONS GLOBAIS I QUALIFICACIÓ ENERGÈTICA EN FUNCIÓ DEL PERCENTATGE DE SUPERFÍCIE CLIMATITZADA.....	212
TAULA 9.3-10 EDIFICI 44 HABITATGES. EMISSIONS GLOBAIS I QUALIFICACIÓ ENERGÈTICA EN FUNCIÓ DEL PERCENTATGE DE SUPERFÍCIE CLIMATITZADA. REDUCCIÓ DE LA SUPERFÍCIE CLIMATITZADA.....	213
TAULA 9.3-11 EDIFICI 44 HABITATGES. EMISSIONS GLOBAIS I QUALIFICACIÓ ENERGÈTICA EN FUNCIÓ DEL PERCENTATGE DE SUPERFÍCIE CLIMATITZADA. REDUCCIÓ DE LA POTÈNCIA DELS EQUIPS.....	213
TAULA 9.3-12 EDIFICI 44 HABITATGES. EMISSIONS GLOBAIS I QUALIFICACIÓ ENERGÈTICA EN FUNCIÓ DEL PERCENTATGE COP DE LA BOMBA DE CALOR PER A L'ESCENARI 5	214
TAULA 9.3-13 PERCENTATGE D'ESTALVI OBTINGUT COMPARANT ELS COSTOS DE CONSUM DE L'ESCENARI 1 AMB ELS DE L'ESCENARI 5.	217
TAULA 9.4-1 ESCENARIS CALENER VYP	225
TAULA 9.4-2 RESUM DE LES QUALIFICACIONS.....	227
TAULA 9.4-3 INTERVALS DELS PERCENTATGES DE CONSUM PER A EDIFICI, ÚS I ZONA CLIMÀTICA.....	228
TAULA 9.4-4 INTERVALS DELS PERCENTATGES D'EMISSIONS PER A EDIFICI, ÚS I ZONA CLIMÀTICA. ESCENARIS CALENER VYP	229
TAULA 9.4-5 PERCENTATGES D'ESTALVI EN LES EMISSIONS DE CO ₂ DE L'ESCENARI 1 RESPECTE L'ESCENARI 5. CALENER VYP	230
TAULA 9.4-6 COSTOS DE CONSUM PER A TOTS ELS EDIFICIS I ZONES CLIMÀTIQUES DELS ESCENARIS 1, 3 I 5 (€/M ² /ANY) ...	231
TAULA 9.4-7 COSTOS D'INSTAL·LACIÓ PER A TOTS ELS EDIFICIS, ZONES CLIMÀTIQUES I ESCENARIS (€/HABITATGE).....	231
TAULA 9.4-8 TEMPS DE RETORN PER A TOTS ELS EDIFICIS, ZONES CLIMÀTIQUES I ESCENARIS VS ESCENARI 5 (ANYS).....	232
TAULA 9.4-9 SOBRECOST PER ESTALVIAR UN KG CO ₂ (€/KG CO ₂). TOTS ELS EDIFICIS EN FUNCIÓ DE ZONA CLIMÀTICA I ESCENARI VS ESCENARI 5, TENINT EN COMPTE NOMÉS COST D'INSTAL·LACIÓ	233
TAULA 9.4-10 SOBRECOST PER ESTALVIAR UN KG CO ₂ (€/KG CO ₂). TOTS ELS EDIFICIS EN FUNCIÓ DE ZONA CLIMÀTICA I ESCENARI VS ESCENARI 5.	234
TAULA 10.2-1 ORDRE DE PRIORITAT DE LES TIPOLOGIES SEGONS ELS ANYS DE RETORN DE LA INVERSIÓ. ESCENARI EFIC	239
TAULA 10.2-2 VALORS DE EECI PROMIG PER A CADA MESURA PER ODRE DE PRIORITAT. ESCENARI CTE.....	240

TAULA 10.2-3 VALORS LÍMITS DE LA U (W/M^2K) SEGONS ZONA CLIMÀTICA. ESCENARI EFIC	240
TAULA 10.2-4 VALORS LÍMITS DE LA U FINESTRA (W/M^2K) SEGONS ZONA CLIMÀTICA I TIPOLOGIA. ESCENARI EFIC.....	240
TAULA 10.2-5 VALORS DE EECI PROMIG PER A CADA MESURA PER ODRE DE PRIORITAT. ESCENARI EFIC.....	241
TAULA 10.4-1 RESUM DE LES QUALIFICACIONS	245
TAULA 10.4-2 PERCENTATGES D'ESTALVI EN LES EMISSIONS DE CO ₂ DE L'ESCENARI 1 RESPECTE L'ESCENARI 5. CALENER VYP	245
TAULA 10.4-3 TEMPS DE RETORN PER A TOTS ELS EDIFICIS, ZONES CLIMÀTIQUES I ESCENARIS VS ESCENARI 5 (ANYS).....	246
TAULA 10.4-4 SOBRECOST PER ESTALVIAR UN KG CO ₂ (€/KG CO ₂). TOTS ELS EDIFICIS EN FUNCIÓ DE ZONA CLIMÀTICA I ESCENARI VS ESCENARI 5.	246

Glossari

ACS: Agua Calenta Sanitària

Certificació energètica d'edificis: Procés pel que es verifica la conformitat de la qualificació a obtinguda per l'edifici amb el projecte i l'edifici acabat respectivament i que condueix a l'expedició d'un certificat d'eficiència energètica de l'edifici acabat.

Certificat energètic: Documentació resultat del procés de certificació, que inclou la qualificació energètica de l'edifici, segons l'escala d'eficiència energètica.

Confort tèrmic: Condicions interiors de temperatura, humitat i velocitat de l'aire establertes segons normativa que es considera que produeixen una sensació de confort adequada i suficient als seus ocupants.

Consum energia final: Energia subministrada al consumidor per ser convertida en energia útil. És l'energia tal i com s'utilitza en els punts de consum, per exemple, l'electricitat, calor o combustible.

Consum energia primària: L'energia primària és aquella que s'obté directament d'un jaciment de la natura. Existeixen dos grups: no renovables (petroli, carbó, gas, urani...) i les renovables (hidroelèctrica, eòlica, solar, biomassa...). L'energia primària, per tant, és aquella que no ha estat sotmesa a cap procés de conversió. A partir de l'energia primària i segons el procés de transformació adient per a cada tipus d'energia primària, s'obté l'energia final.

Components de l'edifici: S'entén per components de l'edifici els que apareixen a la seva envolupant edificatòria: tancaments, forats i ponts tèrmics.

Demanda energètica: és l'energia necessària per mantenir en l'interior de l'edifici unes condicions de confort definides en funció de l'ús de l'edifici i de la zona climàtica en la que estigui l'edifici. Es compon de la demanda energètica de calefacció, corresponent als mesos de la temporada de calefacció i de refrigeració respectivament.

Edifici de referència: Edifici obtingut a partir de l'edifici objecte, on la demanda energètica ha de ser superior, tant en règim de calefacció com de refrigeració, que la de l'edifici objecte. S'obté a partir de l'edifici objecte substituint els tancament per altres que compleixen els requisits mínims normatius.

Edifici objecte: Edifici del que es vol verificar el compliment de la normativa.

Eficiència energètica d'un edifici: És l'expressió del consum d'energia que s'estima necessari per satisfer la demanda energètica de l'edifici en unes condicions normals de funcionament i ocupació.¹

Envolupant edificatòria: Es compon de tots els tancaments de l'edifici.

Envolupant tèrmica: Es compon dels tancaments de l'edifici que separen els espais habitables de l'ambient exterior i les particions interiors que separen els espais habitables dels no habitables que estan en contacte amb l'ambient exterior.

Espai habitable: Espai format per un o més d'un recinte habitables contigus amb el mateix ús i condicions tèrmiques equivalent agrupats a efectes de càlcul de demanda energètica.

¹ Aquesta és la definició que apareix a la traducció espanyola de la Directiva 2002/91/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 16 de diciembre de 2002 relativa a la eficiencia energética de los edificios y en REAL DECRETO 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.

Espai habitable de baixa càrrega interna: Espai on es dissipa poca calor. Principalment, espais destinats a residir en ells, amb caràcter eventual o permanent. Per exemple: tots els espais d'edificis residencials i aquelles zones o espais d'edificis assimilables a aquests en ús i dimensions, com per exemple, habitacions d'hotel, d'hospitals, sales d'estar, així com les zones de circulació vinculades. El en cas d'espais no destinats a habitatge, el projectista ha d'estimar si el calor dissipat per les fonts internes en l'interior de l'espai es poden assimilar a la que es podria produir si fos un espai residencial.

Espai no habitable: Espai format per un més d'un recinte no habitable contigua amb el mateix ús i condicions tèrmiques equivalents agrupats a efectes de càlcul de demanda energètica.

Exactitud: Proximitat entre el resultat obtingut i el valor real.

Fiabilitat: Grau de concordança entre els resultats obtinguts si s'aplica de forma repetitiva el mètode.

GEH: Gasos d'Efecte Hivernacle.

Indicador EEC: Energia Estalviada – Cost. Relació existent entre l'estalvi energètic aconseguit per cada mesura en relació al cost de la mateixa. Es calcula els kWh de demanda estalviada per cada 100 € d'inversió.

Lucernari: Qualsevol forat situat en una coberta, per tant la seva inclinació serà menys de 60° respecte a l'horitzontal.

Mix energètic elèctric: Percentatge de cada tipus d'energia primària utilitzada per a la producció d'un kWh elèctric en una regió.

Factor d'ombra: És la fracció de la radiació incident en un forats que no és bloquejada per la presència d'obstacles de façana.

Factor solar: És el quocient entre la radiació solar incident que s'introdueix en l'edifici a través del vidre i la que s'introduiria si el vidre fos totalment transparent.

Factor solar modificat: Producte del factor solar pel factor d'ombra.

Forat: És qualsevol element semitransparent de l'envolupant de l'edifici. Compren les finestres i portes de vidre.

OCDE: Organització per a la Cooperació i Desenvolupament Econòmic.

Partició interior: Element constructiu de l'edifici que divideix el seu interior en recintes independent. Poden ser vertical o horitzontals.

Permeabilitat a l'aire: És la propietat d'una finestra o porta de deixar passar l'aire que es troba sotmesa a una pressió diferenciada. La permeabilitat a l'aire es caracteritza per la capacitat de pas de l'aire, expressada en m³/h, en funció de la diferència de pressions.

Permeabilitat al vapor d'aigua: És la quantitat de vapor que passa a través de la unitat de superfície de material de gruix unitat quan la diferència de pressió de vapor entre les seves cares és la unitat.

Pont tèrmic: Es consideren ponts tèrmics les zones de l'envolupant tèrmica de l'edifici en les que s'evidencia una variació de la uniformitat de la construcció, ja sigui per un canvi del gruix del tancament, dels materials utilitzats, per penetració d'elements constructius amb diferent conductivitats, etc.. Això porta necessàriament una disminució de la resistència tèrmica respecte la resta de tancaments. Els ponts tèrmics són parts sensibles dels edificis on

augmenta la possibilitat de producció de condensacions superficials, en la situació d'hivern o èpoques fredes.

Qualificació energètica d'edificis: Expressió de l'eficiència energètica d'un edifici que es determina segons una metodologia de càlcul i s'expressa amb indicadors energètics mitjançant l'etiqueta d'eficiència energètica.

Severitat climàtica: La severitat climàtica d'una localitat és el quocient entre la demanda energètica d'un edifici qualsevol en aquesta localitat i la corresponent al mateix edifici en una localitat de referència. En la normativa estatal, CTE, s'ha pres Madrid com a localitat de referència, sent, per tant, la seva severitat climàtica la unitat. Es defineix una severitat climàtica per estiu i una altra per hivern.

Tancament: Element constructiu de l'edifici que el separa de l'exterior, ja sigui aire, terreny o altres edificis.

Transmitància tèrmica: És el flux de calor, en règim estacionari, dividit per l'àrea i per la diferència de temperatures dels medis situats a cada costat de l'element que es considera.

Tep: Tona equivalent de petroli. Equival a la quantitat d'energia obtinguda per la combustió d'una tona de petroli, equival a 107 kcal o 11.63 MWh

Zona climàtica: En la normativa estatal es defineixen 12 zones climàtiques en funció de les severitats d'hivern (A, B, C, D i E) i estiu (1, 2, 3 i 4) de la localitat en qüestió.

I. INTRODUCCIÓ

1 Introducció

1.1 Objectius

L'objectiu principal d'aquesta tesi és aprofundir en la recerca de la millora de l'eficiència energètica dels edificis, basant-se en l'aplicació d'accions constructives que disminueixen la demanda energètica de calefacció i refrigeració, així com en la proposta de certificació energètica d'edificis. Aquest és un objectiu prou ampli que es concreta en els següents:

1. Avaluar el potencial d'estalvi energètic del sector habitatge a Catalunya segons diferents escenaris d'eficiència que es definiran en base a les diferents normatives existents tant a nivell estatal com autonòmic.
2. Determinar si l'esforç en la reducció d'emissions gràcies a la millora de l'eficiència energètica dels edificis és econòmicament factible i prioritzar les mesures d'eficiència energètica per edificis en funció del seu potencial d'estalvi basant-se en la simulació dinàmica de diferents tipologies d'edificis.
3. Definir i avaluar una metodologia de certificació energètica per edificis que pugui ser alternativa a la metodologia oficial.
4. Avaluar com varia la qualificació energètica d'edificis residencials en funció de paràmetres com, entre d'altres, la zona climàtica o el tipus de font energètica utilitzada pels diferents usos.

1.2 Motivació

El consum energètic, la dependència de combustibles fòssils i el seu impacte ambiental és un dels principals problemes que ha d'afrontar la societat actual. El consum energètic als edificis suposa un percentatge important del consum total, un 40% a Europa (DEEE, 2002) (Lausten, 2008) i al voltant del 30% a Espanya i Catalunya (Salat, 2005)(IDAE, 2010) (Eurostat, 2010). Per tant, millorar l'eficiència energètica en aquest sector per disminuir-ne el consum i, contribuir així al compliment dels compromisos establerts de disminució de les emissions de gasos d'efecte hivernacle és una de les prioritats de la Unió Europea. En aquest sentit s'han dictat diferents directives entre les que destaca la Directiva 2002/91/CE (DEEE, 2002) que promou accions per millorar l'eficiència energètica dels edificis com la certificació energètica d'edificis i la revisió de la normativa tèrmica dels estats membres. El 16 de juny de 2010 va sortir publicada la nova directiva 2010/31/EU que reemplaça la del 2002, ampliant-la en diferents aspectes, sent un dels més destacats la introducció del concepte d'optimització de l'eficiència de l'edifici en funció del cost. Els Estats membres tindran fins el 9 de juliol del 2012 per alguns dels articles i fins la mateixa data però del 2013 per uns altres, per desenvolupar les normatives que transposin aquesta directiva. (Directive 2010/31/EU).

Arrel de la directiva del 2002, Espanya i Catalunya han revisat la legislació existent i se n'ha proposat de nova per limitar la demanda energètica i promoure l'eficiència energètica en els edificis, incloent, entre d'altres mesures, la certificació energètica. No se sap, però, quin pot ser l'impacte del compliment de la nova normativa a Catalunya. Aquesta tesi, pretén, en primer lloc, per situar i emmarcar el problema, avaluar quin és el potencial d'estalvi al 2015 en funció de diferents escenaris d'eficiència, corresponents als que defineixen les noves normatives estatals i autonòmiques. Així doncs, s'estimarà l'impacte del compliment de la nova legislació a Catalunya.

Per complir aquesta normativa i millorar l'eficiència energètica dels edificis es poden portar a terme moltes i diferents accions. Aquestes es poden dividir en mesures relatives a:

1. La limitació de la demanda energètica dels edificis: com les que proposa la normativa limitant els paràmetres tèrmics dels tancaments, forats, ... i també paràmetres constructius com l'orientació, superfície de vidre, elements d'ombra...
2. La millora del rendiment de les instal·lacions que proporcionen l'energia demandada per l'edifici.
3. La gestió de l'edifici.

Per facilitar la promoció d'edificis que tinguin en compte les mesures abans esmentades i, per tant, d'alta eficiència energètica i també per promoure les inversions en estalvi d'energia, la directiva 2002/91/CE i la 2010/31/UE també ho recull, s'estableix l'obligació de posar a disposició dels compradors o usuaris dels edificis un **certificat d'eficiència energètica**. Aquest certificat haurà d'incloure informació objectiva sobre les característiques energètiques dels edificis de forma que es pugui valorar i comparar la seva eficiència energètica.

En quant al primer grup de mesures, és a dir, limitació de la demanda energètica, aquesta tesi vol donar resposta a les següents preguntes: Quin és el potencial d'estalvi dels edificis residencials a Catalunya si s'apliquessin les normatives actuals?. Quines són les accions per disminuir la demanda que tenen més impacte en l'estalvi global? Com s'ha de prioritzar l'ordre d'aplicació d'aquestes accions? Quin cost suposa l'estalvi d'emissions de CO₂, equivalent a l'estalvi energètic aconseguit? Quin és el temps d'amortització d'aquestes accions?

La certificació energètica d'edificis, té en compte els dos primers grups de mesures, ja que considera tant la demanda com els equips que subministren l'energia necessària per satisfer aquesta demanda. La legislació estatal proposa una metodologia de certificació basada en el software CALENER desenvolupat pel Ministerio de Vivienda i per l'IDAE, que va encarregar la seva realització al grup de Termotècnia de l'Associació d'Investigació i Cooperació Industrial d'Andalusia, AICIA, amb la col·laboració de l'Institut Eduardo Torroja de Ciencias de la Construcción, IETCC.

Per altra banda, el projecte europeu CEPEC² vol desenvolupar una metodologia de certificació energètica d'edificis alternativa. A l'hora de definir aquesta nova metodologia sorgeixen moltes qüestions, per exemple: Com es pot determinar la demanda energètica dels edificis d'una manera àgil? Quins softwares existeixen per poder determinar-la? Quin és el més apropiat per la metodologia CEPEC? Aquesta metodologia pot ser una alternativa a CALENER VYP?, és més fàcil? Els resultats són fiables? Aquesta tesi també vol donar resposta a aquestes preguntes, determinant primer el software més adequat per determinar la demanda en la metodologia CEPEC i aplicant les dues metodologies, CALENER VYP i CEPEC, a projectes d'edificis reals comparant els resultats obtinguts amb les dues metodologies.

Per últim, es vol determinar com pot afectar a la qualificació energètica d'un edifici paràmetres com el tipus de font energètica que utilitzen els diferents equips de calefacció, refrigeració i ACS, si la instal·lació és centralitzada o individuals o la zona climàtica.

² Comprehensive Energy Planning in European Cities. Projecte que fou aprovat pel Programa Europeu ALTENER de la DG TREN de la Comissió Europea.

1.3 Continguts de la memòria. Resum de capítols.

Aquesta tesi està dividida en cinc parts:

- I. **Introducció.** En aquesta part es presenten els objectius principals de la tesi i s'expliquen les motivacions que han portat a l'autora de la tesi a treballar i a fer recerca en l'àmbit de l'eficiència i de la certificació energètica en edificis. També es fa un resum de cada una de les parts en les que està dividida aquesta tesi.
- II. **Marc general.** L'objectiu d'aquesta part és centrar el tema general de la tesi: l'eficiència i la certificació energètica en edificis i avaluar l'estat de l'art en quant a la certificació energètica.

Es fa una anàlisi de dalt a baix, del general al concret. És a dir, en primer lloc es presenta el problema energètic al món, quins són els balanços energètics a nivell mundial i als països de la OCDE així com la producció elèctrica i el consum energètic per sector a nivell europeu, estatal i català. Les principals fonts utilitzades, per aconseguir les dades energètics van ser l'Agència Internacional de l'Energia, l'agència Eurostat i l'Institut Català de l'Energia. L'objectiu és veure quin paper juga el sector dels edificis en el panorama energètic.

Una vegada detectat l'abast del sector edificis, s'analitza el seu comportament energètic. Es defineixen els paràmetres que intervenen en el consum final de l'edifici, és a dir, la demanda, el consum o ús i la gestió. Aquesta tesi es centra en l'avaluació de la demanda i en l'ús. Bàsicament, en la demanda i el consum energètic per calefacció, refrigeració i aigua calenta sanitària (ACS). Ja que aquests són els tres usos que té en compte la qualificació energètica per edificis residencials.

A continuació es fa una revisió de la normativa europea, estatal i catalana en relació a l'eficiència energètica dels edificis. En aquesta normativa es presenta, entre d'altres aspectes, la certificació energètica dels edificis.

Per últim, s'avalua quin és l'estat de l'art en quant a la certificació energètica d'edificis. Es defineix en què consisteix la qualificació i la certificació, s'expliquen els punts més importants en forma de preguntes concretes i respostes breus. Finalment, s'expliquen les experiències existents sobre qualificació i certificació energètica d'edificis a nivell europeu, estatal i mundial.

- III. **Eficiència energètica en el sector residencial a Catalunya.** Aquesta part es divideix en dos capítols:
 3. Potencial d'estalvi energètic del sector residencial a Catalunya
 4. Estalvi energètic de les mesures d'eficiència energètica en l'edificació.

Aquesta part de la tesi, pretén assolir dos dels objectius principals d'aquesta tesi, és a dir:

- Avaluar el potencial d'estalvi energètic del sector habitatge a Catalunya segons diferents escenaris d'eficiència que es definiran en base a les diferents normatives existents tant a nivell estatal com autonòmic.
- Prioritzar mesures d'eficiència energètica per edificis en funció del seu potencial d'estalvi i del seu cost, basant-se en la simulació dinàmica de diferents tipologies d'edificis.

Per assolir el primer dels objectius es caracteritza el sector dels edificis residencials a Catalunya i s'avalua la seva demanda en calefacció i refrigeració per a cada zona climàtica utilitzant el software LIDER (metodologia oficial per l'avaluació del

compliment del DB-HE1 del CTE). Segons el número d'habitatges de cada una de les tipologies i dels equips utilitzats per satisfer aquesta demanda es calcula el consum energètic associat a aquests usos per tot el parc d'habitatges de Catalunya. I, segons el mix energètic català, es calculen les emissions de diòxid de carboni associades a aquest consum. Aquest serà l'escenari base.

Les principals fonts utilitzades per aconseguir les dades necessàries són: l'Institut d'Estadística de Catalunya (IDESCAT), l'Institut Català de l'Energia (ICAEN), Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), l'Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya (ITeC) i l'Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético (IDAE). També s'han tingut en compte altres estudis realitzats per Barcelona Regional S.A. com el "Pla de millora energètica de Barcelona" o l'Institut Cerdà com "La contribució de l'habitatge de Catalunya a la reducció d'emissions de gasos amb efecte hivernacle". En aquest estudi, l'autora d'aquesta tesi va participar i va ser la responsable del càlcul i de l'anàlisi de la demanda dels edificis estudiats.

Per definir els escenaris de futur es van seguir les limitacions imposades per la normativa catalana (Decret d'Ecoeficiència) i la normativa estatal (DB-HE1 del CTE). A més, es va definir un tercer escenari tenint en compte només aquelles mesures que havien resultat eficients, des d'un punt de vista d'estalvi i cost, en els anteriors.

De cada un es va fer també un estudi econòmic per determinar quin d'ells suposava un major estalvi pel mateix cost. És a dir, quin era l'escenari més eficient, des d'un punt de vista de reducció d'emissions i econòmic.

Per assolir el segon dels objectius, "prioritzar mesures d'eficiència energètica per edificis en funció del seu potencial d'estalvi basant-se en la simulació dinàmica de diferents tipologies d'edificis", es van fer les simulacions de demanda energètica per a tots els edificis, i totes les zones climàtiques de Catalunya, de cada una de les mesures d'estalvi per a cada escenari. Avaluant l'estalvi aconseguit i el cost de les mesures es proposa un índex d'eficiència i una escala per prioritzar les mesures d'eficiència en funció de la tipologia d'edifici. Amb les mesures considerades eficients, es defineix el tercer escenari de futur, nomenat, escenari d'eficiència, EFIC.

IV. **Certificació energètica d'edificis.** Aquesta part es divideix en 5 capítols.

5. Definició de l'eina CEPEC
6. Proves de consistència i sensibilitat davant simplificacions
7. Proves de l'eina prototip CEPEC
8. Comparació eines CEPEC i CALENER VyP
9. Avaluació de la qualificació energètica d'edificis residencials.

Aquesta part pretén assolir els dos últims objectius d'aquesta tesi, és a dir:

- Definir i avaluar una metodologia de certificació energètica per edificis, CEPEC i avaluar si pot ser alternativa a CALENER VyP.
- Avaluar la variació de la qualificació energètica d'edificis residencials en funció de paràmetres com: zona climàtica i el tipus de font energètica utilitzada pels diferents usos: calefacció, refrigeració i ACS.

El segon gran bloc d'aquesta tesi doctoral es centra en la certificació energètica dels edificis residencials. Es presenta una metodologia de certificació realitzada en el marc d'un projecte europeu, CEPEC, i en el que l'autora d'aquesta tesi va participar en diverses fases del projecte.

Una vegada definida l'eina, es compara amb CALENER VyP, qualificant una bateria d'edificis amb les dues metodologies i comparant els resultats obtinguts.

Es verifica si l'eina CEPEC segueix o no els requisits necessaris segons el Ministeri d'Indústria, Turisme i Ciència, MITyC, per poder ser considerada com a metodologia alternativa.

Per últim, s'avalua com varia la qualificació energètica obtinguda segons CALENER VyP, per diferents tipologies d'edificis i escenaris en els que es consideren com a variables més importants la font energètica, la zona climàtica i els usos. També es fa un estudi econòmic dels diferents escenaris. Així, es pretén determinar quin és l'escenari amb el que s'obté una millor qualificació energètica i quin és el sobrecost associat.

- V. **Conclusions.** Malgrat cada capítol inclou un apartat de conclusions on es detalla cada una de les conclusions a les que s'ha arribat en el capítol en concret, s'ha inclòs una cinquena part a la tesi on es fa un recull de les conclusions més rellevants organitzades per objectius. És a dir, s'especifiquen les conclusions més importants relacionades amb cada un dels quatre objectius plantejats al començament de la tesi. A més, s'inclou una conclusió general o reflexió per concloure la tesi. Finalment, s'especifiquen les futures línies de recerca que es poden derivar d'aquesta tesi.

Finalment, al capítol dedicat a la bibliografia, capítol 11, s'indiquen totes les entrades bibliogràfiques consultades i referenciades en aquest text.

II. MARC GENERAL

2 Marc general

2.1 Introducció

S'entén per “Desenvolupament sostenible”, el progrés que satisfà les necessitats del present sense comprometre la capacitat de les generacions futures per a satisfer les seves pròpies necessitats. Aquesta és la primera definició de desenvolupament sostenible i apareix al 1987 a l'Informe Brundtland (Brundtland, 1992).

Se n'ha parlat molt del desenvolupament sostenible i no sempre utilitzant el terme amb propietat. Això ha fet que aquesta expressió, en els últims temps, hagi pogut perdre part de la seva legitimitat en alguns àmbits. Malgrat tot, és inqüestionable el fet que un canvi en el model de gestió actual dels recursos és necessari. Aquest nou model de gestió ha de ser més respectuós amb l'entorn i segons Jiménez Herrero, s'ha d'entendre com un conjunt de relacions entre sistemes (naturals i socials), dinàmica de processos (energia, matèria i informació) i escales de valors (idees i ètica) (Jiménez Herrero, 2000).

Un dels vectors que fa perillar aquest model és l'energètic. Com s'analitzarà en aquest capítol, amb dades oficials i actualitzades, el consum energètic s'ha disparat en les últimes dècades, no només a Europa, sinó a tot el món. Aquest augment està provocat per moltes causes, entre les que destaquen, l'augment de la població a escala mundial, el fet que totes les societats del món tinguin l'aspiració, legítima, de millorar la seva qualitat de vida i que aquest nivell de progrés estigui íntimament lligat al consum energètic.

La producció d'energia útil, ja sigui elèctrica o tèrmica, té associada uns impactes ambientals i socials lligats al consum d'energies fòssil i nuclear. En aquests moments, la gran preocupació no és tant la disponibilitat física d'energia com la capacitat de reacció de la biosfera davant els fenòmens derivats de la producció i consum d'energia. Cada segon s'expulsen a nivell mundial prop de 1000 tones de gasos com el diòxid de carboni, el metà i l'òxid de nitrogen, els quals s'acumulen a l'atmosfera i provoquen el conegut efecte hivernacle (APE, 2002). Sembla lògic, doncs, que la conservació del medi ambient constitueixi una de les principals preocupacions de l'opinió pública i que, en conseqüència, s'imposi la necessitat d'una ferma actuació de tots per a fer compatible el desenvolupament amb el respecte a l'entorn natural.

La recerca d'alternatives per aconseguir un desenvolupament sostenible a escala mundial que no comprometi els recursos ni el medi ambient esdevé, doncs, un dels aspectes principals de la problemàtica energètica actual. En aquest sentit, la reducció del consum energètic millorant l'eficiència energètica, la introducció de noves formes d'aprofitament energètic i la implantació de les fonts d'energia renovables són mesures capaces d'aportar una contribució molt substancial a la seguretat i sostenibilitat de les necessitats energètiques i, a la vegada, de preservar recursos i protegir el medi ambient per a les generacions futures.

Amb l'objectiu de preservar recursos i protegir el medi ambient, la Unió Europea es va comprometre a la Cimera de Kyoto a reduir les seves emissions d'efecte hivernacle l'any 2012

fins a una xifra un 8% inferior a la de 1990. El Protocol de Kyoto és, avui dia, el compromís internacional més seriós per intentar lluitar contra el canvi climàtic antropogènic. Tot i que, els objectius d'emissió als que es van comprometre els estats membres, fa anys que han estat àmpliament superats. Per exemple, Espanya va sobrepassar les emissions permeses (podia superar un 15% les emissions de 1990) al 1997.

Així doncs, els mecanismes establerts a Kyoto no han estat suficients per controlar les emissions de gasos d'efecte hivernacle.

Tot i l'evidència de l'efecte hivernacle antropogènic, no serà fàcil complir amb els acords de Kyoto. En qualsevol cas, els propers anys seran clau per a la ciència i la política del canvi climàtic, tant a Catalunya com arreu del món. Al 2009 s'ha dut a terme la conferència de Copenhaguen del mes de desembre. El repte era assolir un nou acord internacional que fos signat per tots els estats i que permetés fer un pas més enllà dels compromisos del Protocol de Kyoto, i adoptar noves mesures de mitigació i adaptació més ambicioses i efectives a partir de l'any 2012.

Les decisions preses estan basades en les proves científiques i les recomanacions dels experts en canvi climàtic, principalment les del Grup Intergovernamental d'Experts sobre el Canvi Climàtic (IPCC), el grup d'experts de major prestigi de nivell mundial, creat específicament el 1988 per l'Organització de les Nacions Unides i l'Organització Meteorològica Mundial per aportar els coneixements científics necessaris per afrontar els reptes del canvi climàtic a nivell mundial.

Segons el Quart Informe d'Avaluació de l'IPCC (IPCC, 2007), les emissions mundials de gasos d'efecte hivernacle (GEH) com a resultat de les activitats humanes han augmentat des de l'era preindustrial, amb un augment del 70 % entre 1970 i 2004. Les concentracions atmosfèriques mundials de CO₂, metà (CH₄) i òxid nítrós (N₂O) han augmentat notablement com a resultat de les activitats humanes des de 1750 i són actualment molt superiors als valors preindustrials, determinats a partir de testimonis de gel que abasten molts mil·lennis. Les concentracions atmosfèriques de CO₂ (379 ppm) i de CH₄ (1.774 ppm) el 2005 superen de molt el rang natural de valors dels últims 650.000 anys.

Aquest mateix informe afirma que l'augment de la concentració mundial de CO₂ es deu principalment a la utilització de combustibles d'origen fòssil i, en una part apreciable però menor als canvis d'ús de la terra. (Veure **Figura 2.1-1**)

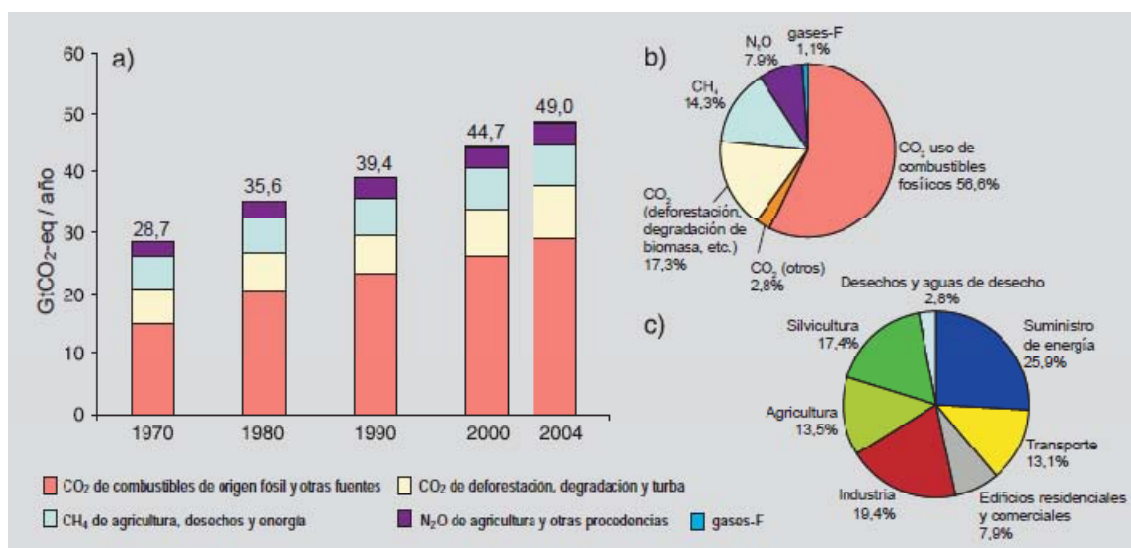


Figura 2.1-1 a) Emissions anuals mundials de GEH d'origen antròpic entre 1970 i 2004. b) Percentatge dels diferents GEH antropogènics respecte les emissions totals el 2004, en termes d'equivalents de CO₂. c) Percentatge de diferents sectors en el total d'emissions de GEH antropogènics el 2004 en termes d'equivalents de CO₂. (Al sector de la silvicultura s'hi inclou la desforestació). Font: 4rt informe d'Avaluació de l'IPCC.(IPCC, 2007)

La major part de l'augment observat de la mitjana mundial de temperatura des de mitjans del segle XX es deu molt probablement a l'augment observat de les concentracions de GEH d'origen humà. És probable que s'hagi experimentat un escalfament antropogen apreciable en els últims cinquanta anys de mitjana per a cada continent, a excepció de la regió antàrtica.

A continuació es presenten les projeccions dels possibles impactes del canvi climàtic a la regió d'Europa. Aquestes projeccions provenen de textos del Resum per a responsables de polítiques del Grup de Treball II, i gaudeixen d'un grau de confiança alt o molt alt respecte de diferents sectors (agricultura, ecosistemes, aigua, costes, salut, indústria i assentaments). Al Resum per a responsables de polítiques del Grup de Treball II s'indiquen les fonts per a cada previsió, els terminis i les temperatures. La magnitud i cronologia dels impactes reals variaran en funció de la magnitud i rapidesa del canvi climàtic, dels escenaris d'emissions, i dels mecanismes de desenvolupament i adaptació.

Així doncs, els impactes que pot provocar el canvi climàtic a Europa es poden resumir en:

- S'espera que el canvi climàtic magnifiqui les diferències regionals pel que fa a riqueses i recursos naturals d'Europa. Entre els impactes negatius, es preveu un major risc de crescudes sobtades a l'interior, una major freqüència d'inundacions a les costes i d'un augment de l'erosió (degut a l'augment de les tempestes i del nivell del mar).
- Les àrees de muntanya experimentaran la retracció de les glaceres, la disminució de la coberta de neu i del turisme d'hivern i una notable pèrdua d'espècies (en algunes àrees de fins un 60 %, en escenaris d'alt nivell d'emissions des d'ara fins a 2080).
- Al sud d'Europa, les previsions indiquen un empitjorament de les condicions (altes temperatures i seques) en una regió que ja és vulnerable a la variació del clima, així com una menor disponibilitat d'aigua i una disminució del potencial hidroelèctric, del turisme estival i, en general, de la productivitat dels conreus.
- El canvi climàtic aguditzaria també els riscos per la salut per efecte de les onades de calor i de la freqüència d'incendis incontrolats.

És evident que les societats s'han enfrontat des de l'antiguitat amb els fenòmens relacionats amb el temps i el clima. No obstant, calen mesures d'adaptació addicionals per reduir els impactes adversos del canvi climàtic i la variabilitat climàtica que es preveuen, amb independència del volum de mesures de mitigació que s'adoptin en les properes dues o tres dècades.

Així els experts del grup III sobre adaptabilitat i mitigació, conclouen que pel sector de l'energia:

- L'opció/estratègia d'adaptació ha de ser la consolidació de les infraestructures secundàries de transmissió i distribució; cablejat subterrani per serveis públics bàsics; eficiència energètica; utilització de fonts renovables; menor dependència d'única font d'energia.
- El marc polític bàsic s'ha de focalitzar en polítiques energètiques nacionals, normatives i incentius fiscals i financers per estimular la utilització de fonts alternatives; incorporació del canvi climàtic en les normes de disseny.
- Les principals limitacions són: accés a alternatives viables; barreres financeres i tecnològiques; acceptació de noves tecnologies i oportunitats d'implementació.
- Les principals oportunitats són: estimulació de noves tecnologies; utilització de recursos locals.

El quart informe d'avaluació de l'IPCC també proposa alguns exemples de tecnologies clau de mitigació sectorial, polítiques i mesures, limitacions i oportunitats.

Així, en el cas del sector de subministrament energètic:

- Les tecnologies clau de mitigació i pràctiques actualment disponibles a nivell comercial són: la millora del subministrament i de l'eficiència de la distribució; substitució del carboni per gas com a combustible; energia nuclear; calor i energies renovables (energia hidroelèctrica, solar, eòlica, geotèrmica i bioenergia); utilització combinada de calor i energia elèctrica; aplicacions de captura i emmagatzemament de diòxid de carboni (CCS)

- Les tecnologies i pràctiques de mitigació que es preveu que siguin comercialitzades abans de 2030 són emmagatzemament de CO₂ procedent de gas natural, CCS en instal·lacions de generació d'electricitat alimentades per gas, biomassa i carbó; energia nuclear avançada; energia renovable avançada, incloses les energies de mares i onades, de concentració solar i solar fotovoltaica.
- Les polítiques, mesures i instruments que han demostrat ser ambientalment eficaços són: Reducció de subvencions als combustibles d'origen fòssil; impostos o gravàmens sobre el carboni aplicats als combustibles d'origen fòssil. La resistència deguda a interessos determinats pot fer difícil aplicar-los. Preus fixats (tipus feed-in tariffs) per a la generació amb tecnologies d'energia renovable; obligacions en energies renovables; subvencions als productors. Podria ser convenient crear mercats per a tecnologies de baixes emissions.

Els mecanismes flexibles previstos a Kyoto són comerç de drets d'emissió, aplicació conjunta i desenvolupament net. Aquestes mesures, sobretot, el comerç de drets d'emissió deixen de banda els sectors difusos, bàsicament edificis i transport.

I són precisament, aquests sectors els que suposen el 55% de les emissions globals (Cuchi & Pagès, 2007). Així, quines són les mesures concretes que es plantegen pels sector edificis.?

Un dels camins per a intervenir sobre els sectors difusos, els no inclosos en la Directiva i, per tant, sobre individus i empreses no subjectes directament a limitacions de drets d'emissió, s'ha produït bàsicament a través de la regulació de l'eficiència energètica i d'emissions en l'ús dels productes de determinades indústries o sectors.

Aquestes indústries o sectors tenen en comú l'estar controlades administrativament i que l'ús dels seus productes genera emissions significatives en el global de les emissions de GEH. Complementa aquesta regulació la transmissió al públic de la informació sobre la seva eficiència energètica per a anar introduint-los com un factor de competitivitat, en tant el consum d'energia en l'ús d'aquests productes implica costos per a l'usuari.

Així, les directives europees sobre eficiència energètica en aparells domèstics, les regulacions de les emissions dels automòbils o l'eficiència energètica en els edificis, segueixen aquesta estratègia d'eficiència energètica de sectors importants però difusos en l'emissió de GEH com són l'equipament domèstic, el transport o la climatització d'edificis.

L'establiment de limitacions a les emissions en aquests productes i la promulgació d'una qualificació energètica (de la A a la G) informativa de la seva eficiència relativa enfront dels seus competidors del mercat, ha estat el mecanisme utilitzat per la Unió Europea per a fomentar l'eficiència en aquests sectors.

Efectivament, segons el quart informe de l'IPCC, les tecnologies clau per mitigar els impactes del canvi climàtic en el sector edificis són:

- Les tecnologies clau de mitigació i pràctiques actualment disponibles a nivell comercial són: Il·luminació eficient i aprofitament de la llum del dia; aparells elèctrics i dispositius de calefacció i refrigeració més eficients; millora dels cremadors de les cuines, millora de l'aïllament; disseny solar passiu i actiu per a calefacció i refrigeració; fluids de refrigeració alternatius, recuperació i reciclatge dels gasos fluorats.
- Les tecnologies i pràctiques de mitigació que es preveu que siguin comercialitzades abans de 2030 són: Disseny integrat d'edificis comercials que incorporen tecnologies com ara sensors intel·ligents que permetin el control i introduir reajustaments; energia fotovoltaica solar integrada en els edificis
- Les polítiques, mesures i instruments que han demostrat ser ambientalment eficaços són:

- Normes i etiquetatge d'electrodomèstics Necessitat de revisió periòdica dels estàndards. Codis i certificacions de construcció. Interessant per edificis nous, però el compliment pot ser difícil.
- Programes de gestió de la demanda. Necessitat de reglamentacions en benefici dels serveis públics bàsics.
- Programes de lideratge del sector públic i, en particular, compres públiques. Les compres estatals poden augmentar la demanda de productes energèticament eficients.
- Incentius per empreses de serveis energètics (ESCO) Factors d'èxit: possibilitat de finançament per part de tercers.

Cal destacar que el IPCC que, fins el moment, és el grup d'experts més important i respectat en l'àmbit de l'estudi sobre el canvi climàtic, proposa, com una de les accions per mitigar els impactes associats a aquest canvi, les certificacions en l'àmbit de la construcció, encara que avisa que la seva implantació i compliment pot ser difícil.

És en aquesta direcció que s'orienta la realització d'aquesta tesi doctoral, en l'àmbit de l'eficiència, la qualificació i certificació energètica d'edificis.

Així, l'Informe Mundial de l'Energia (PNUD 2000) assenyala que es malbarata el 30% de l'energia. Els països industrialitzats podrien estalviar entre el 25%-35% de l'energia primària que consumeixen. El Llibre Verd (2000) i el Pla d'Acció (2000) per a la millora de l'eficiència energètica en la UE contempnen la possibilitat de l'estalvi del 18% de l'energia que es consumeix en la UE. La Directiva d'Eficiència de l'ús final de l'energia i serveis energètics preveu un estalvi del 9% en 2015. L'Agència Europea del Medi ambient (EEA, 2004) veu possible estalviar el 20% de l'energia primària en la Unió Europea (UE-15), i encara més amb l'ampliació.

Així mateix, en el paquet de mesures sobre energia i canvi climàtic de la Comissió de la UE, presentat el passat 10 de gener de 2007, i pel qual es pretén reduir les emissions d'efecte hivernacle almenys en un 20% des de 1990 a 2020, s'amplien les mesures del Pla d'Acció sobre Eficiència Energètica, aprovat el 19 d'octubre de 2006, l'objectiu del qual és arribar a un estalvi d'energia primària en la UE del 20% en 2020.

Això suposaria un estalvi de 390 milions de tones de petroli equivalents i una reducció d'emissions de CO₂ de 780 milions de tones.

Els edificis i el transport són elements clau en aquest pla. Es proposen ara normes més rigoroses, el foment dels serveis energètics i mecanismes específics de finançament per a donar suport a productes més eficients.

La Comissió de la UE establirà així mateix un pacte entre alcaldes d'entre 20 i 30 ciutats europees pioneres en la matèria i proposarà un acord internacional sobre l'eficiència energètica.

A Espanya el document Estratègia d'Estalvi i Eficiència Energètica a Espanya 2004-2012 (E4)³ planteja un objectiu d'estalvi global d'energia primària de gairebé 10000 ktep a l'any, el que suposa una reducció del consum del 9% en 2012, respecte a l'escenari base o de referència. Els estalvis anuals previstos es quantifiquen en el sector del transport en 4800 ktep i en el de l'edificació en 1700 ktep. Altres objectius indirectes de la E4 són l'augment de la competitivitat i millora de l'ocupació, la millora del autoabastiment energètic (fins a arribar al 27%) i la reducció de les emissions, que es quantifiquen a partir de 2012 en 42 Mt CO₂ anuals. (Cuchí & Pagès, 2007)

³ Ordre ECO/3888/2003, de 18 de desembre, per la qual es disposa la publicació de l'Acord de Consell de Ministres de 28 de novembre de 2003, pel qual s'aprova el Document d'Estratègia d'estalvi i eficiència energètica a Espanya 2004-2012.

2.2 L'energia al món.

En l'apartat anterior s'ha parlat de les conseqüències de l'augment del consum energètic al món i quines són les polítiques que es volen impulsar per tal de controlar aquest consum i les emissions que se'n deriven per intentar complir amb els compromisos de reducció d'emissions adquirits al Protocol de Kyoto.

En aquest punt es justifica l'augment del consum energètic i de les emissions, presentant les dades oficials i actualitzades a 2009, tant del consum d'energia final com del subministrament d'energia primària necessària per produir l'energia útil que finalment s'utilitzarà en els diferents sectors econòmics.

S'explicarà quina ha estat l'evolució del consum d'energia final, primària i la producció d'energia elèctrica, des de 1973 fins el 2007 (últim any amb dades oficials disponibles) al món en general i als països de la OCDE en particular.

Per últim, es presentaran les dades sobre distribució del consum d'energia per sectors. L'objectiu és destacar la importància del sector domèstic i serveis en el consum total d'energia. Són en aquests sectors on el consum energètic associat als edificis és protagonista.

2.2.1 Balanç energètic.

En aquest punt es presenten i comenten les dades sobre el subministrament d'energia primària i el consum d'energia final al món per combustibles i per regions. També es presenten les dades pels països de la OCDE⁴.

2.2.1.1 Balanç mundial

Segons l'Agència Internacional de l'Energia (IEA), el subministrament mundial d'energia primària durant el 2007 va ser de 12029 Mtep (mil·lions de tones equivalents de petroli, en anglès Mtoe), això vol dir un 97% més respecte a l'any 1973, que van ser 6115 Mtep i un 8% més que al 2004 que va ser de 11059 Mtep. Els combustibles fòssils segueixen dominant el panorama energètic, proporcionant aproximadament el 80% del total de l'energia. Les energies renovables només han augmentat un 0,6 % durant el període de 1973 a 2007. El gas natural i l'energia nuclear han sofert els principals augments, un 4,9% i un 5% respectivament, en detriment del petroli que ha disminuït en 12,1%. (IEA, 2009)

En quant al consum d'energia final, cal destacar l'augment del consum elèctric d'un 7,7% del 1973 al 2007. El consum de renovables també ha augmentat un 1% en el mateix període. El carbó i el petroli han sofert una disminució del 4,4% i del 5,5% respectivament

Als següents gràfics es pot veure l'evolució del subministrament d'energia primària al món i l'evolució del total d'energia final consumida.

⁴ OCDE: Organització per a la Cooperació i el Desenvolupament econòmic

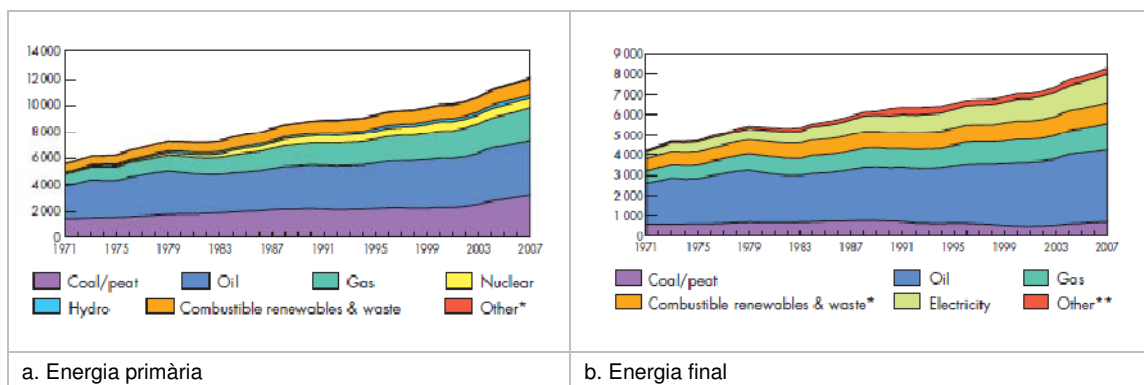


Figura 2.2-1 Evolució mundial de subministrament d'energia primària i del consum d'energia final. (Mtep) ** (Other: Inclou geotèrmica, solar, eòlica, etc. Font: IEA 2009)

En quant a l'evolució del repartiment de subministrament d'energia primària i de consum d'energia final segons les diferents regions mundials, es pot veure com els països d'economies emergents han anat augmentant progressivament tant el subministrament d'energia primària com el consum d'energia final. Així Xina i Àsia (sense incloure Xina) han augmentat un 9,4% i un 5,8 % respectivament el subministrament d'energia primària i un 7,3% i un 5,1% respectivament el consum d'energia final. A més, en quant el consum d'energia final els països de l'est, Amèrica Llatina i Àfrica també han augmentat el seu consum en 3,6%, 1,4% i 1,9% respectivament.

Als següents gràfics es pot veure l'evolució del repartiment per regions del subministrament d'energia primària al món i l'evolució del total d'energia final consumida.

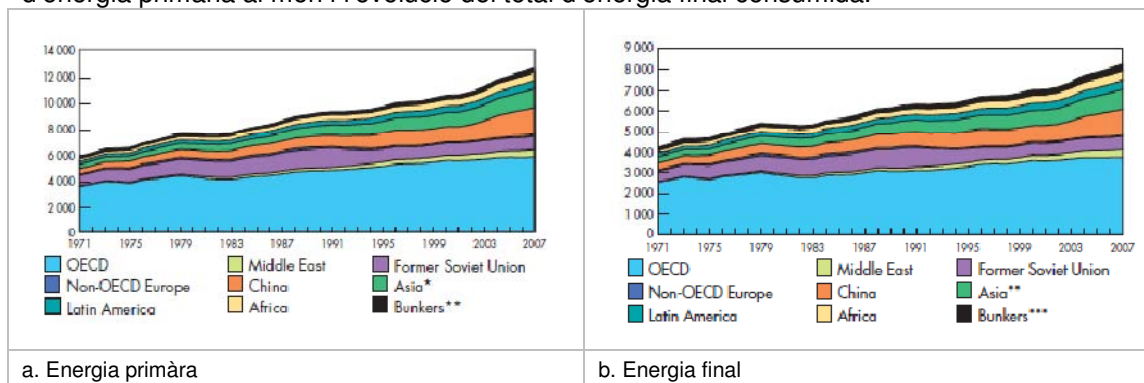


Figura 2.2-2 Evolució del repartiment per regions del subministrament d'energia primària i del consum d'energia final (Mtep)(* Asia: Excloent Xina; ** Bunkers: vols internacionals...) Font: IEA 2009

2.2.1.2 Països OCDE

Referent al repartiment en funció de la regió OCDE, cal destacar que el subministrament de l'energia primària en aquests països ha augmentat des de l'any 1973 en un 46%, això suposa un ritme mig de creixement inferior al de la mitja anual mundial. Això s'explica en part per un millor ús de l'energia per part d'aquests països, però sobretot al major augment del creixement de la demanda en altres països amb economies emergents, i a l'evolució diferenciada dels diferents sectors productius.

Als següents gràfics es pot veure l'evolució del repartiment per regions de la OCDE del subministrament d'energia primària al món i l'evolució del total d'energia final consumida.

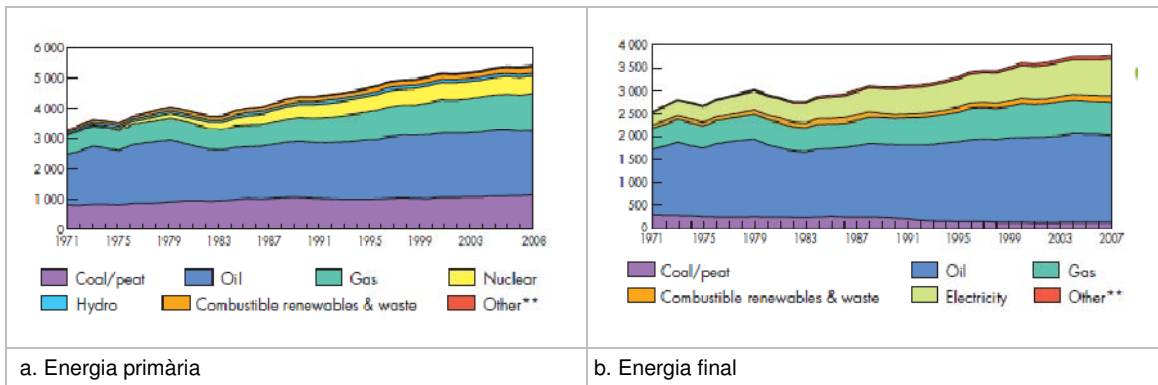


Figura 2.2-3 Evolució de subministrament d'energia primària i del consum d'energia final de les regions de la OCDE per combustible (Mtep) ** (Other: Inclou geotèrmica, solar, eòlica, etc. Font: IEA 2009) Font: IEA

En quant al subministrament d'energia primària, els combustibles fòssils són els predominants tant en el mercat energètic mundial com en el dels països de la OCDE, sent el petroli el més significatiu (37,3%) seguit del gas (23,7%) i del carbó (20,9%). L'energia nuclear és la que més ha augmentat, passant del 1,3% de l'any 1973 al 10,9% del 2008. Tot i que les nuclears al 2004 suposaven un 11%, aquesta lleugera disminució es deu a que les polítiques energètiques actuals de bona part dels països de la OCDE tendeixen a disminuir la participació de l'energia nuclear, evitant noves centrals i tancant les obsoletes. Les energies renovables també han experimentat un creixement important passant d'una participació del 2.3 % al 1973 fins un a 4,1 %.

Pel que fa al consum d'energia final, també són els combustibles fòssils els que suposen un major percentatge en el consum total (73%), el segon tipus d'energia final és l'electricitat amb un 21,1% al 2007. L'electricitat és l'energia que ha augmentat més des del 1973 amb un 9,6%, les renovables també han augmentat un 1,1% des del mateix any. Per contra, el carbó ha disminuït un 6.6% i el petroli un 6,5%. El gas només ha augmentat un 1,2%.

2.2.2 Producció d'electricitat

En quant a la producció d'electricitat, les centrals tèrmiques al 2007 van produir el 67% de l'electricitat mundial. Les centrals nuclears el 14.8%, la hidràulica el 16% i les renovables només suposen un 2.3%.

Comparant els percentatges amb les dades de producció elèctrica del 1973, es pot veure com l'energia nuclear ha experimentat un augment del 10.5%, el gas també ha augmentat un 8.9%, el carbó un 3.2% i les renovables un 2%. Per contra el petroli i la hidràulica han disminuït un 19.1% i un 5.4% respectivament.

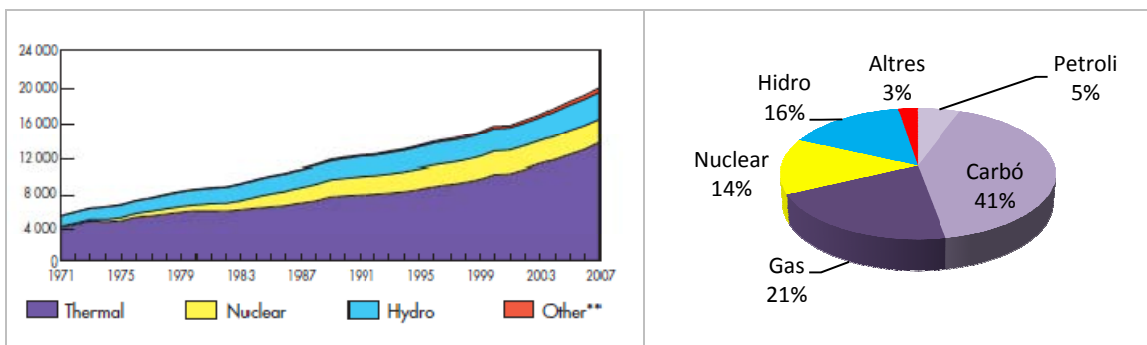


Figura 2.2-4 Evolució de la producció elèctrica mundial per combustibles. (TWh) ** (Other: Inclou geotèrmica, solar, eòlica, etc. Font: IEA 2009) Font: IEA 2009

Els països de la OCDE van produir el 53.9 % de l'electricitat mundial, tot i que al 1973 aquest percentatge era del 72,9%. Tot i així continuen sent els països que produeixen més electricitat al món. Els països de la Unió soviètica també han disminuït el percentatge de producció d'electricitat mundial, passant d'un 15% a un 7,5%. Per contra, la Xina i els països asiàtics han passat del 2,8% i el 2.6% al 16.8% i 9% respectivament del 1973 al 2007, és a dir, la Xina ha augmentat un 14% i la resta de països asiàtics un 6,4%. Els països de l'est també han augmentat un 3% passant d'un 0,6 al 3,6%. L'Amèrica Llatina i els països africans també han augmentat lleugerament el percentatge de producció elèctrica mundial.

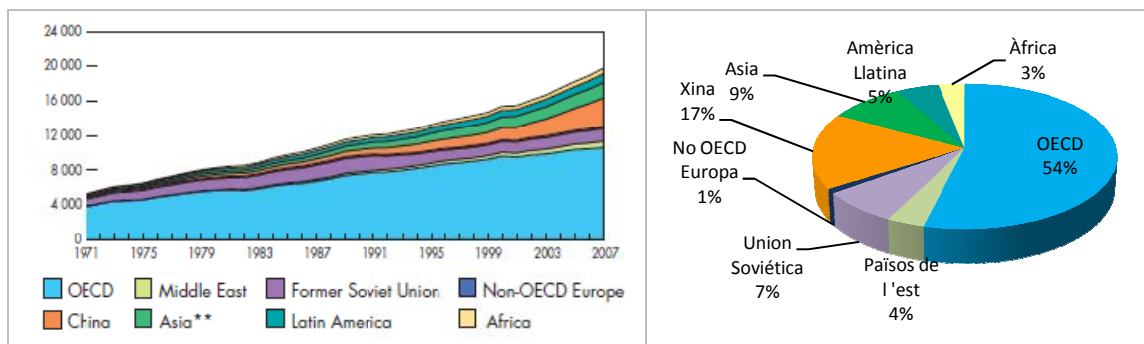


Figura 2.2-5 Evolució de la producció elèctrica mundial per regions. (Mtep) (** Asia: Excloent Xina)
Font: IEA 2009

2.2.3 Consum d'energia final per sectors.

L'augment del consum energètic en els últims anys, s'ha fet evident en el punt anterior. Però, com es reparteix el consum energètic en els diferents sectors econòmics?. És important saber quins són els sectors més importants des d'un punt de vista de consum energètic, per poder definir les estratègies polítiques i legislatives que permetin una reducció del consum d'energia i per tant, una reducció de les emissions de gasos d'efecte hivernacle.

Les dades oficials sobre el consum energètic per sectors, s'han extret d'EUROSTAT. No s'han inclòs les dades a nivell mundial perquè l'àmbit d'acció d'aquesta tesi és l'europeu, ja que les lleis estatals i autonòmiques es basen en les directives europees que la UE dicta en l'àmbit energètic.

2.2.3.1 Europa

Segons l' Institut Europeu d'Estadística, EUROSTAT, l'evolució del consum d'energia final a Europa (considerant Europa 27) és la següent:

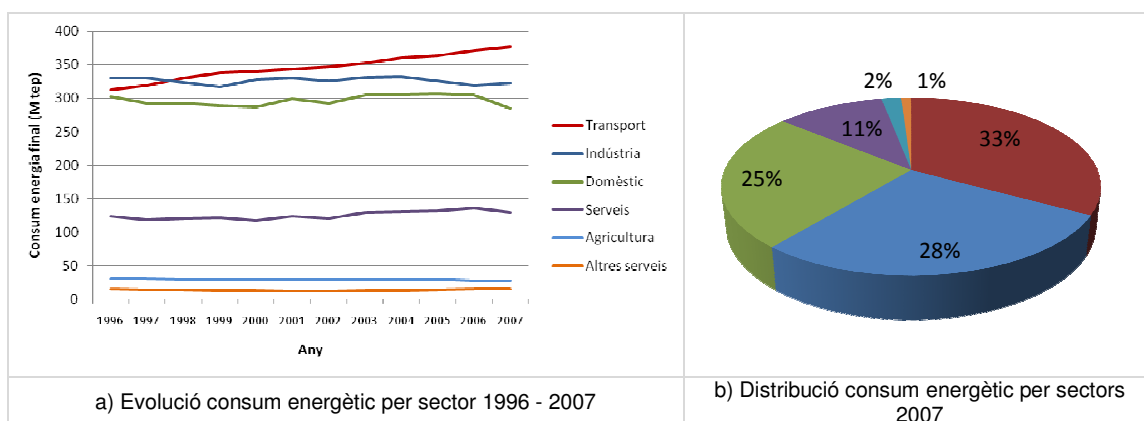


Figura 2.2-6 Evolució del consum d'energia final a Europa 27 per sectors. Font: EUROSTAT, 2009.
Elaboració pròpia

Com es pot veure al gràfic, a Europa, els tres sectors més importants en quant al consum energètic són el transport, la indústria i el sector domèstic. El consum associat als edificis estaria inclòs al sector domèstic i al de serveis. La suma d'aquests dos sectors suma el 36 % del total del consum d'energia final a Europa.

2.2.3.2 Espanya

Segons EUROSTAT, l'evolució en el cas d'Espanya és la següent:

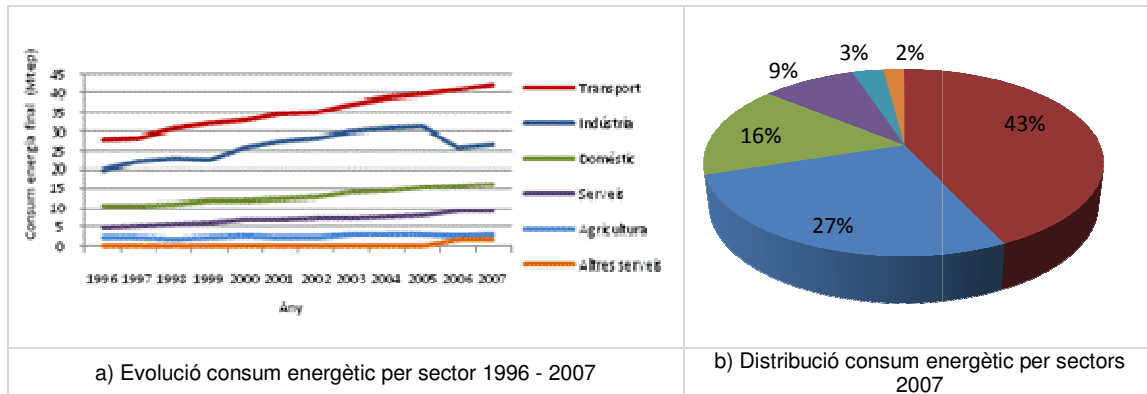


Figura 2.2-7 Evolució del consum d'energia final a Espanya per sectors. Font: EUROSTAT, 2009. Elaboració pròpia

En el cas d'Espanya, els tres sectors més importants, en quant al consum d'energia final, són, per aquest ordre, el transport, la indústria i el sector domèstic. A Espanya, la diferència entre el sector domèstic i el de serveis no és tan gran com a Europa. En el cas espanyol el sector domèstic i serveis suma el 25 % del consum d'energia final total.

Es veu com a Espanya, el consum associat a tots els sectors augmenta progressivament, excepte en el cas de la indústria on hi ha una davallada al 2006. Cal dir però que les dades a partir del 2000 són provisionals.

Segons Cuchí, les emissions associades als edificis suposen un 20% de les emissions totals a Espanya. (Cuchí & Pagès, 2007)

2.2.3.3 Catalunya

Segons l'Institut Català de l'Energia, l'evolució del consum per sectors és el que es pot veure a la següent figura:

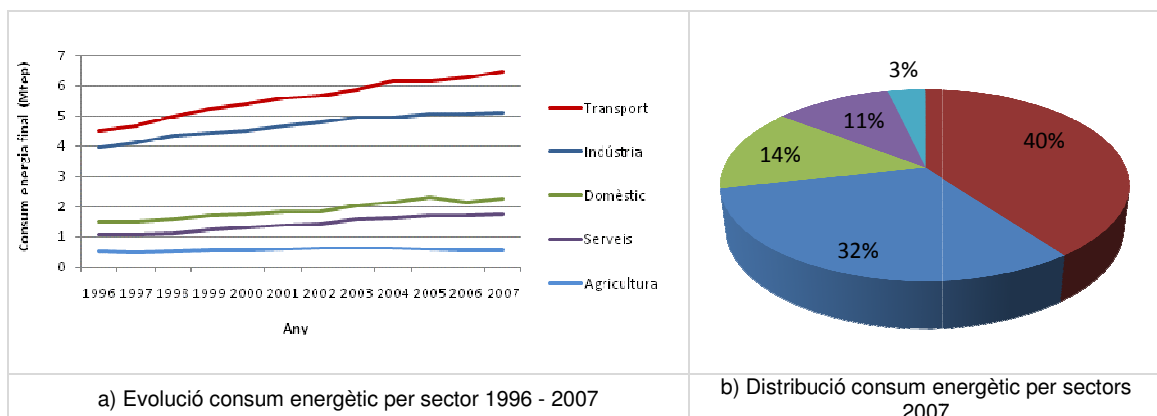


Figura 2.2-8 Evolució del consum d'energia final a Catalunya per sectors. Font: ICAEN. Elaboració pròpia.

Així, en el cas de Catalunya, el sector domèstic i de serveis també representa el 25 % igual que a l'Estat Espanyol. Pel que fa a la distribució del consum energètic per sectors, veiem que el principal consumidor d'energia és el transport, amb un 40% del consum total, seguit de la indústria amb un 32% i del consum domèstic i de serveis amb un 25%.

2.3 Energia als edificis

Els fluxos energètics associats al cicle de vida d'un edifici es poden classificar en:

- Fluxos estàtics, associats a la fabricació i transport dels materials de construcció fins l'obra, incloent també la deconstrucció.
- Fluxos dinàmics, associats a l'ús i l'explotació de l'edifici

Segons estudis realitzats per quantificar el pes de cada fase del cicle de vida d'un edifici, entre el 20 y 33% del total de l'energia consumida està associada a fluxos estàtics i entre el 66 i el 80% restants estan associats a la fase d'ús i explotació de l'edifici. (López, 2006)⁵. (Cuchí & Pagès, 2007)

Així aquesta tesi es centra en els fluxos dinàmics d'energia. Cal tenir en compte que per minimitzar el consum energètic d'un edifici, primer s'ha de dissenyar un edifici que necessiti el mínim subministrament d'energia, mitjançant equips, per satisfer la demanda d'energia tant a l'estiu com a l'hivern.

Les emissions associades al consum energètic final en un edifici depenen de tres paràmetres:

1. La demanda energètica de l'edifici. Aquesta demanda depèn:
 - del tipus d'envolupant de l'edifici, és a dir de la composició dels tancaments opacs i semitransparents,
 - de criteris de disseny com l'orientació, geometria de l'edifici,
 - de les condicions climàtiques de la zona on es construirà l'edifici i per últim,
 - de l'ús que tindrà aquest per poder determinar les càrregues internes segons l'ocupació, els horaris de funcionament, etc.

Aquests paràmetres definiran les pèrdues i els guanys tèrmics que tindrà l'edifici, i per tant, la demanda energètica global, tant de calefacció com de refrigeració, així com la demanda de ACS

2. L'ús de l'edifici. Cal preveure que, una vegada l'edifici construït, els usuaris d'aquest en faran ús i per tant, s'hauran de projectar els sistemes de calefacció, refrigeració i ACS per tal de satisfer la demanda de l'edifici.

El consum energètic que tindran aquests sistemes dependrà de la demanda de l'edifici, però també del rendiment dels equips, de les hores de funcionament,..

3. La gestió. Per últim, cal definir quin és el tipus de control dels diferents sistemes i també s'haurà de tenir en compte que el comportament dels usuaris sigui el correcte. És a dir, que els equips estiguin en funcionament quan sigui realment necessari, que les temperatures de confort siguin les adequades, etc... Aquest paràmetre és molt difícil de controlar. Fabian López demostra a la seva tesi doctoral que la gestió és un dels paràmetres més importants a l'hora d'avaluar el consum energètic final d'un edifici. (López, 2006)

En qualsevol cas, la certificació energètica dels edificis residencials nous, només considera la demanda i l'ús, entès com a la definició dels sistemes que projecta el responsable de l'edifici sota unes hipòtesis de funcionament de l'edifici que són estàndards per tots els edificis qualificats i certificats. És a dir, la certificació d'edificis nous avalua l'edifici, no l'usuari.

⁵ Estudi realitzat pel Dpt. De Construccions Arquitectòniques I de l'Escola d'Arquitectura del Vallès de la UPC per a l'ICAEN

2.3.1 Distribució del consum energètic en funció dels usos

Els consums d'energia en el sector domèstic depèn del clima, a més de les característiques dels edificis i del rendiment de les instal·lacions tèrmiques i d'il·luminació.

En qualsevol cas, a mode d'exemple i, segons diferents autors, la distribució del consum d'energia en un habitatge tipus a Espanya és la següent: (IDAE, 2010)

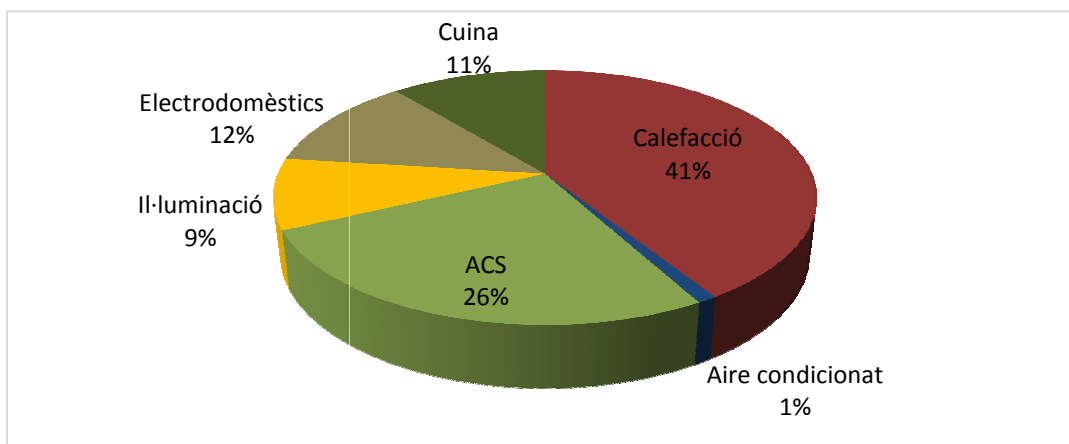


Figura 2.3-1 Distribució consum energètic en un habitatge. Font: (IDAE, 2010)

Es pot veure que, en general, el consum més elevat està associat a la demanda de calefacció dels edificis, seguit per l'aigua calenta sanitària i els electrodomèstics. Així un consum elevat ve donat, en part, a les deficientes condicions d'aïllament dels edificis i a les pròpies característiques constructives.

Per estalviar energia i reduir les emissions de diòxid de carboni, s'ha d'actuar en base a dos grans aspectes:

1. Reducció de demanda i pèrdues tèrmiques amb alternatives referides a l'envolupant de l'edifici. L'elecció de les diferents opcions catalogades, configuren graus d'eficiència energètica variables, i el promotor haurà d'adoptar la qualificació pel seu propi edifici. S'ha d'actuar sobre el disseny de l'edifici, és a dir, aplicar criteris d'arquitectura bioclimàtica i sobre la pell de l'edifici, és a dir, materials i tipus de tancaments. L'objectiu de l'arquitectura bioclimàtica és aconseguir l'eficiència energètica de les diferents construccions permetent estalviar, optimitzant les condicions climàtiques. D'acord amb els tècnics, l'aplicació de l'arquitectura bioclimàtica pot representar estalvis energètics d'entre el 70% i el 80% respecte dels edificis construïts amb tècniques convencionals. No obstant, el cost de construcció de les vivendes s'estima en un 10% superior al d'altres vivendes que no disposen de criteris mediambientals en la seva construcció (Udg, 2002). Per aquest motiu, l'arquitectura i la construcció bioclimàtiques haurien d'anar acompanyades de mesures normatives i econòmiques que les facin possibles.
2. Augment del rendiment de les instal·lacions energètiques amb opcions de sistemes i fonts d'energia: La tria d'aparells electrodomèstics i instal·lacions de climatització, ACS, enllumenat amb un elevat grau d'eficiència energètica, comporta un gran estalvi d'energia i, conseqüentment, una reducció de la despesa econòmica. Així, es calcula que, aplicant les tecnologies actualment disponibles i apostant pels electrodomèstics i les instal·lacions eficients, l'estalvi energètic potencial al sector domèstic pot arribar a situar-se entre el 25% i el 35%. (Miv, 2005)(Paris, 2005)

El sector domèstic és, per tant, un dels que presenta un major potencial d'estalvi. Això no obstant, cal tenir en compte que aquest potencial té la seva base de càlcul en la suma de centenars de milers d'unitats de consum -els habitatges-, de manera que l'assoliment d'objectius globals d'eficiència depenen de l'actuació individual de cadascun dels ciutadans. Per aquest motiu, si bé l'estalvi que s'aconseguiria a gran escala si hi hagués un canvi d'hàbits i s'apliquessin determinades mesures senzilles d'estalvi seria molt significatiu, el desconeixement o la falta d'estímuls a petita escala fa que els avenços que s'assoleixen no ajudin a capgirar la tendència d'augment del consum.

Referent a l'energia dels edificis que es destina calefacció, aigua calenta, aire condicionat i il·luminació, s'estima que existeix un potencial d'estalvi -que es podria considerar eficaç en cost- d'un **22%** respecte al consum actual, i que podria realitzar-se pel 2010. Com s'indicava en l'informe intermedi sobre el canvi climàtic a Europa, la xifra es basa en les hipòtesis que als edificis existents es porten a terme obres de manteniment i rehabilitació a un ritme normal, que l'augment net de nous edificis sigui d'un 1.5 % anual, i que augmenti progressivament el percentatge d'utilització de les tecnologies més avançades. (IPCC, 2007)

2.3.2 Demanda energètica d'edificis

Com s'ha vist en el punt anterior, l'ús més important és el de la calefacció. Per tant, aquesta tesi es centra, sobretot, en aquest ús. En primer lloc cal tenir clar què és i com es pot avaluar la demanda energètica en calefacció i refrigeració d'un edifici.

2.3.2.1 Definició de la demanda energètica

El flux d'energia d'una edificació durant la seva vida útil respon a un balanç de pèrdues i guanys energètics segons les seves característiques i el bescanvi energètic interior - exterior. El resultat d'aquest balanç, tant si és positiu com negatiu, serà la càrrega tèrmica a satisfer pel període d'estudi considerat, ja sigui aportant calor o fred, segons l'època de l'any. La demanda energètica anual d'un edifici és la suma de les càrregues positives o negatives de l'edifici.

Per pre-dimensionar els sistemes de climatització, es realitza una anàlisi de les càrregues tèrmiques de l'edifici. En el cas de la calefacció es farà l'anàlisi de les càrregues tèrmiques en la pitjor situació d'hivern, és a dir, quan la diferència de temperatura interior - exterior sigui màxima. En el cas de la refrigeració l'anàlisi de càrregues es farà en la pitjor situació d'estiu. Això només servirà per determinar la potència dels equips de calor i fred i no té res a veure amb l'energia que consumirà l'edifici.

Així, la demanda energètica estarà referida no només als moments de demanda "punta" sinó a un determinat període de temps, normalment un any, en el que es vol conèixer quanta energia és necessari aportar a l'edifici.

2.3.2.2 Tipus d'anàlisis

L'avaluació de la demanda energètica d'un edifici pot fer-se de diferents formes en funció de la informació disponible de tots els factors que la condicionen i dels objectius de l'anàlisi que es vulgui fer. Es poden fer anàlisis a partir de valors de referència o anàlisis més detallats que realitzin un balanç energètic de l'edifici per un període determinat.

Els anàlisis que es basen en valors de **referència** són molt aproximats i no permeten fer una anàlisi detallada de la demanda de l'edifici. Així existeix el mètode LT (Bakers N, 1994). És una eina que permet a partir de dades bàsiques de les característiques de l'edifici i la definició de zones passives i no passives, establir valors estimats de demanda global de l'edifici, separant els diferents usos energètics: calefacció, refrigeració, il·luminació.

Per contra, els mètodes d'avaluació de la demanda a partir del **balanç d'energia**, són més exactes. Aquests es basen en l'anàlisi del balanç de fluxos energètics per un període determinat. S'ha de tenir en compte: les pèrdues i guanys a través dels tancaments, per les infiltracions i renovacions d'aire i les càrregues internes degudes a ocupants, equips i il·luminació.

Els fluxos de calor que intervenen en el balanç energètic d'un edifici estan associats als mecanismes bàsics de transmissió de calor:

- **Conducció:** La transmissió de calor es realitza a través dels tancament opacs i semitransparents
- **Convecció:** La transmissió de calor es realitza entre l'aire exterior i la superfície exterior dels tancaments; entre la superfície interior d'aquests i l'aire interior; també a l'interior de les cambres d'aire dels tancaments.
- **Radiació:** La transmissió de calor per radiació es pot produir per intercanvi de radiació longitud d'ona curta (solar) i els de longitud d'ona llarga (infraroja). Els primers afecten a l'absorció que té lloc en l'interior de l'edifici, però també als processos que modifiquen la radiació solar incident sobre les superfícies exteriors. Els segons apareixen tant en els intercanvis radiants entre les superfícies exteriors com en les interiors.

Aquests mètodes es poden agrupar en els que fan un anàlisi mono o multizona i en funció del règim de transferència de calor que consideren, ja sigui estacionari, estacionari variable i transitori.

Els mètodes d'anàlisi unizona consideren l'edifici com un volum únic, amb un únic ús, i una pell que separa l'espai de l'ambient exterior. Aquestes eines són ràpides i senzilles, però els resultats obtinguts són menys precisos. Algun exemple d'aquesta eina és CODYBA i TRNSYSlite. El primer també disposa d'una versió d'anàlisi multizona i el segon és una versió simplificada del conegut software de simulació energètica TRNSYS.

Els mètodes d'anàlisi multizona consideren diverses zones de l'edifici, que poden ser tots els espais que intercanvien calor no només amb l'exterior i el terreny, sinó entre si i que suposen un balanç energètic més complex i més proper a la realitat. LIDER, TRNSYS, RadTHERM, EnergyPlus són exemples d'eines informàtiques que es basen en un mètode d'anàlisi multizona.

2.3.3 L'ús

És necessari definir que l'ús d'un edifici està referit no només al conjunt d'activitats que es desenvolupen en ell (ocupació d'espais), sinó també a la utilització dels sistemes i aparells que consumeixen els recursos energètics que utilitza per a realitzar aquestes activitats i el que és més important, satisfer les necessitats de confort dels usuaris.

Des d'aquest punt de vista, l'ús d'un edifici incideix en diferents nivells i de diferent forma en el càlcul de la demanda i en el consum final d'energia.

Per al càlcul de la demanda, per exemple, es considera normalment un ús tipificat que defineix el perfil d'ocupació de l'edifici i l'aportació en termes de càrrega latent i sensible dels diferents locals de l'edifici.

En l'estimació del rendiment de les màquines i sistemes de l'edifici també es considera un determinat perfil d'ús que estarà referit a la intermitència amb la que s'utilitzin els sistemes i a uns determinats "hàbits d'ús dels usuaris". Però a més, en l'anàlisi de l'ús serà necessari considerar altres factors associats, com les singularitats i hàbits dels propis usuaris (hores no previstes d'ús, volum inesperat d'usuaris, etc.) i no només per a l'ocupació dels espais de l'edifici, sinó també als sistemes que utilitza l'edifici per satisfer la demanda energètica i que,

finalment, són els que consumeixen els recursos energètics, ja que en el disseny d'aquests sistemes es pressuposa un ús determinat que no sempre és el que s'acaba produint i pot arribar a diferir bastant del que s'havia previst.

Si es tenen en compte aquests factors addicionals associats a l'ús, aleshores, s'estan considerant aspectes relacionats amb l'administració tant de l'ús com dels recursos energètics, i en aquest sentit s'estaria parlant més que de l'ús, de la gestió de l'edifici.

2.3.4 La gestió

És habitual que l'estimació de la demanda energètica variï considerablement del consum final d'energia, malgrat haver suposat les pèrdues associades al funcionament dels sistemes i el rendiment global. Aquesta diferència, que en alguns casos pot ser molt important, està relacionada directament amb els factors que influeixen en el consum i que són susceptibles de més variació, com pot ser el cas de l'ús i la gestió de l'edifici i els recursos energètics que es consumeixen.

Gran part de l'energia que s'utilitza en l'edifici, té com a objectiu assegurar el confort per a realitzar les activitats, per això una anàlisi de la gestió seria útil per a determinar si els recursos energètics que es consumeixen realment estan atenent aquestes necessitats de confort dels usuaris, o si per contra, s'està aportant energia, en el cas de la climatització, per exemple, en forma de fred o calor en els moments o en les quantitats que no es necessiten i, per tant, s'està produint un malbaratament de l'energia.

En el cas del projecte d'un edifici nou seria molt important que l'anàlisi de la demanda energètica hagi considerat totes i cada una de les singularitats de l'ús i la gestió per a definir un perfil d'ús i gestió que s'adapti a la realitat de l'edifici.

Quan s'analitzen les necessitats energètiques d'un edifici amb una determinada eina, no bastarà que ens informi que és necessari aportar una determinada quantitat de kWh de calefacció o refrigeració a l'any, sinó que serà necessari que ens informi "com" o "quan" s'ha de donar aquesta calor o fred al llarg de l'any, del mes, de les setmanes i sobretot, del dia. Això vol dir que, no només és necessari definir la quantitat de recursos a utilitzar, sinó la forma en que s'han de gestionar.

Totes les actuacions dirigides a optimitzar l'ús i la gestió d'un edifici poden tenir una gran incidència en el consum energètic final.

En qualsevol cas, aquesta tesi està dirigida a l'estudi de la demanda i el consum dels edificis tal i com els considera la normativa actual per determinar la qualificació energètica dels edificis. En el cas d'habitatges i petit terciari els perfils d'ús i gestió de l'edifici ve determinat per la pròpia eina i no són modificables. En el cas de la certificació d'edificis de gran terciari, sí que és possible modificar i adaptar a la realitat tant els perfils d'ús com els de gestió.

2.4 Marc legislatiu actual

A nivell normatiu i en el context europeu s'han desenvolupat normatives que regulen diferents accions per tal de disminuir el consum energètic en edificis i millorar l'eficiència energètica.

A continuació es presenten les normatives europees, estatals i regionals referents a l'eficiència dels edificis que estan vigents actualment.

Segons Cuchí, és essencial la definició d'una estratègia que ha d'incidir sobre tres àmbits concrets (Cuchí & Pagès, 2007):

- Reduir les emissions del parc existent. El parc edificat ha d'estar en permanent transformació cap a l'augment de la seva eficiència, i aquesta dinàmica ha de ser un dels objectius prioritaris d'una estratègia en la reducció d'emissions: només és possible reduir emissions actuant sobre el parc existent. I aquesta reducció ha de fer-se intervenint físicament sobre ell, augmentant la seva eficiència.
- Transformar el sector de l'edificació des d'un sector emissor a un sector embornal. La nova construcció i també la rehabilitació han de dirigir-se cap a la màxima eficiència en la generació d'emissions i en l'aprofitament de les possibilitats de generar energia sense emissions o, fins i tot, de fixar emissions usant materials adequats. Només un sector "zero emissions" pot permetre una generació discrecional d'habitabilitat que satisfaci lliurement la demanda social.
- La necessària redefinició de l'habitabilitat. L'habitabilitat és la utilitat pròpia de l'edificació i l'eficiència passa per una redefinició de l'habitabilitat que permeti un allotjament digne per a tots i per a cadascun ajustat a les seves necessitats. Ajustat en els dos sentits: que cobreixi aquestes necessitats i que ho faci sense ineficiència. I això requereix extreure la màxima eficiència a cada moment, la màxima quantitat d'habitabilitat. S'ha de redefinir l'habitabilitat de forma socialment acceptable fent-la eficient, reduint els recursos precisos per a crear-la i mantenir-la.

En conclusió, per a plantar cara a la restricció d'emissions de GEH que és obligada per a enfrontar-se al canvi climàtic, cal dissenyar i implementar una estratègia per al sector de l'edificació

En aquest punt es defineixen les polítiques promogudes des de la Unió Europea, i com s'han traslladat a l'àmbit estatal i regional.

2.4.1 Europa

La **Directiva 2002/91/CE** del Parlament Europeu i del Consell, de 16 de desembre de 2002 estableix un marc comú destinat a fomentar la millora del rendiment energètic dels edificis.

El marc general del que sorgeix aquesta proposta ve definit, entre d'altres, pels següents aspectes:

- Augment de la dependència energètica europea. Es preveu que les fonts exteriors de subministrament augmentin fins el 70% al 2030 (al 2001 era un 50%).
- Voluntat de reduir els gasos d'efecte hivernacle i així satisfer el compromís adoptat al Protocol de Kyoto.
- La intervenció de la UE pot influir principalment a la demanda, fomentant l'estalvi energètic als edificis.

Com s'ha vist anteriorment, el consum energètic associat als edificis suposa aproximadament un 40% del consum energètic de la UE. Per aprofitar aquest estalvi potencial, la Directiva proporciona un marc legislatiu destinat a frenar el creixement de consum d'energia en aquest sector.

La proposta fa referència al sector residencial i al sector terciari (oficines, edificis públics, etc.). Alguns edificis estan exclosos de l'àmbit d'aplicació de les disposicions relatives a la certificació, per exemple els edificis històrics i els edificis industrial, entre d'altres.

La Directiva d'eficiència energètica dels edificis, establirà un nou marc normatiu que haurà de basar-se en els següents aspectes principals:

1. L'adopció d'una metodologia de càlcul de l'eficiència energètica integrada dels edificis.

S'ha d'aplicar a escala nacional o regional, una metodologia de càlcul de l'eficiència energètica dels edificis, que s'adaptarà periòdicament als avanços tècnics, s'expressarà de forma clara i podrà incloure un indicador d'emissions de CO₂.

Aquesta metodologia ha d'incloure: les condicions climàtiques exteriors i interiors, les característiques tèrmiques de l'envolupant de l'edifici i la seva orientació, sistemes solars passius, les instal·lacions tèrmiques (calefacció, refrigeració i producció d'aigua calenta sanitària), la ventilació mecànica i natural i la il·luminació artificial.

També es té en compte la incidència positiva de: sistemes solars actius o altres sistemes de calefacció o producció d'electricitat basats en fonts d'energies renovables o cogeneració o sistemes de calefacció i refrigeració central o urbana i la il·luminació natural.

2. **L'aplicació d'uns requisits mínims d'eficiència energètica als edificis nous i als edificis existents que siguin objecte de reformes importants.**

És obligatori establir uns requisits mínims d'eficiència energètica dels edificis basats en la metodologia de càlcul anterior.

Aquests requisits poden ser diferents per edificis nous i existents, així com entre diferents tipologies d'edificis, podent quedar exclosos d'aquesta exigència els edificis i monuments protegits, els edificis d'habitatges destinats a ser utilitzats durant menys de quatre mesos a l'any i els edificis amb una superfície menor de 50 m².

A més, quan els edificis nous tinguin una superfície més gran de 1.000 m² i abans de que es comenci la seva construcció s'ha d'analitzar la viabilitat tècnica, ambiental i econòmica de sistemes alternatius com: sistemes descentralitzats de producció d'energia basats en energies renovables, cogeneració o refrigeració central o urbana i bombes de calor.

Els edificis existents que tinguin una superfície útil total superior a 1.000 m², quan es realitzin reformes importants, s'ha de garantir una millora de la seva eficiència energètica per a que compleixin uns requisits mínims sempre que això sigui tècnica, funcional i econòmicament viable. Aquests requisits poden establir-se bé el conjunt de l'edifici reformat o bé pels sistemes o components reformats.

3. La inspecció periòdica de calderes i dels sistemes d'aire condicionat.

Amb l'objectiu de reduir el consum d'energia i limitar les emissions de CO₂, s'estableix una inspecció periòdica de calderes i dels sistemes d'aire condicionat. Amb això es reforça l'exigència de la Directiva 93/76/CEE, concretant-la i ampliant-la als sistemes d'aire condicionat amb una potència de més de 12 kW

4. **La certificació energètica dels edificis.** El certificat d'eficiència energètica d'un edifici és un certificat reconegut per l'Estat membre, o per una persona jurídica designada per ell, que inclou l'eficiència energètica d'un edifici calculada segons la metodologia exposada anteriorment.

Degut a la manca d'especialistes qualificats o acreditats, els Estats membres podien disposar d'un període addicional de tres anys per aplicar plenament les disposicions relatives a la certificació i a les inspeccions de les instal·lacions.

Segons proposa el Parlament, els Estats membres poden estimular el rendiment energètic via concessió de crèdits i deduccions fiscals, així com a través de campanyes d'informació i sensibilització.

Segons Casals, (Casals, 2006) la directiva presenta algunes limitacions conceptuals, entre les que destaca:

- No hi ha una definició clara de l'indicador que s'ha d'utilitzar per definir el comportament energètic d'un edifici. La directiva promou indicador quantitativus com per exemple el consum d'energia primària per metre quadrat i any, però la traducció de la directiva a altres estats membres, com és el cas d'Espanya, on es va traduir "Building energy performance" per "Eficiència energètica de l'edifici" deixa la porta oberta a indicador adimensionals que no complirien amb l'objectiu de la directiva.
- No hi ha directrius clares per definir la metodologia de càlcul per definir el comportament energètic de l'edifici.
- No estableix requeriments mínims pel compliment de la normativa tèrmica.
- Període de validesa del certificat massa llarg, 10 anys.
- No estableix requisits en quant a la implantació d'energies renovables als edificis
- No incorpora l'anàlisi de cicle de vida de l'edifici per definir l'eficiència energètica de l'edifici. Així no té en compte el consum energètic de la fase de construcció ni de la de deconstrucció.

Respecte aquest últim punt, altres estudis demostren que el 90% de les emissions que provoca un edifici estan relacionades amb la fase d'operació de l'edifici, considerant com a vida útil de l'edifici, 50 anys i només el 10% la fase prèvia a la construcció. (Ortiz, Bonnet, Bruno, & Castells, 2009)

2.4.2 Estat Espanyol

La Directiva del Parlament Europeu i del Consell de la Unió Europea estableix un nou marc normatiu per a l'eficiència energètica dels edificis. Aquest apartat estudia la normativa anterior, NBE-CT-70 i RITE (Prieto, 2002) juntament amb el nou CTE (Código Técnico de la Edificación).

2.4.2.1 NBE-CT- 79 i RITE.

La normativa energètica dels edificis a Espanya té el seu origen a finals dels anys setanta amb l'aprovació per Reial Decret 2.429/79 de la Norma Bàsica de l'Edificació NBE – CT – 79, sobre Condicions Tèrmiques en Edificis, on els edificis quedaven definits tèrmicament mitjançant el coeficient de transmissió tèrmica global d'un edifici K_G . Aquesta normativa no tenia en compte cap requeriment per al consum en refrigeració i el consum en calefacció és limitava a una aproximació. Així doncs, aquesta normativa fa temps que és insuficient

Referent a les instal·lacions tèrmiques en els edificis, el Reial Decret 1618/1980 va aprovar el Reglament d'Instal·lacions de Calefacció, Climatització i Aigua Calenta Sanitària, amb la finalitat de racionalitzar el seu consum energètic, i en juliol de 1981 per una Ordre de Presidència del Govern les Instruccions Tècniques Complementàries denominades ITIC. Posteriorment aquest reglament va quedar derogat amb l'entrada en vigor del Reglament d'Instal·lacions tèrmiques en Edificis (RITE), Reial Decret 1751/1998, creant-se també la Comissió Assessora per a les instal·lacions Tèrmiques dels Edificis.

Aquest ha estat el marc general en el que s'ha desenvolupat l'energia dels edificis a Espanya des de finals dels setanta fins l'entrada en vigor del CTE.

Després de l'aprovació de la Directiva 93/76/CEE, el Consell de Ministres va autoritzar al Ministeri de Foment a subscriure un conveni de col·laboració amb el Ministeri d'Indústria i Energia per desenvolupar els programes corresponents a la certificació energètica i a l'aïllament tèrmic en nous edificis. Aquest conveni, que es va signar en novembre de 1997, tenia com a finalitat la col·laboració mútua entre la Direcció General de la Vivenda, l'Arquitectura i l'Urbanisme i l'Institut per a la Diversificació i Estalvi de l'Energia (IDAE) per elaborar els següents treballs:

- Actualització de la Norma Bàsica NBE – CT –79, sobre Condicions Tèrmiques als Edificis
- Desenvolupament d'un procediment tècnic de qualificació i certificació energètica d'edificis aplicable a vivendes i a tot tipus d'edificis.

2.4.2.2 Llei d'ordenació de l'edificació (LOE) i Codi Tècnic de l'edificació (CTE).

La **Llei 38/1999, de 5 de novembre, de “Ordenación de la Edificación”**, a la seva Disposició Final segona, autoritza al Govern per a l'aprovació, mitjançant real decret, d'un **Codi Tècnic de l'Edificació** (CTE), que estableix les exigències que han de complir els edificis en relació amb els requisits bàsics de seguretat i habitabilitat.

El nou CTE, es regula al Real Decret 314/2006, de 17 de març, pel que s'aprova al Código Técnico de la Edificación publicat al BOE n. 74 de 28/3/2006. Passat el període transitori, aquest ja es troba en ple funcionament des del mes de Setembre de 2006.

Al nou CTE, els requisits bàsic d'estalvi d'energia (DB-HE), s'organitzen en els següents apartats (MITYC, 2006) :

1. Limitació de Demanda Energètica: aquí s'integren els treballs d'actualització de la NBE – CT – 79. El següent esquema indica els dos procediments a seguir (simplificada i general) per comprovar que un edifici compleix els requisits mínims de demanda energètica.

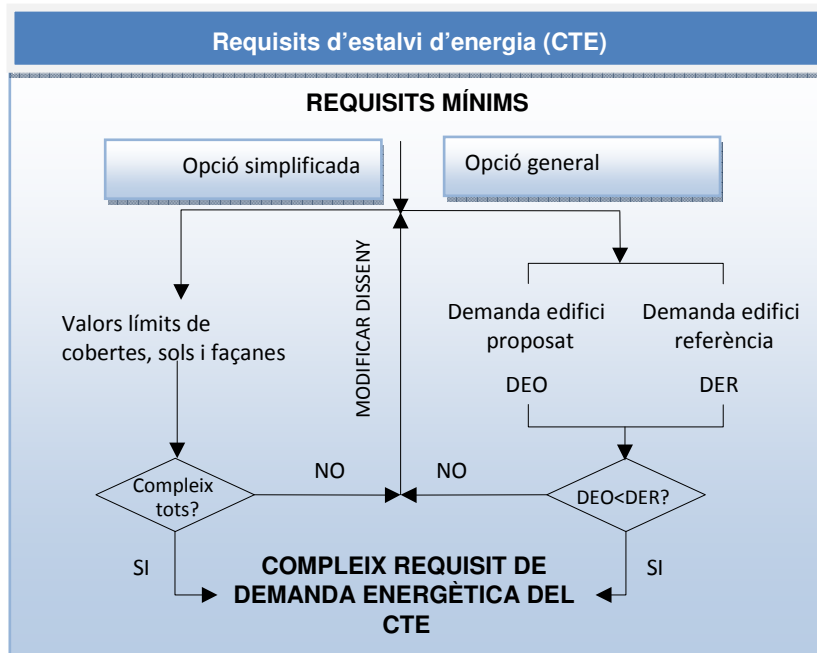


Figura 2.4-1 Requisits de demanda energètica (CTE)

Si se segueix l'opció general, s'haurà de fer mitjançant un el programa LIDER desenvolupat mitjançant acord de col·laboració per la Direcció General de l'Habitatge, l'Arquitectura i l'Urbanisme del Ministeri i l'IDAE del Ministeri de Ciència i Tecnologia, amb l'assistència tècnica del Grup de Termodinàmica del Departament d'Enginyeria i Fluidodinàmica de l'Escola Superior d'enginyers de la Universitat de Sevilla.

2. Rendiment de les Instal·lacions Tèrmiques: en aquest punt el CTE fa una remissió al RITE.
3. Eficiència energètica de les instal·lacions d'il·luminació. Aquestes hauran de complir amb un "índex d'eficiència energètica" que faci compatible la creació d'ambients agradables i confortables pels usuaris, confort visual qualitat amb la major eficiència energètica possible.
4. Contribució solar mínim d'aigua calenta sanitària. La producció d'aigua calenta sanitària per energia solar tèrmica: el CTE obliga a que una part de l'energia necessària per a la producció d'aigua calenta sanitària sigui solar, en un percentatge variable depenent de la zona climàtica i l'ús de l'edifici. Tenint com a objectiu, d'acord amb el "Pla de foment de les energies renovables a Espanya 2000 – 2010", arribar al 2010 a quatre milions de metres quadrats de col·lectors solar instal·lats.
5. Contribució fotovoltaica mínima d'energia elèctrica. El CTE obliga per certes tipologies d'edificis amb un consum d'energia elèctric elevat, i situats en zones climàtiques favorables, a que una part d'aquesta energia elèctrica sigui autogenerada a partir de l'energia solar.

En definitiva, si un edifici compleix tots i cada un d'aquests 5 requisits compleix el requisit bàsic d'estalvi d'energia. A la següent figura s'indica l'esquema que cal seguir per comprovar si un edifici compleix o no aquest requisit bàsic.

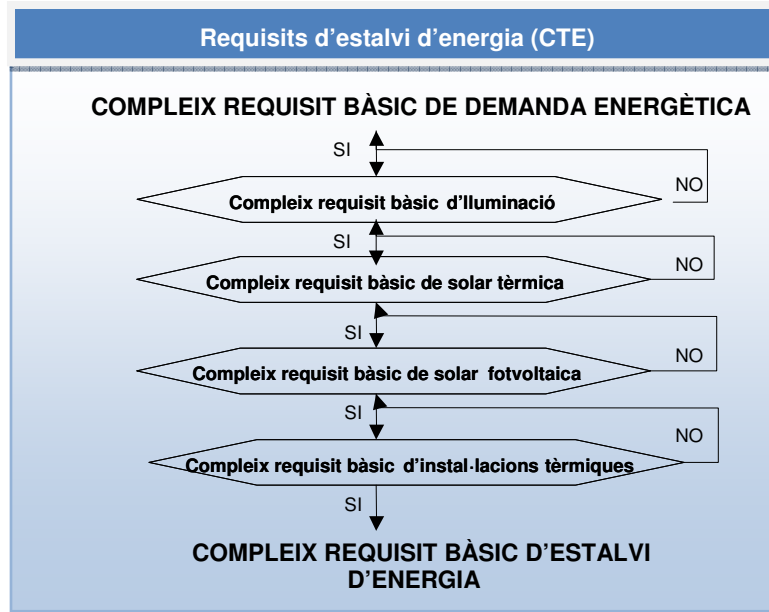


Figura 2.4-2 Requisits bàsics d'estalvi d'energia segons CTE.

En Espanya el document Estratègia d'Estalvi i Eficiència Energètica a Espanya 2004-2012 (E4) planteja un objectiu d'estalvi global d'energia primària de gairebé 10000 ktep a l'any, el que suposa una reducció del consum del 9% en 2012, respecte a l'escenari base o de referència.

Els estalvis anuals previstos es quantifiquen en el sector del transport en 4800 ktep i en el de l'edificació en 1700 ktep. Altres objectius indirectes de la E4 són l'augment de la competitivitat i millora de l'ocupació, la millora del autoabastiment energètic (fins a arribar al 27%) i la reducció de les emissions, que es quantifiquen a partir de 2012 en 42 Mt CO₂ anuals.

2.4.3 Catalunya

Fins l'entrada en vigor de la Directiva europea i el CTE (Código Técnico de la Edificación) a nivell estatal, la normativa tèrmica sobre edificis era la NRE-AT-87.(ICAEN, 1987). Actualment i des del 2006 està en vigor el Decret d'eficiència.

2.4.3.1 NRE-AT-87

La Direcció General d'Arquitectura i Habitatge va establir des de l'any 1987 una normativa reglamentària d'edificació sobre aïllament tèrmic per tal d'actualitzar la normativa espanyola NBE-CT-79.

La redacció d'aquesta norma, encomanada a l'Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya (ITEC) amb l'assessorament de la Direcció General d'Energia, es va realitzar valorant quatre aspectes:

- Evitar que suposés un encariment de la construcció
- Disminuir el consum de calefacció
- Simplicitat d'aplicació
- Facilitat de verificació del seu compliment.

A diferència de la norma espanyola, els requeriments sobre els tancaments fan referència sempre a la unitat d'ocupació distingint clarament aquest concepte respecte de l'edifici analitzat globalment.

S'exigeix:

- Uns valors màxims per als coeficients mitjans de transmissió tèrmica dels tancaments que delimiten cada unitat d'ocupació
- Un valor màxim per als coeficients de transmissió tèrmica en qualsevol punt de la part massissa dels tancaments exteriors que limiten una unitat d'ocupació amb la finalitat principal d'evitar condensacions.
- Un valor màxim del coeficient relatiu de transmissió tèrmica Tr de cada unitat d'ocupació.
- Una protecció de les cobertes i dels tancaments exteriors orientats a Sud-Oest +/- 90º, per tal de garantir un mínim confort d'estiu.

Respecte de la NBE-CT-79, hi ha un conjunt d'avantatges que cal considerar, de les quals es destaquen:

- La nova classificació climàtica.
- S'incorpora el càlcul de l'aportació solar
- L'establiment de controls solars per a regulació tèrmica durant l'estiu.

2.4.3.2 Decret d'eficiència

L'objecte del Decret d'eficiència (Generalitat de Catalunya, 2006) és obligar als edificis a implementar una sèrie de mesures de millora en termes ambientals als edificis i proposar una sèrie d'actuacions també dirigides en aquest sentit però de les quals es deu triar un número suficient per a obtenir un mínim de 10 punts ambientals.

Per tant existeixen dos nivells d'exigència els quals s'apliquen sistemàticament a tots els edificis i els quals es trien voluntàriament encara que amb obligació d'obtenir una qualificació suficient.

L'àmbit d'aplicació són els edificis nous o renovacions substancials per a edificis d'ús residencial, administratiu, docent, sanitari i esportiu.

Les exigències obligatòries per a qualsevol edifici fan referència a l'aigua, a la gestió dels residus, als materials, a l'acústica, i evidentment, a l'energia.

Per exemple, en relació a l'aigua les exigències obligatòries són, entre d'altres, la separació de les aigües pluvials de les grises i negres en l'interior de l'edifici o la limitació del cabal màxim en aixetes de lavabos, bidet, dutxes.

Pel que fa referència a l'energia, les exigències obligatòries són:

- Limitar el màxim coeficient de transmissió tèrmica de les façanes (part opaca incloent ponts tèrmics superficials) al valor $U < 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Limitar el coeficient màxim d'obertures al valor $3,3 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Protegir les obertures assolellades amb sistemes d'ombra fins a un factor solar màxim del 35%.
- Incorporar energia solar per a producció d'Aigua Calenta Sanitària (en funció de la ubicació i el consum).

A la següent taula s'indiquen les propostes d'accions obligatòries entre les que s'ha d'escollir per a l'obtenció dels 10 punts. S'han marcat en negreta les que fan referència a l'energia.

Taula 2.4-1 Propostes d'accions obligatòries per a l'obtenció dels 10 punts segons el decret d'ecoeficiència.

Proposta	Puntuació
Façana ventilada	5
Coberta ventilada	5
Coberta enjardinada	5
Estructura industrialitzada	6
Tancament de façana industrialitzats	5
Orientació del saló favorable	5
Més aïllament a façana U – 10 %	4
Més aïllament a façana U – 20 %	6
Més aïllament a façana U – 30 %	8
Recuperació d'aigua de pluja	5
Recuperació d'aigües grises	8
Incorporació de productes reciclats	4
Recuperació de productes de deconstrucció	4
Ventilació creuada	6
Utilització d'energies renovables per calefacció / refrigeració	7
Detectors de presència per la il·luminació de zones comunes	3
Aïllament acústic de les finestres > 28 dB	4
Disminució de la transmissió al soroll d'impacte < 74 dB	5

Els paràmetres obligatoris per a qualsevol edifici suposen la introducció en molts casos de valors més exigents als existents actualment o la introducció de noves exigències no contemplades per reglamentacions anteriors. L'obtenció dels 10 punts pot efectuar-se per qualsevol combinació que sumi aquest valor, es desconeix, a priori, com serà el resultat d'aquesta elecció, encara que es pot esperar que siguin aquelles combinacions que resultin ser més fàcilment accessibles amb un cost reduït.

2.5 Certificació energètica

2.5.1 Certificació energètica a Europa

La **Directiva 2002/91/CE del Parlament Europeu i del Consell, de 16 de desembre de 2002**, relativa a l'eficiència energètica dels edificis estableix l'obligació de posar en disposició dels compradors o usuaris dels edificis un certificat d'eficiència energètica.

Aquest certificat ha d'incloure informació objectiva sobre les característiques energètiques dels edificis de forma que es pugui valorar i comparar la seva eficiència energètica, amb la finalitat d'afavorir la demanda dels edificis d'alta eficiència energètica i les inversions en estalvi d'energia.

El certificat és una informació tècnica objectiva, sobre les característiques energètiques que aportarà major transparència al mercat immobiliari i fomentarà les inversions en estalvi d'energia. La informació final per promotors i usuaris haurà de ser clara i senzilla. Menys valors d'emissió de CO₂ mitjançant millores de l'eficàcia energètica, implica menys consums d'energia primària o utilització d'altres formes d'energia, amb sistemes de transformació menys contaminants.

Es pot dir, doncs, que el Certificat és una avaluació tècnica que informa a l'usuari, sobre els nivells d'utilització energètic dels edificis. Reflexa el coeficient de transmissió global de l'edifici i també el consum d'energia per a la calefacció i refrigeració. Alguns països per una interpretació senzilla han adoptat una qualificació final del Certificat en termes d'estrelles, que amb claredat i concisió informen a l'usuari.

Utilitzant diferents mètodes es poden avaluar els efectes que sobre el consum, tenen determinades modificacions, subministrant valors que permeten quantificar una millora respecte a una altra. Són criteris de selecció de materials o elements, a la fase de disseny, que possibiliten una millora relativa. (Ricucci, 2002).

L'estàndard europeu EN 15217 (UE, 2007) intenta descriure les metodologies que es poden utilitzar per expressar l'eficiència i certificació energètica d'edificis. Aquests mètodes han d'incloure, com a mínim:

- Un indicador del comportament energètic de l'edifici, expressat en termes de consum energètic, emissions de diòxid de carboni o cost energètic, per unitat d'àrea condicionada. Amb aquest indicador serà possible comparar diferents edificis.
- Un valor màxim d'aquest indicador energètic. Aquest valor màxim es pot relacionar amb altres paràmetres com el clima o la tipologia d'edifici, o bé pot ser un mètode autoreferent.
- Etiqueta energètica, basada en qualificació mitjançant lletres A-G. És molt important, la definició d'aquesta escala que en el cas d'edificis residencials haurà de fer referència a la normativa, al parc d'edificis existents i també als edificis més eficients.
- El consum energètic dels principals usos de l'edifici, a més de recomanacions per a la millora de l'eficiència energètica de l'edifici.

En base a aquestes indicacions de la normativa europea, els estats membres han de desenvolupar la seva metodologia de qualificació energètica (Perez-Lombard, 2009).

2.5.2 Certificació Energètica a Espanya.

La directiva 2002/91/CE del Parlament Europeu i del Consell de 16 de desembre de 2002 relativa a l'eficiència energètica dels edificis, en el seu article 7 defineix els requisits bàsics de la Certificació energètica dels edificis (DEEE, 2002). Segons la directiva, els Estats membres són els encarregats de definir la metodologia per calcular l'eficiència energètica i definir el certificat corresponent. A tal efecte, els Estats membres posaran en vigor les disposicions legals, reglamentàries i administratives necessàries per donar compliment al que s'estableix a la present Directiva com a molt tard, el 4 de Gener de 2006. Malgrat això, la directiva preveu una pròrroga en l'entrada en vigor de la Certificació en els Estats membres si aquests no disposen dels recursos per portar-la a terme i dona un marge de 3 anys per la seva entrada en vigor definitiva, és a dir, fins a gener de 2009.

Així doncs, el Govern Espanyol, seguint les directrius de la directiva europea, va aprovar el RD 47/2007 (MITYC, 2007) de 19 de Gener en el que es defineix el procediment bàsic de certificació d'eficiència energètica d'edificis de nova construcció. L'obtenció de la qualificació d'eficiència energètica d'un edifici es pot realitzar mitjançant una de les dues opcions següents:

- Opció general, de caràcter prestacional, a través d'un programa informàtic que desenvolupi la metodologia de càlcul descrita de l'annex I del decret. En aquesta opció es pot utilitzar:
 - El programa informàtic de referència: CALENER
 - Un programa informàtic alternatiu que compleixi amb les especificacions tècniques de la metodologia de càlcul, i estigui validat d'acord amb el que estableix l'annex I i tingui el reconeixement del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y del Ministerio de Vivienda
- Pels edificis residencials, l'opció simplificada, de caràcter prescriptiu que desenvolupi la metodologia de càlcul de l'annex I del Real Decret de forma indirecta.

Per altra banda, també és important destacar que segons el Real Decret les comunitats autònomes poden incloure les especificitats que siguin necessàries i també tenen la competència per fer el control extern i les inspeccions així com la validació, renovació i actualització del certificat. Per tant, s'entén que, tot i que la metodologia oficial és aplicable a tot l'Estat, les comunitats autònomes poden modificar-la si es considera necessari per les particularitats de la zona.

En aquest sentit, l'ICAEN⁶ va iniciar l'elaboració d'una metodologia de certificació pròpia a nivell de Catalunya. El passat 14 de novembre de 2005, el Col·legi d'Arquitectes de Catalunya va organitzar a la seva seu unes jornades sobre Certificació energètica d'edificis, el passat 27 de març de 2007 el departament de medi ambient i habitatge va organitzar una altra jornada sobre Certificació on es va insistir en la metodologia catalana. En aquestes jornades l'ICAEN va presentar el següent esquema de metodologia (Salat, 2005) (Castells, 2007):

Adoptar la Certificació espanyola i definir una versió catalana que es basarà en resultats empírics de l'eina CALENER en edificis test determinant un arbre d'opcions de millores a incorporar en els edificis: CERTENCAT, destacant com a característiques més importants:

1. L'entrada de dades s'adapta a la realitat catalana
2. No calcula sinó que dona com a resultats valors empírics

A data juliol de 2010, la Generalitat no ha presentat cap proposta oficial de certificació energètica d'edificis. Les tasques descrites en el paràgraf anterior encara estan en fase de desenvolupament. Cal recordar que la certificació ja és obligatòria a partir d'octubre de 2007, així doncs, Catalunya adoptarà la metodologia oficial espanyola fins que no aparegui la versió catalana. En aquests moments, el procediment de metodologia catalana està en stand-by i no sembla que s'hagin de reiniciar els treballs.

⁶ ICAEN. Institut Català de l'Energia

El Ministeri d'Habitatge, a través la Sotsdirecció General d'Innovació i Qualitat de l'Edificació en col·laboració amb l'IDAE i altres unitats del Ministeri d'Indústria, Turisme i Comerç, han desenvolupant els treballs per a determinar els requisits bàsics que ha de complir la metodologia de càlcul de la certificació energètica, considerant aquells factors que més incidència tenen en el consum d'energia dels edificis. La complexitat d'aquesta metodologia de càlcul porta a que la seva aplicació només pugui realitzar-se amb fiabilitat mitjançant procediments específics informàtics que la desenvolupin i que són establerts al Real Decret d'aprovació de la certificació energètica d'edificis.

Amb la finalitat de facilitar la interpretació, per parts dels consumidors, de la certificació energètica, s'aprova un distintiu comú en tot el territori nacional, garantint, en tot cas, les especificitats que siguin necessàries a les diferents Comunitats Autònomes.

En el cas dels edificis ocupats per autoritats públiques o institucions que prestin serveis públics a un nombre important de persones i que siguin freqüentment visitats per aquestes, serà obligatori l'exhibició d'aquest distintiu de forma destacada, amb la finalitat de servir d'exemple (Miv, 2005).

A continuació, es pretén resumir el contingut d'aquest decret destacant les qüestions que es consideren bàsiques. També es recull la informació obtinguda per part del Grup de Termodinàmica de la Escuela Superior de Ingenieros de la Universidad de Sevilla que són els encarregats de definir l'escala de certificació i els desenvolupadors de l'eina informàtica que s'ha desenvolupant per qualificar energèticament els edificis (Molina J. , 2005). (Garrido N. , 2005)

2.5.2.1 Qui ha de tenir el certificat d'eficiència energètica?

- S'aplica a tots els edificis de nova construcció, s'exclouen alguns tipus d'edificis com, per exemple les construccions provisionals o els edificis aïllats amb superfície útil total inferior a 50 m².

2.5.2.2 Què s'entén per qualificació, eficiència i certificació energètica?

- Es defineix **qualificació energètica** com a "*l'expressió de l'eficiència energètica d'un edifici que es determina segons una metodologia de càlcul i s'expressa amb indicadors energètics mitjançant l'etiqueta d'eficiència energètica*".
- Es defineix **eficiència energètica** com a "*l'expressió del consum d'energia que s'estima necessari per satisfer la demanda energètica de l'edifici en unes condicions normals de funcionament i ocupació*".
- Es defineix **certificació energètica** com a "*el procés pel qual es verifica la conformitat de la qualificació energètica obtinguda per l'edifici amb el projecte i l'edifici acabat respectivament i que condueix a l'expedició d'un certificat d'eficiència energètica de l'edifici acabat*".

2.5.2.3 Què s'ha de fer per obtenir el certificat d'eficiència energètica?

- Per obtenir la qualificació energètica es podrà utilitzar el procediment de referència o un procediment alternatiu que compleixi amb les especificacions que s'indiquen en aquest Real Decret.

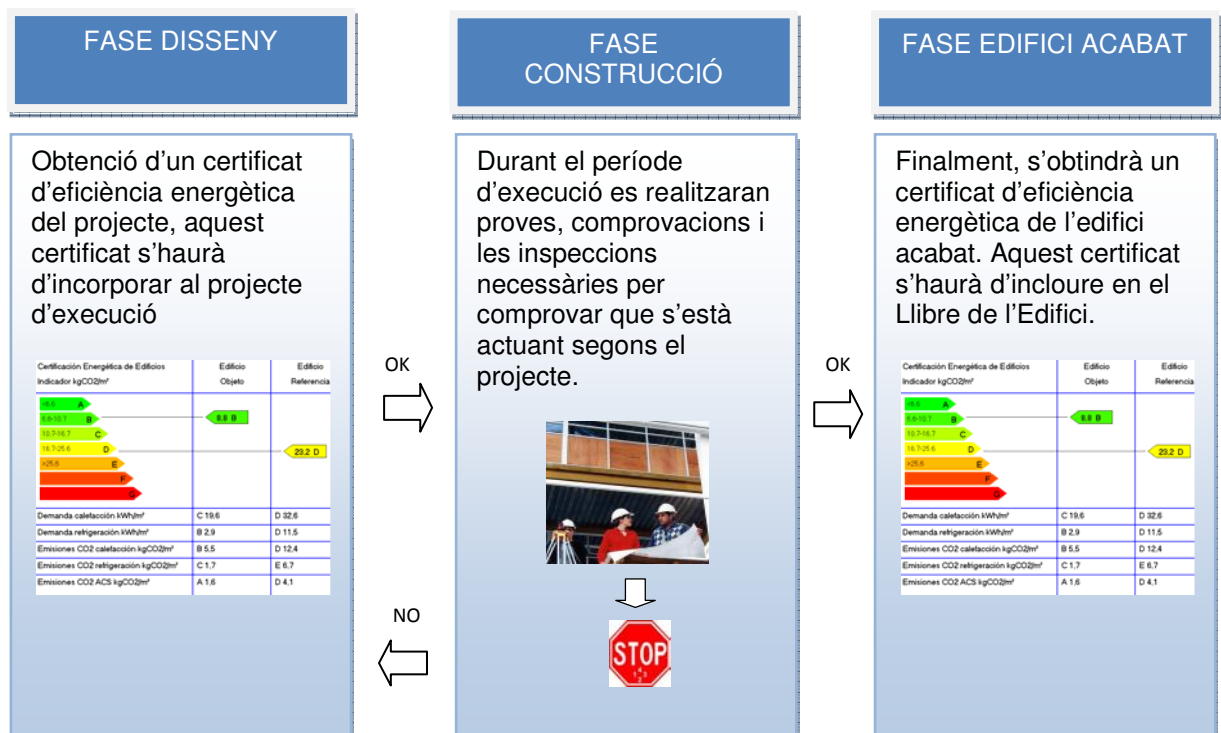


Figura 2.5-1 Procés de certificació

- Les Comunitats Autònomes poden establir si és necessari un control extern i definir l'abast i el procediment que cal seguir per realitzar-lo. Aquest control extern el realitzaran agents autoritzats.

2.5.2.4 Quines eines es poden utilitzar per realitzar la certificació energètica?

- El programa oficial de càlcul és el CALENER. Existeixen 2 models de CALENER en funció de la tipologia d'edifici a certificar.
 - CALENER – VYP per habitatges i petit i mitjà terciari: basat en LIDER més motor de càlcul pels sistemes ESTO
 - CALENER – GT: per gran terciari: basat en DOE 2.2
- També es podran utilitzar programes alternatius que hagin estat prèviament autoritzats per l'organisme corresponent. Aquests programes de complimentació hauran de tenir tres mòduls bàsics:
 - Definició geomètrica, constructiva i operacional de l'edifici objecte i els seus sistemes de climatització, i de l'edifici de referència i dels seus sistemes de climatització.
 - Càlcul del consum d'ambdós edificis en condicions estàndard.
 - Generació de la documentació administrativa

2.5.2.5 Es defineix una etiqueta de la certificació energètica com la dels electrodomèstics?

- Sí, l'obtenció del certificat d'eficiència energètica atorga el dret d'utilització, durant el període de vigència de la mateixa, de l'etiqueta de certificació energètica.



Figura 2.5-2 Etiquetas de certificación energética per habitatges, mitjà i gran terciari.

Existeixen tres tipus:

- Habitatges
 - Petit terciari
 - Gran terciari
- Per habitatges i petit i mitja terciari, l'indicador serà $\text{kg CO}_2 / \text{m}^2$. S'especificarà la qualificació parcial en quant a les demandes i consums de calefacció, refrigeració i ACS tant de l'edifici objecte com del de referència. L'escala de certificació depèn de la tipologia d'edifici (unifamiliar o plurifamiliar), la zona climàtica i la demanda.
 - Per petit - mitjà i gran terciari, l'indicador és el percentatge d'estalvi entre les emissions de l'edifici objecte i el de referència. Tot i que també s'especifiquen els valors de consum de calefacció i refrigeració per l'edifici objecte així com les emissions de CO₂ associades a aquest consum. L'escala de certificació per aquestes dues tipologies d'edificis encara està per definir.
 - En qualsevol cas, aquesta etiqueta l'hauran d'exhibir tots els edificis públics de superfície superior a 1000 m² i que siguin freqüentats per un nombre elevat de persones. La resta d'edificis podran exhibir l'etiqueta de forma voluntària.

2.5.2.6 El Certificat d'Eficiència energètica serà obligatori o voluntari? A partir de quan?

- Segons el Real Decret de Certificació Energètica d'Edificis, publicat el 31 de gener de 2007, el certificat era voluntari en els 6 primers mesos després de l'entrada en vigor del decret (tres mesos després de la publicació al BOE, és a dir, a partir del 30 d'Abril) i obligatori després d'aquesta data, és a dir, a partir de 31 d'Octubre de 2007.
- Malgrat això, la directiva diu la certificació era obligatòria a partir de 6 de gener de 2006, però que degut a la manca d'especialistes qualificats o acreditats, els Estats membres podien disposar d'un període addicional de tres anys per aplicar plenament les disposicions relatives a la certificació i a les inspeccions de les instal·lacions.

2.5.2.7 Quant dura aquest certificat? Cal renovar-lo i actualitzar-lo? Com?

- El certificat té una validesa de 10 anys. Passat aquest temps, l'edifici es considera edifici existent i haurà de seguir la normativa sobre certificació energètica que es defineixi per aquest tipus d'edificis.
- Les comunitats autònomes decidiran el procediment per a la renovació de la certificació.
- El propietari de l'edifici és el responsable de la seva renovació.

2.5.3 Experiències a Europa

Cal dir que a nivell europeu, Dinamarca, Alemanya i Regne Unit ja disposaven d'un procés de certificació energètica d'edificis obligatori per a tot els edificis de nova construcció. Per edificis existents, només Dinamarca té un sistema obligatori, encara que altres estats membres disposen de sistemes voluntaris.

El projecte europeu IMPACT (Ecofys, 2005) va portar a terme una revisió de les metodologies de certificació existents a nivell europeu a l'entrada en vigor de la normativa de certificació europea. A la següent taula es mostra una síntesis d'aquesta avaluació.

Després es fa una descripció més detallada de les metodologies de certificació més importants a Europa que són la danesa, l'alemanya, l'anglesa i la noruega.

Taula 2.5-1 Revisió eines de certificació europea. Font: IMPACT

País	Àustria	Bèlgica	Dinamarca	França	Alemanya	Espanya	Suïssa	Noruega	Regne Unit
Nom	BEC	Be 450	SBi	3CL	EnEV	CALENER	Minergie	EPC (edificis nous) EPA (edificis existents)	SAP
Indicador	Demanda de calefacció	Demanda de calefacció	Consum energètic /m ²	Consum energia primària	Consum energia primària	Emissions CO ₂ /m ² /any	Consum energia primària	Consum energia primària	Cost energètic
Aspectes inclosos	Calefacció Ventilació	Calefacció Ventilació	Calefacció ACS Ventilació Il·luminació	Calefacció Refrigeració ACS Ventilació Il·luminació	Calefacció ACS Ventilació	Calefacció Refrigeració ACS Ventilació Il·luminació (edifici terciari)	Calefacció ACS Ventilació	Calefacció ACS Ventilació Il·luminació	Calefacció Refrigeració ACS Ventilació Il·luminació (només parts comunes dels edificis residencials)
Aspectes no inclosos	Equips de calefacció, ACS. Il·luminació Energia solar tèrmica i fotovoltaica.	Il·luminació Energia solar tèrmica i fotovoltaica.	Solar fotovoltaica	Superfície i orientació de finestres. Il·luminació Energia solar tèrmica i fotovoltaica	Il·luminació Energia solar fotovoltaica.	Il·luminació per edificis residencials	Il·luminació Energia solar tèrmica i fotovoltaica.	Ponts tèrmics Equips de calefacció, ACS. Il·luminació Energia solar tèrmica i fotovoltaica	Ponts tèrmics Il·luminació a l'habitatge
Zones climàtiques	4	1	1	5		12		1	

2.5.3.1 Experiència Danesa (ELO – EM)

Dinamarca és l'estat membre amb més tradició en certificació energètica d'edificis (des dels anys 80). Laustsen i Lorenzen expliquen de forma detallada l'experiència danesa amb la certificació energètica en edificis des de la perspectiva de la Directiva 2002/91/CEE. (Laustsen J., 2003)

Dinamarca té dos processos de certificació energètica, un per a edificis de més de 1500 m² (ELO) i un altre per a més petits de 1500 m². (EM), sent, fins i tot, més exigents que la pròpia directiva.

Els dos esquemes de certificació energètica incorporen una valoració energètica de l'edifici i un pla de millores energètiques. Aquest pla de millores, així com la regularitat d'actualització del certificat permeten fer un seguiment continu de les actuacions energètiques de l'edifici. En aquestes condicions, l'etiquetatge energètic es mostra especialment efectiu per incorporar millores en edificis existents.

Els certificats danesos incorporen consum d'energia per a calefacció, electricitat i consum d'aigua.

Per edificis grans, el procés s'anomena ELO ("Energy Management Scheme for Large Buildings"). Aquesta certificació energètica és anual, tant pel procés d'etiquetatge com del pla energètic de l'edifici. Està basat en les mesures de consums realitzades pel propietari de l'edifici, que el consultor encarregat d'emetre les certificacions processa amb les eines desenvolupades, incorporant valoracions de l'impacte de diferents millores energètiques (tant sobre la certificació com sobre els costos econòmics) per tal que el propietari pugui prioritzar les accions que ha de portar a terme. Com el certificat es repeteix amb freqüència anual, el propietari pot contrastar les previsions d'una mesura amb els resultats reals obtinguts. Aquesta metodologia proporciona tant a l'usuari com a l'administració una monitorització molt propera de l'estat energètic dels edificis i de la seva evolució.

A la següent figura es mostra el certificat energètic amb les tres etiquetes, calefacció, electricitat i aigua.

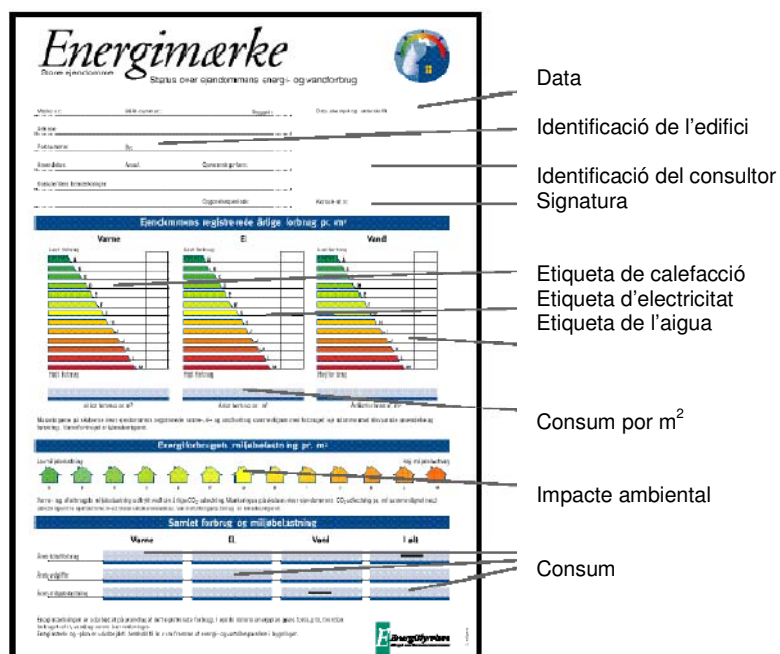


Figura 2.5-3 Etiqueta energètica danesa per a grans edificis. Font (Laustsen J., 2003)

El certificat danès per a petits edificis s'anomena EM, ("Energy Labelling in Small Buildings"). Aquest ha d'estar disponible en qualsevol transacció (vàlida de 3 anys). El responsable d'obtenir el certificat és el venedor. Aquest certificat, a diferència de l'anterior, està basat en l'estat actual de l'habitatge (valoració energètica basada en càlcul i no en mesures, encara que també presenta els valors de consum mesurats en l'any anterior a l'expedició del certificat).

El càlcul de les actuacions energètiques en aquest certificat es realitza amb un software específic desenvolupat per l'administració. El mètode de càlcul és molt simplificat, tant en l'avaluació de la demanda energètica de l'edifici (estacionari amb balanços mensuals) com en els sistemes que incorpora. Això, per una banda, permet mantenir costos baixos del certificat, que en un habitatge de tipus unifamiliar pot estar al voltant dels 500€ (incloent la valoració energètica i el pla energètic), però per una altra banda ha estat una de les causes identificades (juntament amb el desconeixement dels usuaris) del baix percentatge d'aplicació del certificat fins el moment (malgrat ser obligatori), ja que el mètode de càlcul no té gaire bona reputació i ha tingut moltes crítiques per part del sector de l'edificació. A la següent figura es pot veure el full de certificat energètic per edificis petits.

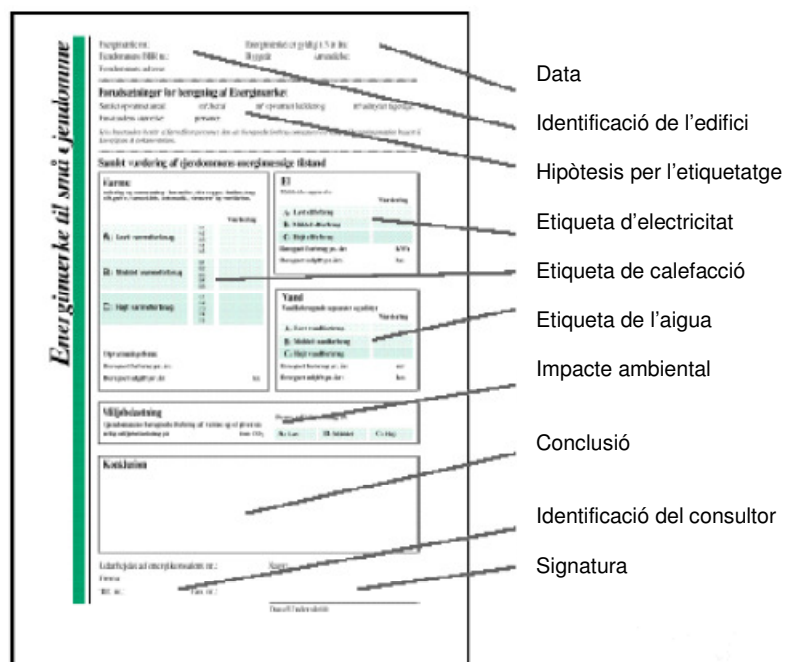


Figura 2.5-4 Etiqueta energètica danesa per a petits edificis. Font (Laustsen J., 2003)

Com a resum, es valora positivament l'experiència dels esquemes de certificació, ja que aquests han permès:

- Conèixer amb precisió l'estat actual de consums i la seva evolució en el sector de l'edificació.
- Identificar correctament els potencials d'estalvi energètic en el sector i prioritzar de forma adequada les diferents estratègies de millora, tant per part de l'administració com per part dels propietaris.

A Dinamarca, les estadístiques procedents d'una base de dades construïda sobre l'experiència de tres anys i mig de certificació, el la que s'han analitzat 160.000 habitatges, mostren que la certificació ha suposat uns costos que pugen a 25 milions d'euros, i que les mesures que d'aquesta forma s'han determinat poden, potencialment, estalviar uns 125 milions d'euros. Aquestes mesures s'han traduït, per als consumidors, en una reducció de costos d'energia d'uns 20 milions d'euros anuals. En aquest cas particular la certificació juntament amb la posta en marxa de les mesures recomanades, han proporcionat un rendiment sobre les inversions de més de 13%, xifra considerada de gran eficàcia en el cost.

2.5.3.2 Experiència Alemanya (Passiv Haus)

A Alemanya existeixen dos certificacions energètiques, les dues basades en eines de simulació dinàmica per obtenir una bona valoració energètica dels edificis i poder incloure les estratègies de disseny i operació.

El certificat Passiv Haus, requereix un consum d'energia primària per a calefacció inferior a 15 kWh/m²/any que a l'afegir-se el consum d'energia primària per a ACS, il·luminació i ventilació posaria el límit per obtenir la certificació en 30 kWh/m²/any. Aquests dos límits són únics per tots els habitatges, no depenen ni de la compacitat de l'edifici, ni de la zona climàtica. (Casals, 2004).

A la següent figura es pot veure la comparació del nivell de consum energètic d'una Passiv Haus amb el corresponent al valor mig del parc d'habitatges i a diferents nivells normatius. Es pot veure que la certificació és bastant més exigent que la normativa actual. (Passiv Haus, 2009)

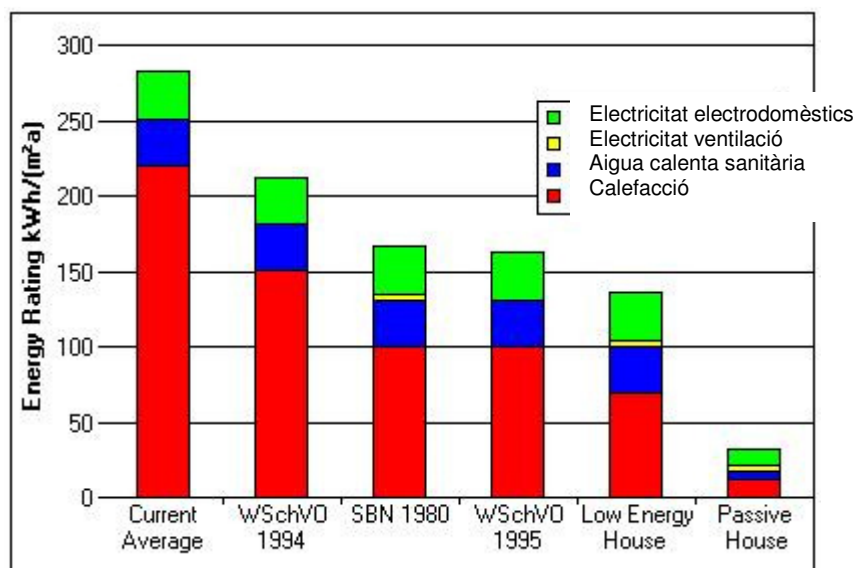


Figura 2.5-5 Comparació del nivell de consum d'energia primària pel certificat "Passiv Haus" per a diferents normatives vigents a Alemanya i per l'estat actual. Font: www.passiv.de

S'ha desenvolupat un manual acompanyat d'un CD (PHPP 2007: Passive House Planning Package 2007 Manual + CD-Rom) que inclou, entre d'altres, eines per a calcular:

- La U dels tancaments
- Balanços energètics
- Càrregues tèrmiques de calefacció i refrigeració

A alemanya existeix una altra certificació energètica d'habitatges encara més exigent, és la "Plus Energy Haus" que certifica aquells habitatges que compleixen amb l'etiqueta de la "Passiv Haus" i que compensen els seu consum energètic amb una producció energètica excedent basada en fonts d'energia renovable o cogeneració. Per tant, aquest tipus d'habitatge, durant la seva vida genera una quantitat d'energia superior a la que consumeix

A Alemanya, la certificació energètica és de l'any 1995, any en el que la normativa alemanya sobre aïllament tèrmic obligava a una certificació d'eficiència energètica a nivell nacional per al parc d'edificis nous, això va donar pas a una multitud de certificacions de caràcter regional. Actualment, s'ha volgut unificar la certificació per tot el territori. El marc legal de l'actual certificat de qualificació anomenat Energiepass ha estat desenvolupat per DENA (Agència d'Energia alemanya). Aquest format únic per tota Alemanya, avalua l'eficiència energètica de l'edifici a partir del consum d'energia primària total anual en kWh/m². A partir de 2006 aquest serà obligatori per tots els edificis de nova construcció, independentment de l'ús i tindrà una validesa de 10 anys.

2.5.3.3 Experiència Anglesa (SAP)

La normativa existent és SAP (Standard Assessment Procedure), que està en vigor des del 1995. El SAP ha estat elaborat per les autoritats britàniques per al càlcul de la qualificació de l'energia edificis residencials. És obligatori per als nous edificis i es basa en el cost anual d'energia per a calefacció i aigua calenta per metre quadrat de superfície.

Es prenen en compte una sèrie de factors que afecten l'eficiència energètica, incloent l'aïllament tèrmic en la pell de l'edifici, la regulació i l'eficiència de la calefacció i els sistemes d'aigua calenta, el guany solar de l'edifici i el tipus de combustible utilitzat per produir calor i aigua calenta.

Els inspectors han de rebre un curs de capacitació i aprovar un examen. Les dades obtingudes s'introdueixen en un full de càlcul. Les puntuacions poden variar des de 1 fins a 100, i l'escala és logarítmica. Això vol dir que un augment d'un punt en la qualificació correspon a un percentatge determinat de reducció del consum energètic i no a una quantitat fixa, com seria el cas amb una escala lineal com la utilitzada per a la qualificació d'electrodomèstics.

Si la qualificació és inferior a un cert nivell, es requereix més aïllament. Edificis que tenen una puntuació de 80 punts o més es consideren d'alta qualitat.

El sistema SAP no té en compte la ubicació de l'edifici (dos edificis amb el mateix disseny en diferents zones del país tenen la mateixa qualificació de SAP). No es considera altres elements com la il·luminació i els electrodomèstics. Tampoc inclou recomanacions sobre la manera de fer les cases més eficients energèticament.

Només els nous edificis residencials (o grans rehabilitacions) han de passar la qualificació energètica SAP per donar compliment a les normes de construcció, i els resultats de l'avaluació han de ser transmesos als compradors. (Míguez J.L., 2006)

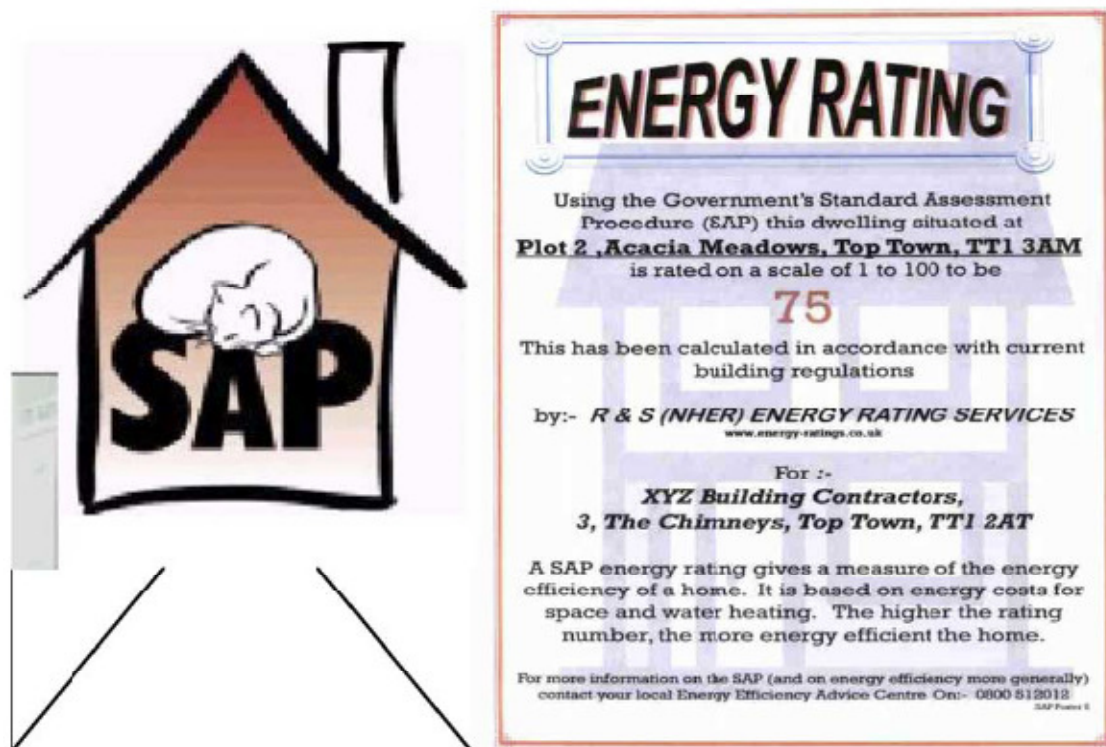


Figura 2.5-6 Etiqueta energètica anglesa. Font (Míguez J.L., 2006)

2.5.3.4 Experiència Noruega (EPA)

La metodologia noruega (EPA –ED) és per qualificar edificis existents. L'esquema que es segueix en aquesta metodologia és el següent (Poel, van Cruchten, & Balaras, 2007):

Taula 2.5-2 Esquema de la metodologia de qualificació EPA-ED

Etapa	Resultat
Contractació	Contracte
Prèvia	Planificació, identificar fonts per obtenció de dades,...
Inspecció	Recull de dades (edifici, sistemes, ús i altres aspectes rellevants)
Càlcul i anàlisi	Diagnosi i proposta de millores
Informe	Certificat Energètic
Presentació de resultats	Informació al client.

Els consultors inspeccionen l'edifici, calculen el consum energètic de l'edifici i assessoren al propietari de l'edifici sobre les possibles millores. El consultor disposa de les següents eines:

- Esquema per realitzar la visita i qüestionari per l'entrevista amb el client per poder estructurar bé tant l'entrevista com la visita inicial.
- Formulari per realitzar la inspecció i recollir totes les dades necessàries
- Protocol on s'explica com determinar i recollir totes les dades necessàries en edificis existents.
- Eina de càlcul (software): d'acord amb la directiva europea d'eficiència energètica en edificis, calcula el consum energètic de l'edifici. Aquest software té com a característica principal que permet simular diferents escenaris d'eficiència i calcular els estalvis aconseguits i el temps de retorn de la inversió per poder ajudar a la presa de decisions del propietari de l'edifici.

The screenshot shows the EPA-ED software interface. On the left is a tree view of building components for two scenarios: Hellenic_01 and Hellenic_02. The components include Thermal Envelope, Constructions (Form 1, Glazings, Unheated Spaces), Sun Spaces, New Sunspace, Energy Contribution, Installations, Energy Consumption, and Heating, Cooling and DHW. On the right, there are two tables summarizing energy and cost data.

Savings	Unit	Actual	Hellenic_01	Hellenic_02
-		Consumption	Consumption	Savings
+1	Fuel oil	m3	6.3	6.6
2	Electricity	kWh	6845.0	
3	CO2 Emission	kg/year	18180	5224
4	Energy Indicator	GJ/m²	0.632	0.451
5	Frac. renewable energy (no pas)	-	0.000	0.067
6	Frac. renewable energy (passiv)	-	0.195	0.235
7	Risk of overheating	-	High	High

Cost	Unit	/unit	Hellenic_01	Hellenic_02
Total			1991	572
+1	Fuel oil	m3	301.00	1991
2	Electricity	kWh	0.10	
3	Investment Cost			1998
4	Pay Back Time, simple	Years		3.39
5	Pay Back Time, net present val	Years		0.00

Figura 2.5-7 Pantalla de resultats del software EPA-ED. Font: (Poel, van Cruchten, & Balaras, 2007)

2.5.4 Experiències a Espanya.

Abans de l'entrada en vigor del RD 47/2007 de Certificació energètica d'edificis a l'estat espanyol, algunes comunitats o ciutats havien tingut alguna experiència en aquest àmbit que són les que es resumeixen en aquest apartat.

2.5.4.1 País Basc

El País Basc, la certificació energètica d'edificis és optativa des de 1993. En aquest període s'han certificat de forma provisional, sobre projecte, 15.500 habitatges. S'han certificat de forma definitiva, construïdes, 4.300 habitatges. S'han certificat de forma definitiva 3 edificis d'oficines, 12 hotels de nova planta i un centre educatiu.

El 60 % dels habitatges certificats corresponen a habitatges de promoció pública, tant de VIESA com del Departament d'Habitatge del Govern Basc.

S'avalua el coeficient de consum, que s'entén com el quocient entre el consum de l'edifici estudiat i el consum d'edifici de referència. La metodologia de qualificació i certificació ha estat elaborada per l'EVE, Ente Vasco de la Energía.

Aquest coeficient de consum mig ha passat del 74,2 % en el període 1996 – 1999 al 69,7 % en el 200 – 2003. Al 2004 és del 64,6% i al 2005 està situat al 60,3%. (EVE, 2006)

2.5.4.2 Experiència a Sevilla.

L'Ajuntament de Sevilla ha inclòs a l'Ordenança per a la gestió local de l'energia de Sevilla, un capítol, el tercer, sobre Qualificació i certificació energètica d'edificis i instal·lacions.

La qualificació energètica no s'expressarà amb una lletra com és el cas de la certificació del País Basc i la proposta de Real Decret de Certificació energètica a nivell estatal. En aquest cas, el projecte definitiu de construcció ha de ser com a mínim de 7 punts, en una escala de 0 a 10 punts. La metodologia per determinar la qualificació energètica dels edificis es determina a l'annex 1 de l'ordenança. Aquesta metodologia es farà mitjançant el procediment CEV, desenvolupat mitjançant acord de Col·laboració per la Direcció General de l'Habitatge, l'Arquitectura i l'Urbanisme del Ministeri i l'IDAE del Ministeri de Ciència i Tecnologia, amb l'assistència tècnica del Grup de Termotècnia del Departament d'Enginyeria i Fluidodinàmica de l'Escola Superior d'enginyers d'universitat de Sevilla.

Aquesta ordenança està en vigor des de juny de 2002, però no s'han avaluat els resultats obtinguts. (Ayuntamiento de Sevilla, 2002).

2.5.4.3 Projecte CEPEC. Certificació Energètica d'Edificis.

El Projecte Europeu CEPEC - Comprehensive Energy Planning in European Cities, fou aprovat pel Programa Europeu ALTENER de la DG TREN de la Comissió Europea , a la convocatòria del 2002, i rep un cofinançament europeu del 50% del seu pressupost.

El projecte s'ha presentat com un conjunt d'accions que s'executaran a Barcelona així com a les ciutats de Berlín i Malmö. Al projecte hi participen varies entitats catalanes: Agència d'Energia de Barcelona, Barcelona Regional, Col·legi d'Arquitectes de Catalunya i Sistemes Avançats d'Energia Solar Tèrmica, SCCL. També hi col·labora la UPC. El consorci internacional el completen: European Photovoltaic Industry Association, Berliner Energieagentur GmbH, City of Malmö, HSB Malmö i Skane Energy Agency. El projecte està coordinat per Barcelona Regional.

Aquest projecte està compost per cinc accions:

1. Ordenança Fotovoltaica a Barcelona i la avaluació d'aquesta mesura a altres ciutats
- 2. Etiquetatge i qualificació Energètica a edificis de la Ciutat de Barcelona i Malmö**
3. Contractació de Serveis Energètics Integrals amb garantia d'estalvi
4. Monitorització del Pla de Millora Energètica de Barcelona i comprovació de les polítiques energètiques a altres ciutats participants
5. Difusió de resultats

Referent a la segona acció del projecte: "Etiquetatge i qualificació Energètica a edificis a les ciutats de Barcelona i Malmö", el primer objectiu ha estat establir uns criteris i una metodologia dins del marc comú que estableix la Directiva 2002/91/CE. Per això, s'analitza de forma exhaustiva les regulacions tèrmiques a nivell europeu, nacional, local així com l'evolució del nou CTE.

Després d'estructurar la metodologia i establir els criteris s'han elaborat els suports tècnics i informàtics per poder realitzar la qualificació energètica dels edificis.

L'última tasca consisteix en informar als ciutadans els objectius i les avantatges d'establir un sistema de certificació als edificis. També s'han realitzant proves pilot en diferents edificis de promoció pública i privada.

L'esquema de la certificació és el que ve resumit en el diagrama de blocs (Ivancic & Salom, 2005)

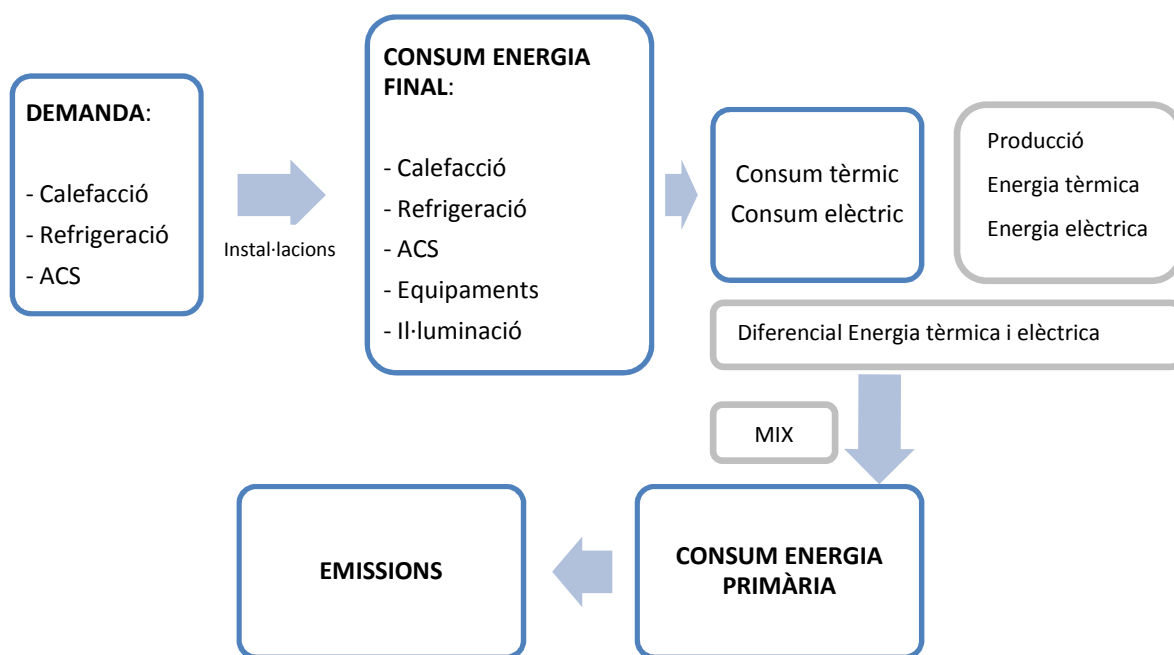


Figura 2.5-8 Esquema de la metodologia de certificació CEPEC

La metodologia de certificació desenvolupada dins aquest projecte pretén ser una metodologia fiable però de fàcil utilització pels usuaris que utilitzaran aquesta eina. De fet, després de diferents proves amb edificis reals, es pot concloure que el que consumeix més temps en el procés de qualificació és la introducció de l'edifici en el software LIDER que és el que es proposa per determinar la demanda de calefacció i refrigeració de l'edifici objecte i el de referència. Una vegada introduït l'edifici, la introducció de les dades relatives als consum, és a dir, equips, rendiments, producció d'energia pròpia (energies renovables, cogeneració...), es pot fer en 10 minuts si es disposa de la informació necessària.

El sistema de qualificació és similar però no equivalent al que proposa la proposta de Real Decret de Certificació Energètica d'edificis, és a dir, mitjançant una lletra en funció del percentatge d'estalvi respecte l'edifici de referència, però en el cas de CEPEC l'indicador és el consum en energia primària i no les emissions, que és l'indicador que utilitza CALENER VyP.

2.5.4.4 Altres experiències a nivell espanyol

A més de les metodologies per a edificis residencials citades anteriorment, CALENER VyP i l'opció simplificada, existeixen altres metodologies de qualificació energètica que han estat validades pel Ministeri d'Indústria, Turisme i Ciència com a "Document reconegut" i per tant, es poden utilitzar com a alternativa a l'opció simplificada de certificació energètica.

- Metodologia **Ce2**. L'aplicació CE2 és la implementació informàtica del procediment simplificat per a la certificació energètica d'edificis d'habitatge. Mitjançant un full de càlcul Excel es realitza la descripció geomètrica, constructiva i operacional que demana, així com les seves instal·lacions de climatització i aigua calenta sanitària (ACS), portant a terme automàticament tots els càlculs necessaris per a la qualificació energètica, d'acord a la normativa vigent.

La Classe d'Eficiència Energètica obtinguda per l'edifici s'expressa en funció de l'Indicador d'Eficiència Energètica Global IEEG. El procediment que se segueix per a obtenir l'Indicador d'Eficiència Energètica Global es representa mitjançant el següent esquema:

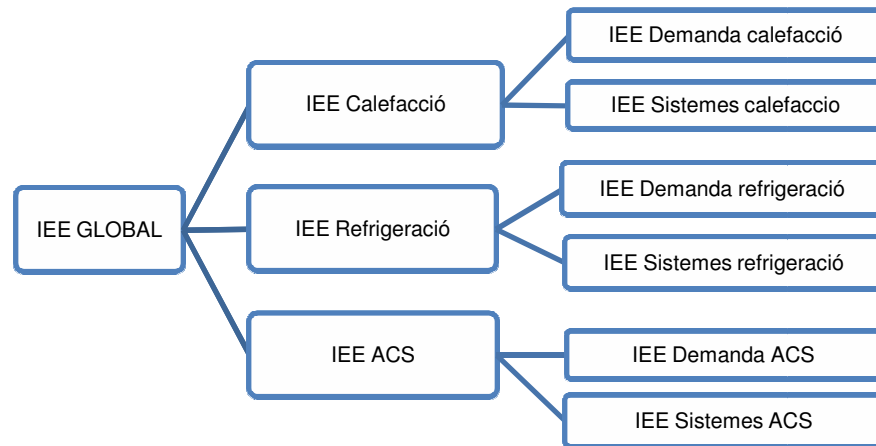


Figura 2.5-9 Esquema del procediment per a l'obtenció del IEE global. Metodologia Ce2

Es tracta, en primer lloc de valorar de manera progressiva les demandes dels diferents usos (calefacció, refrigeració i producció d'aigua calenta sanitària) i els rendiments dels equips utilitzats per a satisfer aquestes demandes. Posteriorment, utilitzant l'àlgebra dels Indicadors d'Eficiència Energètica es valoren els diferents usos i finalment, segons la combinació d'aquests, es determina el IEE global que porta a la qualificació energètica.

Metodologies pendent d'aprovació:

- Metodologia **CERMA**. L'aplicació CERMA és la implementació informàtica del mètode simplificat per a la qualificació energètica en edificis residencials. Mitjançant un programa informàtic es realitza la descripció geomètrica, constructiva, operacional, d'instal·lacions de climatització i d'aigua calenta, portant a terme la classificació energètica de l'edifici, d'acord la normativa vigent.

Altres experiències prèvies, a l'estat espanyol, per part del Ministeri de Foment (Rey F. , 2002)

- El Projecte **HIADES**, desenvolupat per l' Institut Idefons Cerdà de Barcelona, és un projecte de Certificació Energètica i Mediambiental que estructura els diferents impactes que un edifici produeix al medi ambient en quatre grans apartats: el comportament energètic, el solar i el disseny arquitectònic, les instal·lacions i els materials.
- El projecte **EDAC**, que continuant les experiències de HIADES, ha desenvolupat un programa informàtic denominat MEI (Metodologia D'Avaluació Integral) i està destinat a Edificis d'Alta qualitat energètica.
- **La guia de l'edificació sostenible.** És una publicació basada en el treballs del Projecte HIADES que estat editat per la Direcció General de la Vivenda, l'Arquitectura i l'Urbanisme del Ministeri de Foment (DGVAU) y per l'"Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía" (IDAE) que pertany al Ministerio de Ciencia y Tecnología.
- **L'agenda de la construcció sostenible.** Aquesta és una pàgina web promoguda i gestionada pel Col·legi d'Arquitectes tècnics de Barcelona que es constitueix com punt de confluència d'accions orientades a la construcció sostenible, tractant de donar resposta a les mancances que tenen els professionals de l'arquitectura i de la construcció amb relació a l'edificació sostenible.
- El Programa **METEO**, ha estat desenvolupat per la Universitat de Saragossa per ser utilitzat en l'anàlisi energètic i mediambiental d'edificis.
- El grup de treball **EU WG4** – Competitivitat a la Indústria Europea de la Construcció. A través de la DGVAU, Espanya ha participat en el Grup de Treball EU WG4 sobre Construcció Sostenible. Recentment, representants de la DGVAU, s'han incorporat igualment al Grup de Treball "Whole Life Cost-WLC" creat per la Unió Europea.
- Metodologia de qualificació energètica **BEA** (Building Energy Analysis) desenvolupada per Rey, Velasco i Varella de la Universitat de Valladolid. (Rey, Velasco, & Varella, 2007)

2.5.5 Experiències al món.

A més de les eines comentades fins el moment, existeixen altres eines de qualificació energètica i ambiental fora de l'àmbit europeu. A continuació es presenten algunes d'aquestes eines i es fa una breu descripció. Haapio i Viitaniemi han realitzat una revisió crítica de diferents eines de qualificació ambiental d'edificis. En aquest estudi es fa una comparativa qualitativa d'aquestes eines entre les que destaca LEED. (Haapio & Viitaniemi, 2009)

2.5.5.1 Experiència americana. (LEED, Energy Star i Cal-Arch)

– LEED

Als EEUU s'han desenvolupat molts certificats energètics d'habitatges (des de 1990, més de 20 procediments "green rating") i en termes més amplis que les consideracions energètiques, certificats "verds".

LEED ("Leadership in Energy and Environmental Design") és el sistema de certificació d'edifici verd més important i reconegut internacionalment. Va ser dissenyat i construït usant estratègies adreçades a millorar l'acompliment en tots els paràmetres més importants: l'estalvi d'energia, l'aigua, l'eficiència, la reducció d'emissions de CO₂, la millora de la qualitat ambiental d'interiors, i administració dels recursos i la sensibilitat als seus efectes.

Va ser desenvolupat per Green Building Council (USGBC) d'EUA i pretén identificar i mesurar l'aplicació de pràctiques i el disseny dels edificis verds, la construcció, operació i manteniment de solucions. Cal destacar que LEED és prou flexible com per ser aplicat a tot tipus d'edificis, ja sigui comercial o residencial i té en compte tot el cicle de vida de l'edifici - disseny i construcció, operacions i manteniment.

El sistema LEED atorga punts sobre una escala de 100 punts. S'avaluen els 5 vectors que s'han citat anteriorment. Aquests tenen un pes diferent en funció de l'impacte ambiental que tingui associat. A més, es poden obtenir 10 de bonificació. L'edifici ha de complir tots els requisits i obtenir un nombre mínim de punts per ser certificats.

L' Institut de Certificació Edificació (GBCI) assumeix l'administració de la certificació LEED per a tots els projectes institucionals i comercials registrats

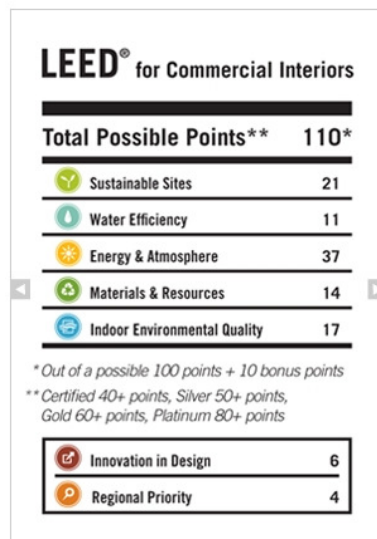


Figura 2.5-10 Etiqueta LEED. Font: <http://www.usgbc.org>

Les categories d'etiquetatge LEED són: Certificat LEED, plata, or i platí. Aquest certificat s'ha aplicat bàsicament a EEUU, però també en altres països com Austràlia, Canadà, Xina, Japó, Índia, França i Espanya.

– Energy Star

Aquest mètode puntua els edificis de 1 a 100, utilitzant models i mètodes de normalització basats en anàlisis estadístic de les dades de la base de dades de la EIA. Per obtenir el certificat, l'edifici a d'aconseguir un mínim de 75 punts, que és equivalent a dir que l'edifici forma part del 25% dels edificis més eficients.

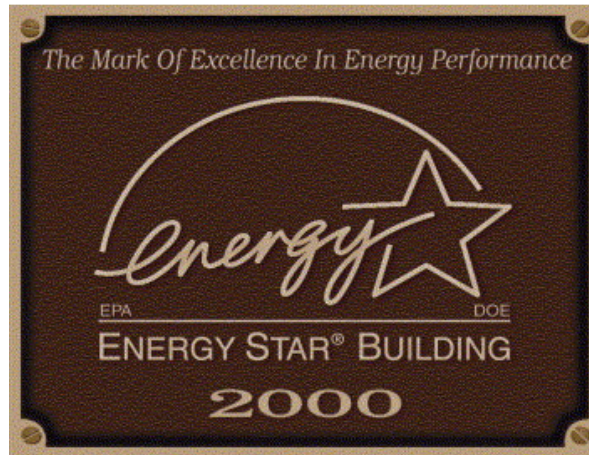


Figura 2.5-11. Etiqueta Energy Star. Font: www.energystar.gov

– Cal-Arch

El principal objectiu d'aquest projecte era desenvolupar una aplicació disponible via web per a l'avaluació comparativa de tota l'energia dels edificis comercials de Califòrnia (EUA). Aquest va ser un projecte de tres anys que va començar el juliol de 2000.

Per tal d'obtenir la qualificació energètica amb Cal –Arch cal que l'usuari introdueixi les dades d'ús de l'energia i la superfície bruta de l'edifici. Normalment l'ús de l'energia anual es calcula sumant les dades de les últimes 12 factures.

Aquesta eina no dona cap puntuació sinó que representa la corba de distribució de freqüència de la intensitat energètica dels edificis de la base de dades i situa l'edifici objecte de qualificació en aquesta corba.

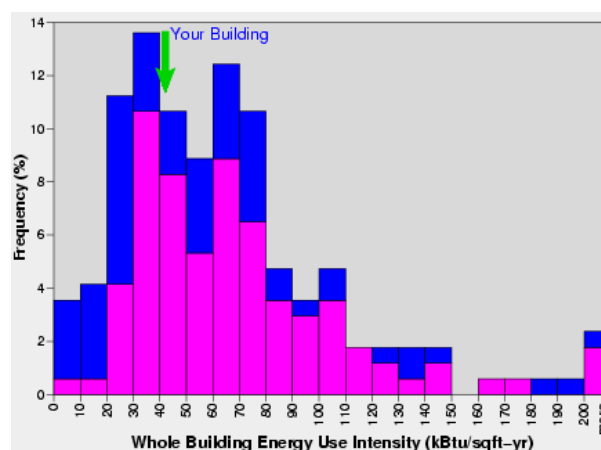


Figura 2.5-12 Histograma d'intensitat energètica. Mètode Cal-Arch. Font: <http://poet.lbl.gov/cal-arch/benchmark.html>

2.5.5.2 Experiència australiana. (NABERS).

La Qualificació NABERS és molt simple, més estrelles indiquen un millor comportament ambiental i un menor consum d'energia.

El màxim que es poden obtenir són 5 estrelles, en augments de ½ estrella.

Per tal d'obtenir la qualificació energètica cal que l'usuari introdueixi les dades del seu edifici (residencial o terciari) en l'aplicatiu via web.



Figura 2.5-13. Etiqueta NABERS. <http://www.nabers.com.au>

Fins aquí, la presentació de l'estat de l'art de la certificació energètica d'edificis a nivell espanyol, europeu i mundial. Com es pot veure, hi ha moltes metodologies, totes elles diferents, amb indicadors, usos i escales de qualificació diferents.

Així doncs, el marc general de la tesi queda definit a l'haver explicat de forma exhaustiva la problemàtica de l'energia, definint els sectors de consum i establint la importància del sector domèstic i de serveis com a principals sectors on el consum en edificis és protagonista.

Una vegada definida la importància dels edificis en el consum energètic global, s'ha explicat com i per què un edifici consumeix energia. Definint la demanda, l'ús i la gestió energètica de l'edifici.

Per altra banda, també s'han explicat les normatives europees, estatals i regionals que han dictat les administracions corresponents per intentar disminuir el consum energètic dels edificis, fent-los més eficients.

En aquest normativa és on, precisament, es fa referència a una de les mesures per incentivar la construcció d'edificis eficients, és a dir, la certificació energètica d'edificis. Així s'ha explicat com ha estat definida la certificació a nivell espanyol i també quin és l'estat de l'art de la certificació arreu del món, explicant les experiències que hi ha a nivell europeu, estatal i mundial.

2.6 Barreres per millorar l'eficiència als edificis

Les principals barreres per portar a terme la millora en l'eficiència energètica dels edificis es poden resumir en els següents punts (Lausten, 2008):

- Major cost d'inversió inicial. La millora de l'envolupant de l'edifici o dels equips que hi subministren l'energia necessària per satisfer la demanda implica, generalment, un cost inicial més alt. Cal tenir en compte, però, que aquesta inversió aconseguirà un estalvi posterior en la fase d'ús de l'edifici, sempre i quan, la gestió d'aquest sigui correcta. Cal tenir, doncs, una visió més àmplia de la vida útil de l'edifici. Cal valorar els estalvis aconseguits i per tant, el temps d'amortització de les mesures aplicades. Els constructors, generalment, només estan preocupats pels costos d'inversió, el que passi després serà problema de l'usuari. També cal tenir en compte que la inversió en la rehabilitació tèrmica d'edificis existents és molt més costosa que en edificis de nova construcció. Cal invertir en la millora dels edificis que ja existeixen però, sense oblidar que els edificis nous esdevindran, també, edificis existents.
- Manca d'informació. Hi ha molts actors implicats en la construcció, venda i ús d'un edifici: des del constructor, passant pel banc que finançarà la compra i acabant per l'usuari que el comprarà i l'utilitzarà. Només que algun d'aquests eslavons de la cadena no tingui el coneixement suficient sobre la importància de l'eficiència energètica de l'edifici, aquesta no es portarà a terme.
- L'energia és barata i és un indicador de benestar. Segons "El Pla d'Energia per a Catalunya 2006 – 2015" (DTI, 2006), la despesa energètica d'una família catalana no arribava al 3% al 2003. Això fa que els estalvis econòmics que es puguin produir en l'àmbit energètic en un edifici residencial no suposarà un gran estalvi en l'economia global dels seus usuaris. A més, per exemple, encara que un edifici no necessiti d'instal·lació de fred, el fet que l'habitatge disposi d'aire condicionat denota una qualitat superior a un altre habitatge de les mateixes característiques sense aquesta instal·lació, o com a mínim, això és el que percep el futur usuari.
- La normativa relativa a les característiques tèrmiques de l'edifici, només exigeix valors mínims de compliment i no valors òptims. Així que un edifici compleixi amb el mínim normatiu no és garantia que sigui un edifici eficient. Un edifici que compleix, estrictament, amb la norma, encara podria millorar molt. Normalment, el constructor, no troba al·licients suficients per superar els límits establerts per la normativa.

Segurament, el problema més important és que aquestes barreres o dificultats per implantar mesures d'eficiència energètica, moltes vegades, tenen lloc alhora. Això fa que sigui, encara més difícil, superar-les.

A continuació, es desenvoluparan les dues parts més importants d'aquesta tesi. La primera, en relació al potencial d'estalvi energètic i d'emissions dels edificis residencials a Catalunya. La segona, en relació a la definició d'una nova metodologia de certificació per edificis residencials.

II. MARC GENERAL

2 Marc general

2.1 Introducció

S'entén per “Desenvolupament sostenible”, el progrés que satisfà les necessitats del present sense comprometre la capacitat de les generacions futures per a satisfer les seves pròpies necessitats. Aquesta és la primera definició de desenvolupament sostenible i apareix al 1987 a l'Informe Brundtland (Brundtland, 1992).

Se n'ha parlat molt del desenvolupament sostenible i no sempre utilitzant el terme amb propietat. Això ha fet que aquesta expressió, en els últims temps, hagi pogut perdre part de la seva legitimitat en alguns àmbits. Malgrat tot, és inqüestionable el fet que un canvi en el model de gestió actual dels recursos és necessari. Aquest nou model de gestió ha de ser més respectuós amb l'entorn i segons Jiménez Herrero, s'ha d'entendre com un conjunt de relacions entre sistemes (naturals i socials), dinàmica de processos (energia, matèria i informació) i escales de valors (idees i ètica) (Jiménez Herrero, 2000).

Un dels vectors que fa perillar aquest model és l'energètic. Com s'analitzarà en aquest capítol, amb dades oficials i actualitzades, el consum energètic s'ha disparat en les últimes dècades, no només a Europa, sinó a tot el món. Aquest augment està provocat per moltes causes, entre les que destaquen, l'augment de la població a escala mundial, el fet que totes les societats del món tinguin l'aspiració, legítima, de millorar la seva qualitat de vida i que aquest nivell de progrés estigui íntimament lligat al consum energètic.

La producció d'energia útil, ja sigui elèctrica o tèrmica, té associada uns impactes ambientals i socials lligats al consum d'energies fòssil i nuclear. En aquests moments, la gran preocupació no és tant la disponibilitat física d'energia com la capacitat de reacció de la biosfera davant els fenòmens derivats de la producció i consum d'energia. Cada segon s'expulsen a nivell mundial prop de 1000 tones de gasos com el diòxid de carboni, el metà i l'òxid de nitrogen, els quals s'acumulen a l'atmosfera i provoquen el conegut efecte hivernacle (APE, 2002). Sembla lògic, doncs, que la conservació del medi ambient constitueixi una de les principals preocupacions de l'opinió pública i que, en conseqüència, s'imposi la necessitat d'una ferma actuació de tots per a fer compatible el desenvolupament amb el respecte a l'entorn natural.

La recerca d'alternatives per aconseguir un desenvolupament sostenible a escala mundial que no comprometi els recursos ni el medi ambient esdevé, doncs, un dels aspectes principals de la problemàtica energètica actual. En aquest sentit, la reducció del consum energètic millorant l'eficiència energètica, la introducció de noves formes d'aprofitament energètic i la implantació de les fonts d'energia renovables són mesures capaces d'aportar una contribució molt substancial a la seguretat i sostenibilitat de les necessitats energètiques i, a la vegada, de preservar recursos i protegir el medi ambient per a les generacions futures.

Amb l'objectiu de preservar recursos i protegir el medi ambient, la Unió Europea es va comprometre a la Cimera de Kyoto a reduir les seves emissions d'efecte hivernacle l'any 2012

fins a una xifra un 8% inferior a la de 1990. El Protocol de Kyoto és, avui dia, el compromís internacional més seriós per intentar lluitar contra el canvi climàtic antropogènic. Tot i que, els objectius d'emissió als que es van comprometre els estats membres, fa anys que han estat àmpliament superats. Per exemple, Espanya va sobrepassar les emissions permeses (podia superar un 15% les emissions de 1990) al 1997.

Així doncs, els mecanismes establerts a Kyoto no han estat suficients per controlar les emissions de gasos d'efecte hivernacle.

Tot i l'evidència de l'efecte hivernacle antropogènic, no serà fàcil complir amb els acords de Kyoto. En qualsevol cas, els propers anys seran clau per a la ciència i la política del canvi climàtic, tant a Catalunya com arreu del món. Al 2009 s'ha dut a terme la conferència de Copenhaguen del mes de desembre. El repte era assolir un nou acord internacional que fos signat per tots els estats i que permetés fer un pas més enllà dels compromisos del Protocol de Kyoto, i adoptar noves mesures de mitigació i adaptació més ambicioses i efectives a partir de l'any 2012.

Les decisions preses estan basades en les proves científiques i les recomanacions dels experts en canvi climàtic, principalment les del Grup Intergovernamental d'Experts sobre el Canvi Climàtic (IPCC), el grup d'experts de major prestigi de nivell mundial, creat específicament el 1988 per l'Organització de les Nacions Unides i l'Organització Meteorològica Mundial per aportar els coneixements científics necessaris per afrontar els reptes del canvi climàtic a nivell mundial.

Segons el Quart Informe d'Avaluació de l'IPCC (IPCC, 2007), les emissions mundials de gasos d'efecte hivernacle (GEH) com a resultat de les activitats humanes han augmentat des de l'era preindustrial, amb un augment del 70 % entre 1970 i 2004. Les concentracions atmosfèriques mundials de CO₂, metà (CH₄) i òxid nítrós (N₂O) han augmentat notablement com a resultat de les activitats humanes des de 1750 i són actualment molt superiors als valors preindustrials, determinats a partir de testimonis de gel que abasten molts mil·lennis. Les concentracions atmosfèriques de CO₂ (379 ppm) i de CH₄ (1.774 ppm) el 2005 superen de molt el rang natural de valors dels últims 650.000 anys.

Aquest mateix informe afirma que l'augment de la concentració mundial de CO₂ es deu principalment a la utilització de combustibles d'origen fòssil i, en una part apreciable però menor als canvis d'ús de la terra. (Veure **Figura 2.1-1**)

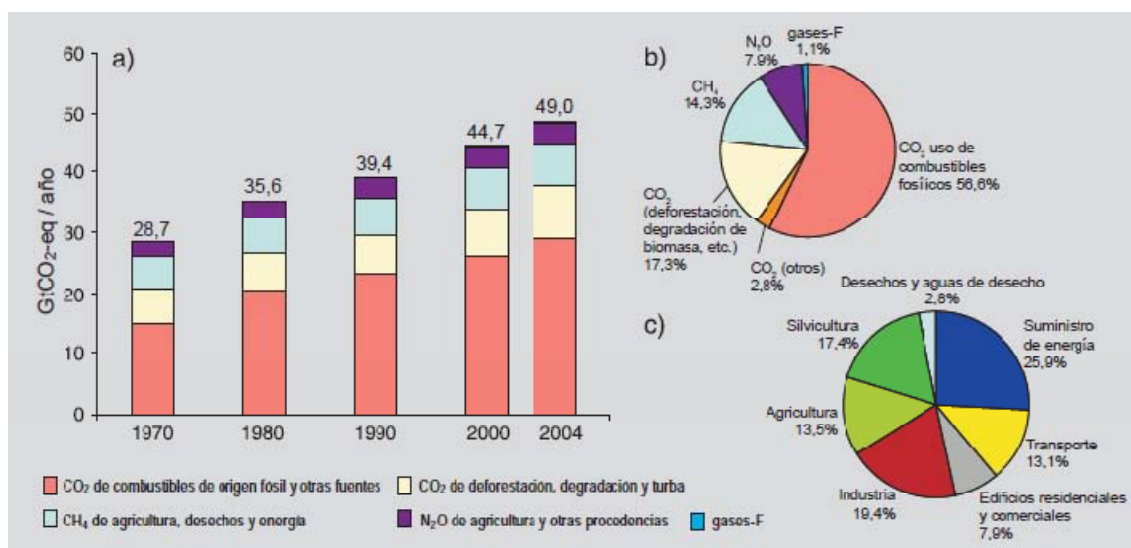


Figura 2.1-1 a) Emissions anuals mundials de GEH d'origen antròpic entre 1970 i 2004. b) Percentatge dels diferents GEH antropogènics respecte les emissions totals el 2004, en termes d'equivalents de CO₂. c) Percentatge de diferents sectors en el total d'emissions de GEH antropogènics el 2004 en termes d'equivalents de CO₂. (Al sector de la silvicultura s'hi inclou la desforestació). Font: 4rt informe d'Avaluació de l'IPCC.(IPCC, 2007)

La major part de l'augment observat de la mitjana mundial de temperatura des de mitjans del segle XX es deu molt probablement a l'augment observat de les concentracions de GEH d'origen humà. És probable que s'hagi experimentat un escalfament antropogen apreciable en els últims cinquanta anys de mitjana per a cada continent, a excepció de la regió antàrtica.

A continuació es presenten les projeccions dels possibles impactes del canvi climàtic a la regió d'Europa. Aquestes projeccions provenen de textos del Resum per a responsables de polítiques del Grup de Treball II, i gaudeixen d'un grau de confiança alt o molt alt respecte de diferents sectors (agricultura, ecosistemes, aigua, costes, salut, indústria i assentaments). Al Resum per a responsables de polítiques del Grup de Treball II s'indiquen les fonts per a cada previsió, els terminis i les temperatures. La magnitud i cronologia dels impactes reals variaran en funció de la magnitud i rapidesa del canvi climàtic, dels escenaris d'emissions, i dels mecanismes de desenvolupament i adaptació.

Així doncs, els impactes que pot provocar el canvi climàtic a Europa es poden resumir en:

- S'espera que el canvi climàtic magnifiqui les diferències regionals pel que fa a riqueses i recursos naturals d'Europa. Entre els impactes negatius, es preveu un major risc de crescudes sobtades a l'interior, una major freqüència d'inundacions a les costes i d'un augment de l'erosió (degut a l'augment de les tempestes i del nivell del mar).
- Les àrees de muntanya experimentaran la retracció de les glaceres, la disminució de la coberta de neu i del turisme d'hivern i una notable pèrdua d'espècies (en algunes àrees de fins un 60 %, en escenaris d'alt nivell d'emissions des d'ara fins a 2080).
- Al sud d'Europa, les previsions indiquen un empitjorament de les condicions (altes temperatures i seques) en una regió que ja és vulnerable a la variació del clima, així com una menor disponibilitat d'aigua i una disminució del potencial hidroelèctric, del turisme estival i, en general, de la productivitat dels conreus.
- El canvi climàtic aguditzaria també els riscos per la salut per efecte de les onades de calor i de la freqüència d'incendis incontrolats.

És evident que les societats s'han enfrontat des de l'antiguitat amb els fenòmens relacionats amb el temps i el clima. No obstant, calen mesures d'adaptació addicionals per reduir els impactes adversos del canvi climàtic i la variabilitat climàtica que es preveuen, amb independència del volum de mesures de mitigació que s'adoptin en les properes dues o tres dècades.

Així els experts del grup III sobre adaptabilitat i mitigació, conclouen que pel sector de l'energia:

- L'opció/estratègia d'adaptació ha de ser la consolidació de les infraestructures secundàries de transmissió i distribució; cablejat subterrani per serveis públics bàsics; eficiència energètica; utilització de fonts renovables; menor dependència d'única font d'energia.
- El marc polític bàsic s'ha de focalitzar en polítiques energètiques nacionals, normatives i incentius fiscals i financers per estimular la utilització de fonts alternatives; incorporació del canvi climàtic en les normes de disseny.
- Les principals limitacions són: accés a alternatives viables; barreres financeres i tecnològiques; acceptació de noves tecnologies i oportunitats d'implementació.
- Les principals oportunitats són: estimulació de noves tecnologies; utilització de recursos locals.

El quart informe d'avaluació de l'IPCC també proposa alguns exemples de tecnologies clau de mitigació sectorial, polítiques i mesures, limitacions i oportunitats.

Així, en el cas del sector de subministrament energètic:

- Les tecnologies clau de mitigació i pràctiques actualment disponibles a nivell comercial són: la millora del subministrament i de l'eficiència de la distribució; substitució del carboni per gas com a combustible; energia nuclear; calor i energies renovables (energia hidroelèctrica, solar, eòlica, geotèrmica i bioenergia); utilització combinada de calor i energia elèctrica; aplicacions de captura i emmagatzemament de diòxid de carboni (CCS)

- Les tecnologies i pràctiques de mitigació que es preveu que siguin comercialitzades abans de 2030 són emmagatzemament de CO₂ procedent de gas natural, CCS en instal·lacions de generació d'electricitat alimentades per gas, biomassa i carbó; energia nuclear avançada; energia renovable avançada, incloses les energies de mares i onades, de concentració solar i solar fotovoltaica.
- Les polítiques, mesures i instruments que han demostrat ser ambientalment eficaços són: Reducció de subvencions als combustibles d'origen fòssil; impostos o gravàmens sobre el carboni aplicats als combustibles d'origen fòssil. La resistència deguda a interessos determinats pot fer difícil aplicar-los. Preus fixats (tipus feed-in tariffs) per a la generació amb tecnologies d'energia renovable; obligacions en energies renovables; subvencions als productors. Podria ser convenient crear mercats per a tecnologies de baixes emissions.

Els mecanismes flexibles previstos a Kyoto són comerç de drets d'emissió, aplicació conjunta i desenvolupament net. Aquestes mesures, sobretot, el comerç de drets d'emissió deixen de banda els sectors difusos, bàsicament edificis i transport.

I són precisament, aquests sectors els que suposen el 55% de les emissions globals (Cuchí & Pagès, 2007). Així, quines són les mesures concretes que es plantegen pels sector edificis.?

Un dels camins per a intervenir sobre els sectors difusos, els no inclosos en la Directiva i, per tant, sobre individus i empreses no subjectes directament a limitacions de drets d'emissió, s'ha produït bàsicament a través de la regulació de l'eficiència energètica i d'emissions en l'ús dels productes de determinades indústries o sectors.

Aquestes indústries o sectors tenen en comú l'estar controlades administrativament i que l'ús dels seus productes genera emissions significatives en el global de les emissions de GEH. Complementa aquesta regulació la transmissió al públic de la informació sobre la seva eficiència energètica per a anar introduint-los com un factor de competitivitat, en tant el consum d'energia en l'ús d'aquests productes implica costos per a l'usuari.

Així, les directives europees sobre eficiència energètica en aparells domèstics, les regulacions de les emissions dels automòbils o l'eficiència energètica en els edificis, segueixen aquesta estratègia d'eficiència energètica de sectors importants però difusos en l'emissió de GEH com són l'equipament domèstic, el transport o la climatització d'edificis.

L'establiment de limitacions a les emissions en aquests productes i la promulgació d'una qualificació energètica (de la A a la G) informativa de la seva eficiència relativa enfront dels seus competidors del mercat, ha estat el mecanisme utilitzat per la Unió Europea per a fomentar l'eficiència en aquests sectors.

Efectivament, segons el quart informe de l'IPCC, les tecnologies clau per mitigar els impactes del canvi climàtic en el sector edificis són:

- Les tecnologies clau de mitigació i pràctiques actualment disponibles a nivell comercial són: Il·luminació eficient i aprofitament de la llum del dia; aparells elèctrics i dispositius de calefacció i refrigeració més eficients; millora dels cremadors de les cuines, millora de l'aïllament; disseny solar passiu i actiu per a calefacció i refrigeració; fluids de refrigeració alternatius, recuperació i reciclatge dels gasos fluorats.
- Les tecnologies i pràctiques de mitigació que es preveu que siguin comercialitzades abans de 2030 són: Disseny integrat d'edificis comercials que incorporen tecnologies com ara sensors intel·ligents que permetin el control i introduir reajustaments; energia fotovoltaica solar integrada en els edificis
- Les polítiques, mesures i instruments que han demostrat ser ambientalment eficaços són:

- Normes i etiquetatge d'electrodomèstics Necessitat de revisió periòdica dels estàndards. Codis i certificacions de construcció. Interessant per edificis nous, però el compliment pot ser difícil.
- Programes de gestió de la demanda. Necessitat de reglamentacions en benefici dels serveis públics bàsics.
- Programes de lideratge del sector públic i, en particular, compres públiques. Les compres estatals poden augmentar la demanda de productes energèticament eficients.
- Incentius per empreses de serveis energètics (ESCO) Factors d'èxit: possibilitat de finançament per part de tercers.

Cal destacar que el IPCC que, fins el moment, és el grup d'experts més important i respectat en l'àmbit de l'estudi sobre el canvi climàtic, proposa, com una de les accions per mitigar els impactes associats a aquest canvi, les certificacions en l'àmbit de la construcció, encara que avisa que la seva implantació i compliment pot ser difícil.

És en aquesta direcció que s'orienta la realització d'aquesta tesi doctoral, en l'àmbit de l'eficiència, la qualificació i certificació energètica d'edificis.

Així, l'Informe Mundial de l'Energia (PNUD 2000) assenyala que es malbarata el 30% de l'energia. Els països industrialitzats podrien estalviar entre el 25%-35% de l'energia primària que consumeixen. El Llibre Verd (2000) i el Pla d'Acció (2000) per a la millora de l'eficiència energètica en la UE contempnen la possibilitat de l'estalvi del 18% de l'energia que es consumeix en la UE. La Directiva d'Eficiència de l'ús final de l'energia i serveis energètics preveu un estalvi del 9% en 2015. L'Agència Europea del Medi ambient (EEA, 2004) veu possible estalviar el 20% de l'energia primària en la Unió Europea (UE-15), i encara més amb l'ampliació.

Així mateix, en el paquet de mesures sobre energia i canvi climàtic de la Comissió de la UE, presentat el passat 10 de gener de 2007, i pel qual es pretén reduir les emissions d'efecte hivernacle almenys en un 20% des de 1990 a 2020, s'amplien les mesures del Pla d'Acció sobre Eficiència Energètica, aprovat el 19 d'octubre de 2006, l'objectiu del qual és arribar a un estalvi d'energia primària en la UE del 20% en 2020.

Això suposaria un estalvi de 390 milions de tones de petroli equivalents i una reducció d'emissions de CO₂ de 780 milions de tones.

Els edificis i el transport són elements clau en aquest pla. Es proposen ara normes més rigoroses, el foment dels serveis energètics i mecanismes específics de finançament per a donar suport a productes més eficients.

La Comissió de la UE establirà així mateix un pacte entre alcaldes d'entre 20 i 30 ciutats europees pioneres en la matèria i proposarà un acord internacional sobre l'eficiència energètica.

A Espanya el document Estratègia d'Estalvi i Eficiència Energètica a Espanya 2004-2012 (E4)³ planteja un objectiu d'estalvi global d'energia primària de gairebé 10000 ktep a l'any, el que suposa una reducció del consum del 9% en 2012, respecte a l'escenari base o de referència. Els estalvis anuals previstos es quantifiquen en el sector del transport en 4800 ktep i en el de l'edificació en 1700 ktep. Altres objectius indirectes de la E4 són l'augment de la competitivitat i millora de l'ocupació, la millora del autoabastiment energètic (fins a arribar al 27%) i la reducció de les emissions, que es quantifiquen a partir de 2012 en 42 Mt CO₂ anuals. (Cuchí & Pagès, 2007)

³ Ordre ECO/3888/2003, de 18 de desembre, per la qual es disposa la publicació de l'Acord de Consell de Ministres de 28 de novembre de 2003, pel qual s'aprova el Document d'Estratègia d'estalvi i eficiència energètica a Espanya 2004-2012.

2.2 L'energia al món.

En l'apartat anterior s'ha parlat de les conseqüències de l'augment del consum energètic al món i quines són les polítiques que es volen impulsar per tal de controlar aquest consum i les emissions que se'n deriven per intentar complir amb els compromisos de reducció d'emissions adquirits al Protocol de Kyoto.

En aquest punt es justifica l'augment del consum energètic i de les emissions, presentant les dades oficials i actualitzades a 2009, tant del consum d'energia final com del subministrament d'energia primària necessària per produir l'energia útil que finalment s'utilitzarà en els diferents sectors econòmics.

S'explicarà quina ha estat l'evolució del consum d'energia final, primària i la producció d'energia elèctrica, des de 1973 fins el 2007 (últim any amb dades oficials disponibles) al món en general i als països de la OCDE en particular.

Per últim, es presentaran les dades sobre distribució del consum d'energia per sectors. L'objectiu és destacar la importància del sector domèstic i serveis en el consum total d'energia. Són en aquests sectors on el consum energètic associat als edificis és protagonista.

2.2.1 Balanç energètic.

En aquest punt es presenten i comenten les dades sobre el subministrament d'energia primària i el consum d'energia final al món per combustibles i per regions. També es presenten les dades pels països de la OCDE⁴.

2.2.1.1 Balanç mundial

Segons l'Agència Internacional de l'Energia (IEA), el subministrament mundial d'energia primària durant el 2007 va ser de 12029 Mtep (mil·lions de tones equivalents de petroli, en anglès Mtoe), això vol dir un 97% més respecte a l'any 1973, que van ser 6115 Mtep i un 8% més que al 2004 que va ser de 11059 Mtep. Els combustibles fòssils segueixen dominant el panorama energètic, proporcionant aproximadament el 80% del total de l'energia. Les energies renovables només han augmentat un 0,6 % durant el període de 1973 a 2007. El gas natural i l'energia nuclear han sofert els principals augments, un 4,9% i un 5% respectivament, en detriment del petroli que ha disminuït en 12,1%. (IEA, 2009)

En quant al consum d'energia final, cal destacar l'augment del consum elèctric d'un 7,7% del 1973 al 2007. El consum de renovables també ha augmentat un 1% en el mateix període. El carbó i el petroli han sofert una disminució del 4,4% i del 5,5% respectivament

Als següents gràfics es pot veure l'evolució del subministrament d'energia primària al món i l'evolució del total d'energia final consumida.

⁴ OCDE: Organització per a la Cooperació i el Desenvolupament econòmic

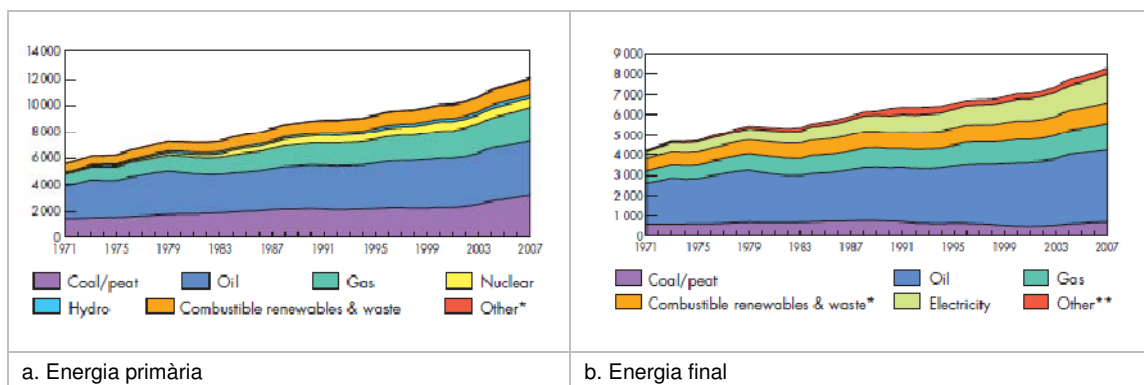


Figura 2.2-1 Evolució mundial de subministrament d'energia primària i del consum d'energia final. (Mtep) ** (Other: Inclou geotèrmica, solar, eòlica, etc. Font: IEA 2009)

En quant a l'evolució del repartiment de subministrament d'energia primària i de consum d'energia final segons les diferents regions mundials, es pot veure com els països d'economies emergents han anat augmentant progressivament tant el subministrament d'energia primària com el consum d'energia final. Així Xina i Àsia (sense incloure Xina) han augmentat un 9,4% i un 5,8 % respectivament el subministrament d'energia primària i un 7,3% i un 5,1% respectivament el consum d'energia final. A més, en quant el consum d'energia final els països de l'est, Amèrica Llatina i Àfrica també han augmentat el seu consum en 3,6%, 1,4% i 1,9% respectivament.

Als següents gràfics es pot veure l'evolució del repartiment per regions del subministrament d'energia primària al món i l'evolució del total d'energia final consumida.

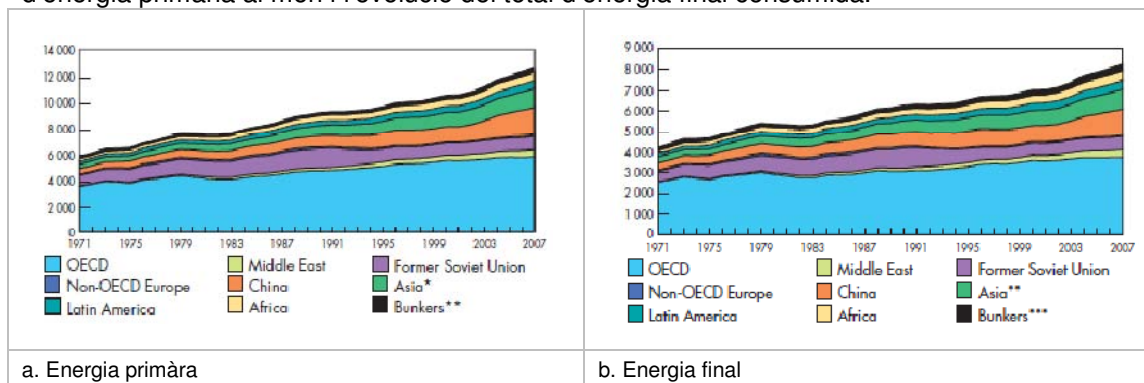


Figura 2.2-2 Evolució del repartiment per regions del subministrament d'energia primària i del consum d'energia final (Mtep)(* Asia: Excloent Xina; ** Bunkers: vols internacionals...) Font: IEA 2009

2.2.1.2 Països OCDE

Referent al repartiment en funció de la regió OCDE, cal destacar que el subministrament de l'energia primària en aquests països ha augmentat des de l'any 1973 en un 46%, això suposa un ritme mig de creixement inferior al de la mitja anual mundial. Això s'explica en part per un millor ús de l'energia per part d'aquests països, però sobretot al major augment del creixement de la demanda en altres països amb economies emergents, i a l'evolució diferenciada dels diferents sectors productius.

Als següents gràfics es pot veure l'evolució del repartiment per regions de la OCDE del subministrament d'energia primària al món i l'evolució del total d'energia final consumida.

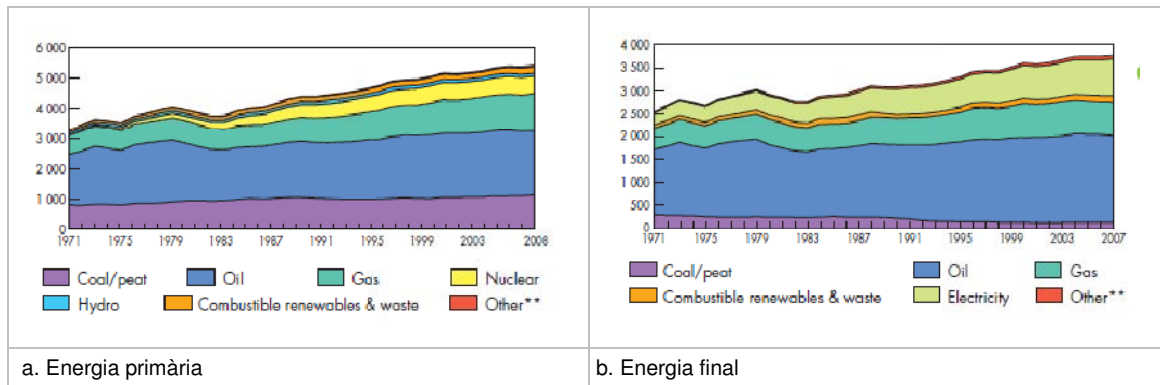


Figura 2.2-3 Evolució de subministrament d'energia primària i del consum d'energia final de les regions de la OCDE per combustible (Mtep) ** (Other: Inclou geotèrmica, solar, eòlica, etc. Font: IEA 2009) Font: IEA

En quant al subministrament d'energia primària, els combustibles fòssils són els predominants tant en el mercat energètic mundial com en el dels països de la OCDE, sent el petroli el més significatiu (37,3%) seguit del gas (23,7%) i del carbó (20,9%). L'energia nuclear és la que més ha augmentat, passant del 1,3% de l'any 1973 al 10,9% del 2008. Tot i que les nuclears al 2004 suposaven un 11%, aquesta lleugera disminució es deu a que les polítiques energètiques actuals de bona part dels països de la OCDE tendeixen a disminuir la participació de l'energia nuclear, evitant noves centrals i tancant les obsoletes. Les energies renovables també han experimentat un creixement important passant d'una participació del 2.3 % al 1973 fins un a 4,1 %.

Pel que fa al consum d'energia final, també són els combustibles fòssils els que suposen un major percentatge en el consum total (73%), el segon tipus d'energia final és l'electricitat amb un 21,1% al 2007. L'electricitat és l'energia que ha augmentat més des del 1973 amb un 9,6%, les renovables també han augmentat un 1,1% des del mateix any. Per contra, el carbó ha disminuït un 6.6% i el petroli un 6,5%. El gas només ha augmentat un 1,2%.

2.2.2 Producció d'electricitat

En quant a la producció d'electricitat, les centrals tèrmiques al 2007 van produir el 67% de l'electricitat mundial. Les centrals nuclears el 14.8%, la hidràulica el 16% i les renovables només suposen un 2.3%.

Comparant els percentatges amb les dades de producció elèctrica del 1973, es pot veure com l'energia nuclear ha experimentat un augment del 10.5%, el gas també ha augmentat un 8.9%, el carbó un 3.2% i les renovables un 2%. Per contra el petroli i la hidràulica han disminuït un 19.1% i un 5.4% respectivament.

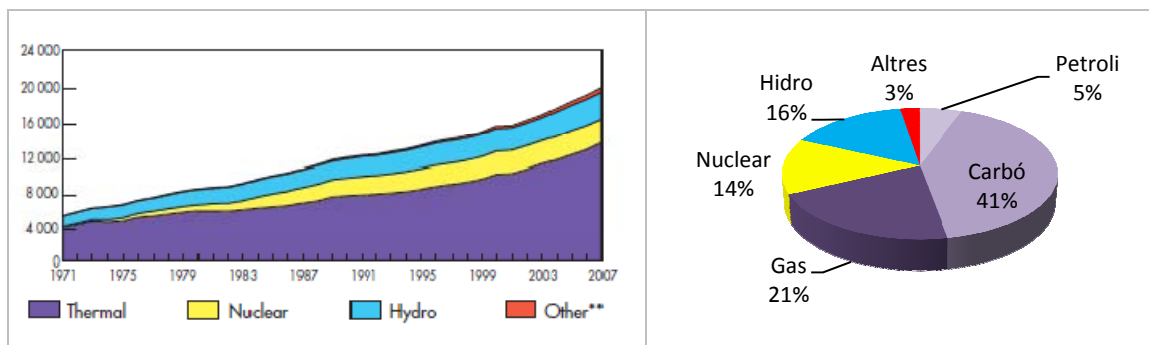


Figura 2.2-4 Evolució de la producció elèctrica mundial per combustibles. (TWh) ** (Other: Inclou geotèrmica, solar, eòlica, etc. Font: IEA 2009) Font: IEA 2009

Els països de la OCDE van produir el 53.9 % de l'electricitat mundial, tot i que al 1973 aquest percentatge era del 72,9%. Tot i així continuen sent els països que produeixen més electricitat al món. Els països de la Unió soviètica també han disminuït el percentatge de producció d'electricitat mundial, passant d'un 15% a un 7,5%. Per contra, la Xina i els països asiàtics han passat del 2,8% i el 2.6% al 16.8% i 9% respectivament del 1973 al 2007, és a dir, la Xina ha augmentat un 14% i la resta de països asiàtics un 6,4%. Els països de l'est també han augmentat un 3% passant d'un 0,6 al 3,6%. L'Amèrica Llatina i els països africans també han augmentat lleugerament el percentatge de producció elèctrica mundial.

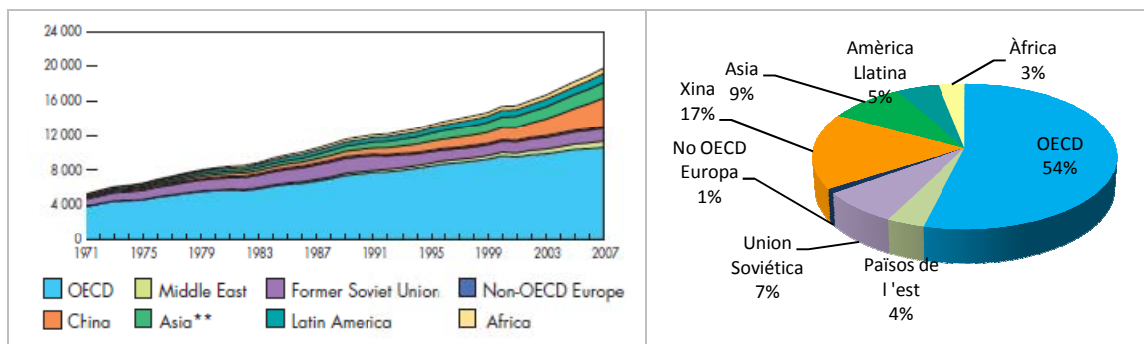


Figura 2.2-5 Evolució de la producció elèctrica mundial per regions. (Mtep) (** Asia: Excloent Xina)
Font: IEA 2009

2.2.3 Consum d'energia final per sectors.

L'augment del consum energètic en els últims anys, s'ha fet evident en el punt anterior. Però, com es reparteix el consum energètic en els diferents sectors econòmics?. És important saber quins són els sectors més importants des d'un punt de vista de consum energètic, per poder definir les estratègies polítiques i legislatives que permetin una reducció del consum d'energia i per tant, una reducció de les emissions de gasos d'efecte hivernacle.

Les dades oficials sobre el consum energètic per sectors, s'han extret d'EUROSTAT. No s'han inclòs les dades a nivell mundial perquè l'àmbit d'acció d'aquesta tesi és l'europeu, ja que les lleis estatals i autonòmiques es basen en les directives europees que la UE dicta en l'àmbit energètic.

2.2.3.1 Europa

Segons l' Institut Europeu d'Estadística, EUROSTAT, l'evolució del consum d'energia final a Europa (considerant Europa 27) és la següent:

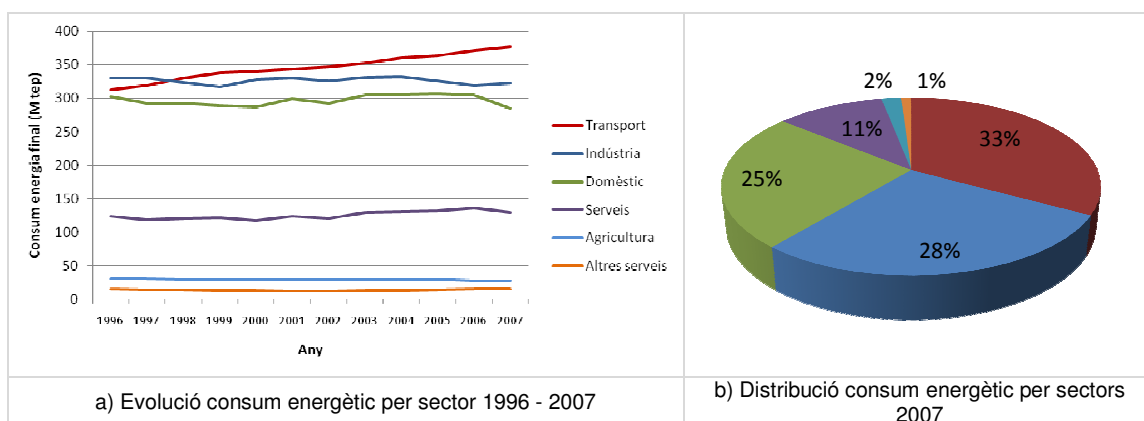


Figura 2.2-6 Evolució del consum d'energia final a Europa 27 per sectors. Font: EUROSTAT, 2009.
Elaboració pròpia

Com es pot veure al gràfic, a Europa, els tres sectors més importants en quant al consum energètic són el transport, la indústria i el sector domèstic. El consum associat als edificis estaria inclòs al sector domèstic i al de serveis. La suma d'aquests dos sectors suma el 36 % del total del consum d'energia final a Europa.

2.2.3.2 Espanya

Segons EUROSTAT, l'evolució en el cas d'Espanya és la següent:

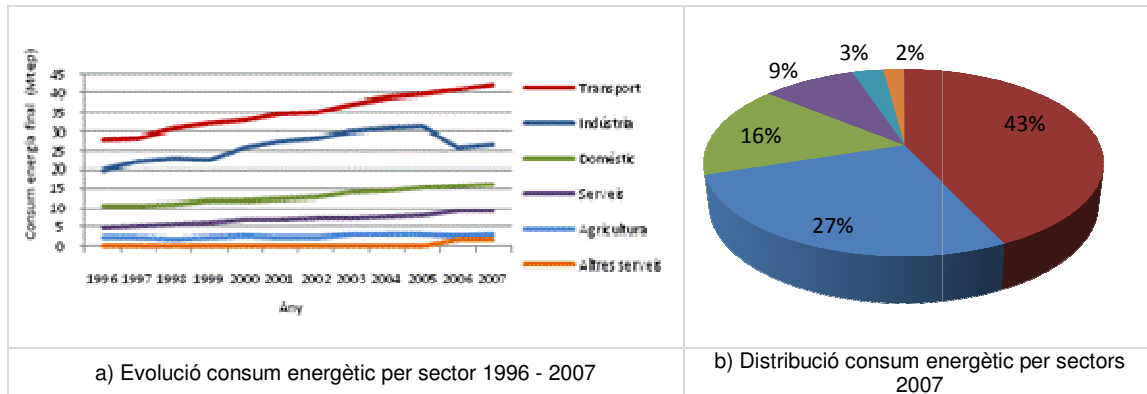


Figura 2.2-7 Evolució del consum d'energia final a Espanya per sectors. Font: EUROSTAT, 2009. Elaboració pròpia

En el cas d'Espanya, els tres sectors més importants, en quant al consum d'energia final, són, per aquest ordre, el transport, la indústria i el sector domèstic. A Espanya, la diferència entre el sector domèstic i el de serveis no és tan gran com a Europa. En el cas espanyol el sector domèstic i serveis suma el 25 % del consum d'energia final total.

Es veu com a Espanya, el consum associat a tots els sectors augmenta progressivament, excepte en el cas de la indústria on hi ha una davallada al 2006. Cal dir però que les dades a partir del 2000 són provisionals.

Segons Cuchí, les emissions associades als edificis suposen un 20% de les emissions totals a Espanya. (Cuchí & Pagès, 2007)

2.2.3.3 Catalunya

Segons l'Institut Català de l'Energia, l'evolució del consum per sectors és el que es pot veure a la següent figura:

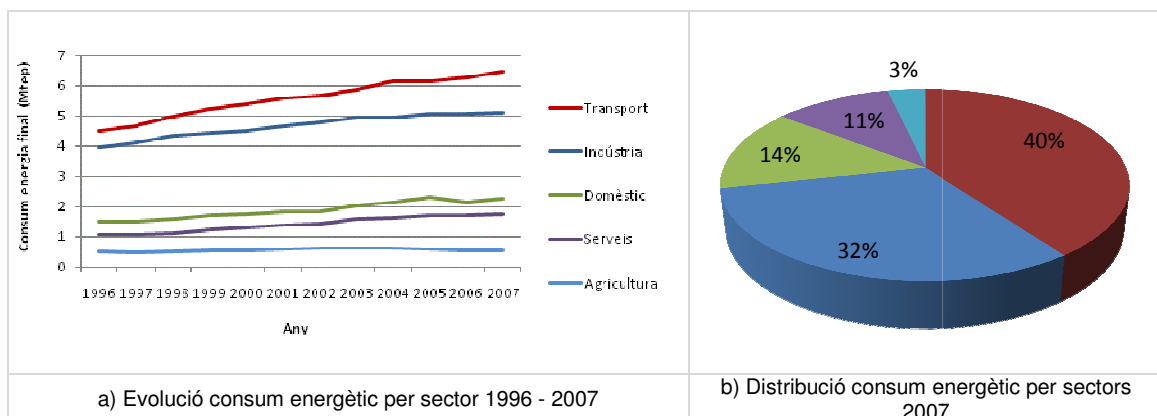


Figura 2.2-8 Evolució del consum d'energia final a Catalunya per sectors. Font: ICAEN. Elaboració pròpia.

Així, en el cas de Catalunya, el sector domèstic i de serveis també representa el 25 % igual que a l'Estat Espanyol. Pel que fa a la distribució del consum energètic per sectors, veiem que el principal consumidor d'energia és el transport, amb un 40% del consum total, seguit de la indústria amb un 32% i del consum domèstic i de serveis amb un 25%.

2.3 Energia als edificis

Els fluxos energètics associats al cicle de vida d'un edifici es poden classificar en:

- Fluxos estàtics, associats a la fabricació i transport dels materials de construcció fins l'obra, incloent també la deconstrucció.
- Fluxos dinàmics, associats a l'ús i l'explotació de l'edifici

Segons estudis realitzats per quantificar el pes de cada fase del cicle de vida d'un edifici, entre el 20 y 33% del total de l'energia consumida està associada a fluxos estàtics i entre el 66 i el 80% restants estan associats a la fase d'ús i explotació de l'edifici. (López, 2006)⁵. (Cuchí & Pagès, 2007)

Així aquesta tesi es centra en els fluxos dinàmics d'energia. Cal tenir en compte que per minimitzar el consum energètic d'un edifici, primer s'ha de dissenyar un edifici que necessiti el mínim subministrament d'energia, mitjançant equips, per satisfer la demanda d'energia tant a l'estiu com a l'hivern.

Les emissions associades al consum energètic final en un edifici depenen de tres paràmetres:

1. La demanda energètica de l'edifici. Aquesta demanda depèn:
 - del tipus d'envolupant de l'edifici, és a dir de la composició dels tancaments opacs i semitransparents,
 - de criteris de disseny com l'orientació, geometria de l'edifici,
 - de les condicions climàtiques de la zona on es construirà l'edifici i per últim,
 - de l'ús que tindrà aquest per poder determinar les càrregues internes segons l'ocupació, els horaris de funcionament, etc.

Aquests paràmetres definiran les pèrdues i els guanys tèrmics que tindrà l'edifici, i per tant, la demanda energètica global, tant de calefacció com de refrigeració, així com la demanda de ACS

2. L'ús de l'edifici. Cal preveure que, una vegada l'edifici construït, els usuaris d'aquest en faran ús i per tant, s'hauran de projectar els sistemes de calefacció, refrigeració i ACS per tal de satisfer la demanda de l'edifici.

El consum energètic que tindran aquests sistemes dependrà de la demanda de l'edifici, però també del rendiment dels equips, de les hores de funcionament,...

3. La gestió. Per últim, cal definir quin és el tipus de control dels diferents sistemes i també s'haurà de tenir en compte que el comportament dels usuaris sigui el correcte. És a dir, que els equips estiguin en funcionament quan sigui realment necessari, que les temperatures de confort siguin les adequades, etc... Aquest paràmetre és molt difícil de controlar. Fabian López demostra a la seva tesi doctoral que la gestió és un dels paràmetres més importants a l'hora d'avaluar el consum energètic final d'un edifici. (López, 2006)

En qualsevol cas, la certificació energètica dels edificis residencials nous, només considera la demanda i l'ús, entès com a la definició dels sistemes que projecta el responsable de l'edifici sota unes hipòtesis de funcionament de l'edifici que són estàndards per tots els edificis qualificats i certificats. És a dir, la certificació d'edificis nous avalua l'edifici, no l'usuari.

⁵ Estudi realitzat pel Dpt. De Construccions Arquitectòniques I de l'Escola d'Arquitectura del Vallès de la UPC per a l'ICAEN

2.3.1 Distribució del consum energètic en funció dels usos

Els consums d'energia en el sector domèstic depèn del clima, a més de les característiques dels edificis i del rendiment de les instal·lacions tèrmiques i d'il·luminació.

En qualsevol cas, a mode d'exemple i, segons diferents autors, la distribució del consum d'energia en un habitatge tipus a Espanya és la següent: (IDAE, 2010)

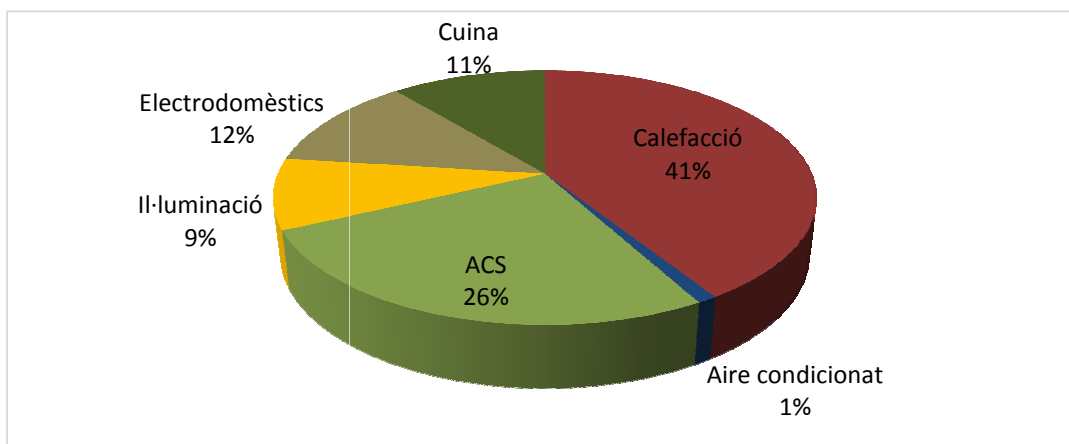


Figura 2.3-1 Distribució consum energètic en un habitatge. Font: (IDAE, 2010)

Es pot veure que, en general, el consum més elevat està associat a la demanda de calefacció dels edificis, seguit per l'aigua calenta sanitària i els electrodomèstics. Així un consum elevat ve donat, en part, a les deficientes condicions d'aïllament dels edificis i a les pròpies característiques constructives.

Per estalviar energia i reduir les emissions de diòxid de carboni, s'ha d'actuar en base a dos grans aspectes:

1. Reducció de demanda i pèrdues tèrmiques amb alternatives referides a l'envolupant de l'edifici. L'elecció de les diferents opcions catalogades, configuren graus d'eficiència energètica variables, i el promotor haurà d'adoptar la qualificació pel seu propi edifici. S'ha d'actuar sobre el disseny de l'edifici, és a dir, aplicar criteris d'arquitectura bioclimàtica i sobre la pell de l'edifici, és a dir, materials i tipus de tancaments. L'objectiu de l'arquitectura bioclimàtica és aconseguir l'eficiència energètica de les diferents construccions permetent estalviar, optimitzant les condicions climàtiques. D'acord amb els tècnics, l'aplicació de l'arquitectura bioclimàtica pot representar estalvis energètics d'entre el 70% i el 80% respecte dels edificis construïts amb tècniques convencionals. No obstant, el cost de construcció de les vivendes s'estima en un 10% superior al d'altres vivendes que no disposen de criteris mediambientals en la seva construcció (Udg, 2002). Per aquest motiu, l'arquitectura i la construcció bioclimàtiques haurien d'anar acompanyades de mesures normatives i econòmiques que les facin possibles.
2. Augment del rendiment de les instal·lacions energètiques amb opcions de sistemes i fonts d'energia: La tria d'aparells electrodomèstics i instal·lacions de climatització, ACS, enllumenat amb un elevat grau d'eficiència energètica, comporta un gran estalvi d'energia i, conseqüentment, una reducció de la despesa econòmica. Així, es calcula que, aplicant les tecnologies actualment disponibles i apostant pels electrodomèstics i les instal·lacions eficients, l'estalvi energètic potencial al sector domèstic pot arribar a situar-se entre el 25% i el 35%. (Miv, 2005)(Paris, 2005)

El sector domèstic és, per tant, un dels que presenta un major potencial d'estalvi. Això no obstant, cal tenir en compte que aquest potencial té la seva base de càlcul en la suma de centenars de milers d'unitats de consum -els habitatges-, de manera que l'assoliment d'objectius globals d'eficiència depenen de l'actuació individual de cadascun dels ciutadans. Per aquest motiu, si bé l'estalvi que s'aconseguiria a gran escala si hi hagués un canvi d'hàbits i s'apliquessin determinades mesures senzilles d'estalvi seria molt significatiu, el desconeixement o la falta d'estímuls a petita escala fa que els avenços que s'assoleixen no ajudin a capgirar la tendència d'augment del consum.

Referent a l'energia dels edificis que es destina calefacció, aigua calenta, aire condicionat i il·luminació, s'estima que existeix un potencial d'estalvi -que es podria considerar eficaç en cost- d'un **22%** respecte al consum actual, i que podria realitzar-se pel 2010. Com s'indicava en l'informe intermedi sobre el canvi climàtic a Europa, la xifra es basa en les hipòtesis que als edificis existents es porten a terme obres de manteniment i rehabilitació a un ritme normal, que l'augment net de nous edificis sigui d'un 1.5 % anual, i que augmenti progressivament el percentatge d'utilització de les tecnologies més avançades. (IPCC, 2007)

2.3.2 Demanda energètica d'edificis

Com s'ha vist en el punt anterior, l'ús més important és el de la calefacció. Per tant, aquesta tesi es centra, sobretot, en aquest ús. En primer lloc cal tenir clar què és i com es pot avaluar la demanda energètica en calefacció i refrigeració d'un edifici.

2.3.2.1 Definició de la demanda energètica

El flux d'energia d'una edificació durant la seva vida útil respon a un balanç de pèrdues i guanys energètics segons les seves característiques i el bescanvi energètic interior - exterior. El resultat d'aquest balanç, tant si és positiu com negatiu, serà la càrrega tèrmica a satisfer pel període d'estudi considerat, ja sigui aportant calor o fred, segons l'època de l'any. La demanda energètica anual d'un edifici és la suma de les càrregues positives o negatives de l'edifici.

Per pre-dimensionar els sistemes de climatització, es realitza una anàlisi de les càrregues tèrmiques de l'edifici. En el cas de la calefacció es farà l'anàlisi de les càrregues tèrmiques en la pitjor situació d'hivern, és a dir, quan la diferència de temperatura interior - exterior sigui màxima. En el cas de la refrigeració l'anàlisi de càrregues es farà en la pitjor situació d'estiu. Això només servirà per determinar la potència dels equips de calor i fred i no té res a veure amb l'energia que consumirà l'edifici.

Així, la demanda energètica estarà referida no només als moments de demanda "punta" sinó a un determinat període de temps, normalment un any, en el que es vol conèixer quanta energia és necessari aportar a l'edifici.

2.3.2.2 Tipus d'anàlisis

L'avaluació de la demanda energètica d'un edifici pot fer-se de diferents formes en funció de la informació disponible de tots els factors que la condicionen i dels objectius de l'anàlisi que es vulgui fer. Es poden fer anàlisis a partir de valors de referència o anàlisis més detallats que realitzin un balanç energètic de l'edifici per un període determinat.

Els anàlisis que es basen en valors de **referència** són molt aproximats i no permeten fer una anàlisi detallada de la demanda de l'edifici. Així existeix el mètode LT (Bakers N, 1994). És una eina que permet a partir de dades bàsiques de les característiques de l'edifici i la definició de zones passives i no passives, establir valors estimats de demanda global de l'edifici, separant els diferents usos energètics: calefacció, refrigeració, il·luminació.

Per contra, els mètodes d'avaluació de la demanda a partir del **balanç d'energia**, són més exactes. Aquests es basen en l'anàlisi del balanç de fluxos energètics per un període determinat. S'ha de tenir en compte: les pèrdues i guanys a través dels tancaments, per les infiltracions i renovacions d'aire i les càrregues internes degudes a ocupants, equips i il·luminació.

Els fluxos de calor que intervenen en el balanç energètic d'un edifici estan associats als mecanismes bàsics de transmissió de calor:

- **Conducció:** La transmissió de calor es realitza a través dels tancament opacs i semitransparents
- **Convecció:** La transmissió de calor es realitza entre l'aire exterior i la superfície exterior dels tancaments; entre la superfície interior d'aquests i l'aire interior; també a l'interior de les cambres d'aire dels tancaments.
- **Radiació:** La transmissió de calor per radiació es pot produir per intercanvi de radiació longitud d'ona curta (solar) i els de longitud d'ona llarga (infraroja). Els primers afecten a l'absorció que té lloc en l'interior de l'edifici, però també als processos que modifiquen la radiació solar incident sobre les superfícies exteriors. Els segons apareixen tant en els intercanvis radiants entre les superfícies exteriors com en les interiors.

Aquests mètodes es poden agrupar en els que fan un anàlisi mono o multizona i en funció del règim de transferència de calor que consideren, ja sigui estacionari, estacionari variable i transitori.

Els mètodes d'anàlisi unizona consideren l'edifici com un volum únic, amb un únic ús, i una pell que separa l'espai de l'ambient exterior. Aquestes eines són ràpides i senzilles, però els resultats obtinguts són menys precisos. Algun exemple d'aquesta eina és CODYBA i TRNSYSlite. El primer també disposa d'una versió d'anàlisi multizona i el segon és una versió simplificada del conegut software de simulació energètica TRNSYS.

Els mètodes d'anàlisi multizona consideren diverses zones de l'edifici, que poden ser tots els espais que intercanvien calor no només amb l'exterior i el terreny, sinó entre si i que suposen un balanç energètic més complex i més proper a la realitat. LIDER, TRNSYS, RadTHERM, EnergyPlus són exemples d'eines informàtiques que es basen en un mètode d'anàlisi multizona.

2.3.3 L'ús

És necessari definir que l'ús d'un edifici està referit no només al conjunt d'activitats que es desenvolupen en ell (ocupació d'espais), sinó també a la utilització dels sistemes i aparells que consumeixen els recursos energètics que utilitza per a realitzar aquestes activitats i el que és més important, satisfer les necessitats de confort dels usuaris.

Des d'aquest punt de vista, l'ús d'un edifici incideix en diferents nivells i de diferent forma en el càlcul de la demanda i en el consum final d'energia.

Per al càlcul de la demanda, per exemple, es considera normalment un ús tipificat que defineix el perfil d'ocupació de l'edifici i l'aportació en termes de càrrega latent i sensible dels diferents locals de l'edifici.

En l'estimació del rendiment de les màquines i sistemes de l'edifici també es considera un determinat perfil d'ús que estarà referit a la intermitència amb la que s'utilitzin els sistemes i a uns determinats "hàbits d'ús dels usuaris". Però a més, en l'anàlisi de l'ús serà necessari considerar altres factors associats, com les singularitats i hàbits dels propis usuaris (hores no previstes d'ús, volum inesperat d'usuaris, etc.) i no només per a l'ocupació dels espais de l'edifici, sinó també als sistemes que utilitza l'edifici per satisfer la demanda energètica i que,

finalment, són els que consumeixen els recursos energètics, ja que en el disseny d'aquests sistemes es pressuposa un ús determinat que no sempre és el que s'acaba produint i pot arribar a diferir bastant del que s'havia previst.

Si es tenen en compte aquests factors addicionals associats a l'ús, aleshores, s'estan considerant aspectes relacionats amb l'administració tant de l'ús com dels recursos energètics, i en aquest sentit s'estaria parlant més que de l'ús, de la gestió de l'edifici.

2.3.4 La gestió

És habitual que l'estimació de la demanda energètica variï considerablement del consum final d'energia, malgrat haver suposat les pèrdues associades al funcionament dels sistemes i el rendiment global. Aquesta diferència, que en alguns casos pot ser molt important, està relacionada directament amb els factors que influeixen en el consum i que són susceptibles de més variació, com pot ser el cas de l'ús i la gestió de l'edifici i els recursos energètics que es consumeixen.

Gran part de l'energia que s'utilitza en l'edifici, té com a objectiu assegurar el confort per a realitzar les activitats, per això una anàlisi de la gestió seria útil per a determinar si els recursos energètics que es consumeixen realment estan atenent aquestes necessitats de confort dels usuaris, o si per contra, s'està aportant energia, en el cas de la climatització, per exemple, en forma de fred o calor en els moments o en les quantitats que no es necessiten i, per tant, s'està produint un malbaratament de l'energia.

En el cas del projecte d'un edifici nou seria molt important que l'anàlisi de la demanda energètica hagi considerat totes i cada una de les singularitats de l'ús i la gestió per a definir un perfil d'ús i gestió que s'adapti a la realitat de l'edifici.

Quan s'analitzen les necessitats energètiques d'un edifici amb una determinada eina, no bastarà que ens informi que és necessari aportar una determinada quantitat de kWh de calefacció o refrigeració a l'any, sinó que serà necessari que ens informi "com" o "quan" s'ha de donar aquesta calor o fred al llarg de l'any, del mes, de les setmanes i sobretot, del dia. Això vol dir que, no només és necessari definir la quantitat de recursos a utilitzar, sinó la forma en que s'han de gestionar.

Totes les actuacions dirigides a optimitzar l'ús i la gestió d'un edifici poden tenir una gran incidència en el consum energètic final.

En qualsevol cas, aquesta tesi està dirigida a l'estudi de la demanda i el consum dels edificis tal i com els considera la normativa actual per determinar la qualificació energètica dels edificis. En el cas d'habitatges i petit terciari els perfils d'ús i gestió de l'edifici ve determinat per la pròpia eina i no són modificables. En el cas de la certificació d'edificis de gran terciari, sí que és possible modificar i adaptar a la realitat tant els perfils d'ús com els de gestió.

2.4 Marc legislatiu actual

A nivell normatiu i en el context europeu s'han desenvolupat normatives que regulen diferents accions per tal de disminuir el consum energètic en edificis i millorar l'eficiència energètica.

A continuació es presenten les normatives europees, estatals i regionals referents a l'eficiència dels edificis que estan vigents actualment.

Segons Cuchí, és essencial la definició d'una estratègia que ha d'incidir sobre tres àmbits concrets (Cuchí & Pagès, 2007):

- Reduir les emissions del parc existent. El parc edificat ha d'estar en permanent transformació cap a l'augment de la seva eficiència, i aquesta dinàmica ha de ser un dels objectius prioritaris d'una estratègia en la reducció d'emissions: només és possible reduir emissions actuant sobre el parc existent. I aquesta reducció ha de fer-se intervenint físicament sobre ell, augmentant la seva eficiència.
- Transformar el sector de l'edificació des d'un sector emissor a un sector embornal. La nova construcció i també la rehabilitació han de dirigir-se cap a la màxima eficiència en la generació d'emissions i en l'aprofitament de les possibilitats de generar energia sense emissions o, fins i tot, de fixar emissions usant materials adequats. Només un sector "zero emissions" pot permetre una generació discrecional d'habitabilitat que satisfaci lliurement la demanda social.
- La necessària redefinició de l'habitabilitat. L'habitabilitat és la utilitat pròpia de l'edificació i l'eficiència passa per una redefinició de l'habitabilitat que permeti un allotjament digne per a tots i per a cadascun ajustat a les seves necessitats. Ajustat en els dos sentits: que cobreixi aquestes necessitats i que ho faci sense ineficiència. I això requereix extreure la màxima eficiència a cada moment, la màxima quantitat d'habitabilitat. S'ha de redefinir l'habitabilitat de forma socialment acceptable fent-la eficient, reduint els recursos precisos per a crear-la i mantenir-la.

En conclusió, per a plantar cara a la restricció d'emissions de GEH que és obligada per a enfrontar-se al canvi climàtic, cal dissenyar i implementar una estratègia per al sector de l'edificació

En aquest punt es defineixen les polítiques promogudes des de la Unió Europea, i com s'han traslladat a l'àmbit estatal i regional.

2.4.1 Europa

La **Directiva 2002/91/CE** del Parlament Europeu i del Consell, de 16 de desembre de 2002 estableix un marc comú destinat a fomentar la millora del rendiment energètic dels edificis.

El marc general del que sorgeix aquesta proposta ve definit, entre d'altres, pels següents aspectes:

- Augment de la dependència energètica europea. Es preveu que les fonts exteriors de subministrament augmentin fins el 70% al 2030 (al 2001 era un 50%).
- Voluntat de reduir els gasos d'efecte hivernacle i així satisfer el compromís adoptat al Protocol de Kyoto.
- La intervenció de la UE pot influir principalment a la demanda, fomentant l'estalvi energètic als edificis.

Com s'ha vist anteriorment, el consum energètic associat als edificis suposa aproximadament un 40% del consum energètic de la UE. Per aprofitar aquest estalvi potencial, la Directiva proporciona un marc legislatiu destinat a frenar el creixement de consum d'energia en aquest sector.

La proposta fa referència al sector residencial i al sector terciari (oficines, edificis públics, etc.). Alguns edificis estan exclosos de l'àmbit d'aplicació de les disposicions relatives a la certificació, per exemple els edificis històrics i els edificis industrial, entre d'altres.

La Directiva d'eficiència energètica dels edificis, establirà un nou marc normatiu que haurà de basar-se en els següents aspectes principals:

1. L'adopció d'una metodologia de càlcul de l'eficiència energètica integrada dels edificis.

S'ha d'aplicar a escala nacional o regional, una metodologia de càlcul de l'eficiència energètica dels edificis, que s'adaptarà periòdicament als avanços tècnics, s'expressarà de forma clara i podrà incloure un indicador d'emissions de CO₂.

Aquesta metodologia ha d'incloure: les condicions climàtiques exteriors i interiors, les característiques tèrmiques de l'envolupant de l'edifici i la seva orientació, sistemes solars passius, les instal·lacions tèrmiques (calefacció, refrigeració i producció d'aigua calenta sanitària), la ventilació mecànica i natural i la il·luminació artificial.

També es té en compte la incidència positiva de: sistemes solars actius o altres sistemes de calefacció o producció d'electricitat basats en fonts d'energies renovables o cogeneració o sistemes de calefacció i refrigeració central o urbana i la il·luminació natural.

2. **L'aplicació d'uns requisits mínims d'eficiència energètica als edificis nous i als edificis existents que siguin objecte de reformes importants.**

És obligatori establir uns requisits mínims d'eficiència energètica dels edificis basats en la metodologia de càlcul anterior.

Aquests requisits poden ser diferents per edificis nous i existents, així com entre diferents tipologies d'edificis, podent quedar exclosos d'aquesta exigència els edificis i monuments protegits, els edificis d'habitatges destinats a ser utilitzats durant menys de quatre mesos a l'any i els edificis amb una superfície menor de 50 m².

A més, quan els edificis nous tinguin una superfície més gran de 1.000 m² i abans de que es comenci la seva construcció s'ha d'analitzar la viabilitat tècnica, ambiental i econòmica de sistemes alternatius com: sistemes descentralitzats de producció d'energia basats en energies renovables, cogeneració o refrigeració central o urbana i bombes de calor.

Els edificis existents que tinguin una superfície útil total superior a 1.000 m², quan es realitzin reformes importants, s'ha de garantir una millora de la seva eficiència energètica per a que compleixin uns requisits mínims sempre que això sigui tècnica, funcional i econòmicament viable. Aquests requisits poden establir-se bé el conjunt de l'edifici reformat o bé pels sistemes o components reformats.

3. La inspecció periòdica de calderes i dels sistemes d'aire condicionat.

Amb l'objectiu de reduir el consum d'energia i limitar les emissions de CO₂, s'estableix una inspecció periòdica de calderes i dels sistemes d'aire condicionat. Amb això es reforça l'exigència de la Directiva 93/76/CEE, concretant-la i ampliant-la als sistemes d'aire condicionat amb una potència de més de 12 kW

4. **La certificació energètica dels edificis.** El certificat d'eficiència energètica d'un edifici és un certificat reconegut per l'Estat membre, o per una persona jurídica designada per ell, que inclou l'eficiència energètica d'un edifici calculada segons la metodologia exposada anteriorment.

Degut a la manca d'especialistes qualificats o acreditats, els Estats membres podien disposar d'un període addicional de tres anys per aplicar plenament les disposicions relatives a la certificació i a les inspeccions de les instal·lacions.

Segons proposa el Parlament, els Estats membres poden estimular el rendiment energètic via concessió de crèdits i deduccions fiscals, així com a través de campanyes d'informació i sensibilització.

Segons Casals, (Casals, 2006) la directiva presenta algunes limitacions conceptuals, entre les que destaca:

- No hi ha una definició clara de l'indicador que s'ha d'utilitzar per definir el comportament energètic d'un edifici. La directiva promou indicador quantitativus com per exemple el consum d'energia primària per metre quadrat i any, però la traducció de la directiva a altres estats membres, com és el cas d'Espanya, on es va traduir "Building energy performance" per "Eficiència energètica de l'edifici" deixa la porta oberta a indicador adimensionals que no complirien amb l'objectiu de la directiva.
- No hi ha directrius clares per definir la metodologia de càlcul per definir el comportament energètic de l'edifici.
- No estableix requeriments mínims pel compliment de la normativa tèrmica.
- Període de validesa del certificat massa llarg, 10 anys.
- No estableix requisits en quant a la implantació d'energies renovables als edificis
- No incorpora l'anàlisi de cicle de vida de l'edifici per definir l'eficiència energètica de l'edifici. Així no té en compte el consum energètic de la fase de construcció ni de la de deconstrucció.

Respecte aquest últim punt, altres estudis demostren que el 90% de les emissions que provoca un edifici estan relacionades amb la fase d'operació de l'edifici, considerant com a vida útil de l'edifici, 50 anys i només el 10% la fase prèvia a la construcció. (Ortiz, Bonnet, Bruno, & Castells, 2009)

2.4.2 Estat Espanyol

La Directiva del Parlament Europeu i del Consell de la Unió Europea estableix un nou marc normatiu per a l'eficiència energètica dels edificis. Aquest apartat estudia la normativa anterior, NBE-CT-70 i RITE (Prieto, 2002) juntament amb el nou CTE (Código Técnico de la Edificación).

2.4.2.1 NBE-CT- 79 i RITE.

La normativa energètica dels edificis a Espanya té el seu origen a finals dels anys setanta amb l'aprovació per Reial Decret 2.429/79 de la Norma Bàsica de l'Edificació NBE – CT – 79, sobre Condicions Tèrmiques en Edificis, on els edificis quedaven definits tèrmicament mitjançant el coeficient de transmissió tèrmica global d'un edifici K_G . Aquesta normativa no tenia en compte cap requeriment per al consum en refrigeració i el consum en calefacció és limitava a una aproximació. Així doncs, aquesta normativa fa temps que és insuficient

Referent a les instal·lacions tèrmiques en els edificis, el Reial Decret 1618/1980 va aprovar el Reglament d'Instal·lacions de Calefacció, Climatització i Aigua Calenta Sanitària, amb la finalitat de racionalitzar el seu consum energètic, i en juliol de 1981 per una Ordre de Presidència del Govern les Instruccions Tècniques Complementàries denominades ITIC. Posteriorment aquest reglament va quedar derogat amb l'entrada en vigor del Reglament d'Instal·lacions tèrmiques en Edificis (RITE), Reial Decret 1751/1998, creant-se també la Comissió Assessora per a les instal·lacions Tèrmiques dels Edificis.

Aquest ha estat el marc general en el que s'ha desenvolupat l'energia dels edificis a Espanya des de finals dels setanta fins l'entrada en vigor del CTE.

Després de l'aprovació de la Directiva 93/76/CEE, el Consell de Ministres va autoritzar al Ministeri de Foment a subscriure un conveni de col·laboració amb el Ministeri d'Indústria i Energia per desenvolupar els programes corresponents a la certificació energètica i a l'aïllament tèrmic en nous edificis. Aquest conveni, que es va signar en novembre de 1997, tenia com a finalitat la col·laboració mútua entre la Direcció General de la Vivenda, l'Arquitectura i l'Urbanisme i l'Institut per a la Diversificació i Estalvi de l'Energia (IDAE) per elaborar els següents treballs:

- Actualització de la Norma Bàsica NBE – CT –79, sobre Condicions Tèrmiques als Edificis
- Desenvolupament d'un procediment tècnic de qualificació i certificació energètica d'edificis aplicable a vivendes i a tot tipus d'edificis.

2.4.2.2 Llei d'ordenació de l'edificació (LOE) i Codi Tècnic de l'edificació (CTE).

La **Llei 38/1999, de 5 de novembre, de “Ordenación de la Edificación”**, a la seva Disposició Final segona, autoritza al Govern per a l'aprovació, mitjançant real decret, d'un **Codi Tècnic de l'Edificació** (CTE), que estableix les exigències que han de complir els edificis en relació amb els requisits bàsics de seguretat i habitabilitat.

El nou CTE, es regula al Real Decret 314/2006, de 17 de març, pel que s'aprova al Código Técnico de la Edificación publicat al BOE n. 74 de 28/3/2006. Passat el període transitori, aquest ja es troba en ple funcionament des del mes de Setembre de 2006.

Al nou CTE, els requisits bàsic d'estalvi d'energia (DB-HE), s'organitzen en els següents apartats (MITYC, 2006) :

1. Limitació de Demanda Energètica: aquí s'integren els treballs d'actualització de la NBE – CT – 79. El següent esquema indica els dos procediments a seguir (simplificada i general) per comprovar que un edifici compleix els requisits mínims de demanda energètica.

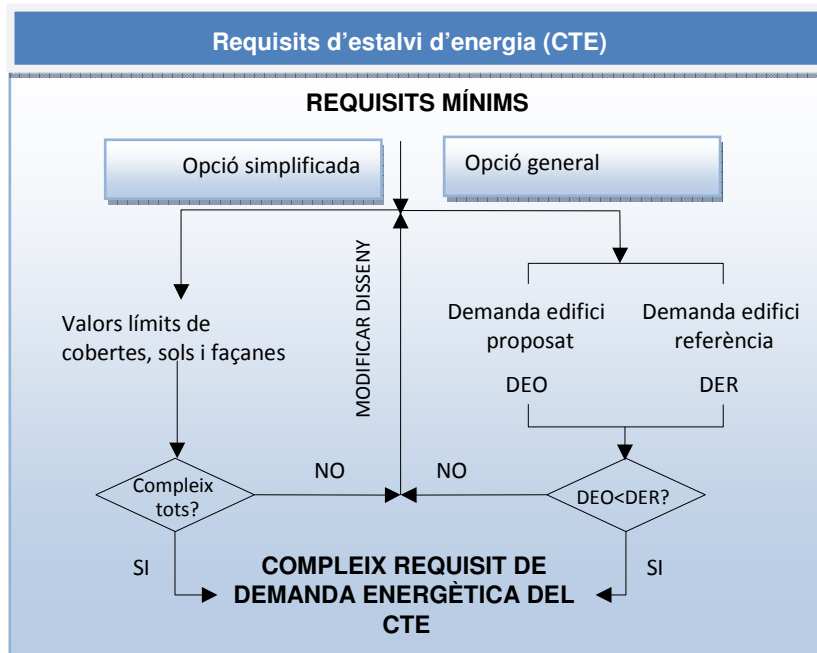


Figura 2.4-1 Requisits de demanda energètica (CTE)

Si se segueix l'opció general, s'haurà de fer mitjançant un el programa LIDER desenvolupat mitjançant acord de col·laboració per la Direcció General de l'Habitatge, l'Arquitectura i l'Urbanisme del Ministeri i l'IDAE del Ministeri de Ciència i Tecnologia, amb l'assistència tècnica del Grup de Termodinàmica del Departament d'Enginyeria i Fluidodinàmica de l'Escola Superior d'enginyers de la Universitat de Sevilla.

2. Rendiment de les Instal·lacions Tèrmiques: en aquest punt el CTE fa una remissió al RITE.
3. Eficiència energètica de les instal·lacions d'il·luminació. Aquestes hauran de complir amb un "índex d'eficiència energètica" que faci compatible la creació d'ambients agradables i confortables pels usuaris, confort visual qualitat amb la major eficiència energètica possible.
4. Contribució solar mínim d'aigua calenta sanitària. La producció d'aigua calenta sanitària per energia solar tèrmica: el CTE obliga a que una part de l'energia necessària per a la producció d'aigua calenta sanitària sigui solar, en un percentatge variable depenent de la zona climàtica i l'ús de l'edifici. Tenint com a objectiu, d'acord amb el "Pla de foment de les energies renovables a Espanya 2000 – 2010", arribar al 2010 a quatre milions de metres quadrats de col·lectors solar instal·lats.
5. Contribució fotovoltaica mínima d'energia elèctrica. El CTE obliga per certes tipologies d'edificis amb un consum d'energia elèctric elevat, i situats en zones climàtiques favorables, a que una part d'aquesta energia elèctrica sigui autogenerada a partir de l'energia solar.

En definitiva, si un edifici compleix tots i cada un d'aquests 5 requisits compleix el requisit bàsic d'estalvi d'energia. A la següent figura s'indica l'esquema que cal seguir per comprovar si un edifici compleix o no aquest requisit bàsic.

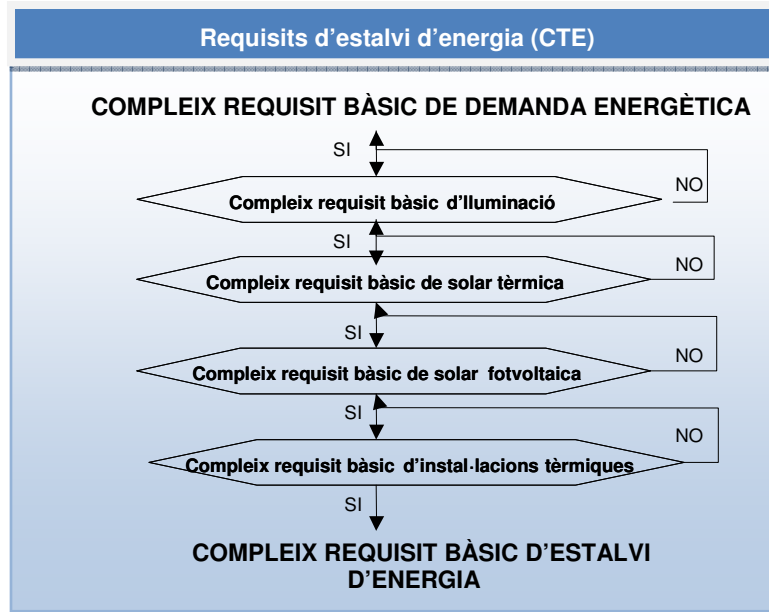


Figura 2.4-2 Requisits bàsics d'estalvi d'energia segons CTE.

En Espanya el document Estratègia d'Estalvi i Eficiència Energètica a Espanya 2004-2012 (E4) planteja un objectiu d'estalvi global d'energia primària de gairebé 10000 ktep a l'any, el que suposa una reducció del consum del 9% en 2012, respecte a l'escenari base o de referència.

Els estalvis anuals previstos es quantifiquen en el sector del transport en 4800 ktep i en el de l'edificació en 1700 ktep. Altres objectius indirectes de la E4 són l'augment de la competitivitat i millora de l'ocupació, la millora del autoabastiment energètic (fins a arribar al 27%) i la reducció de les emissions, que es quantifiquen a partir de 2012 en 42 Mt CO₂ anuals.

2.4.3 Catalunya

Fins l'entrada en vigor de la Directiva europea i el CTE (Código Técnico de la Edificación) a nivell estatal, la normativa tèrmica sobre edificis era la NRE-AT-87.(ICAEN, 1987). Actualment i des del 2006 està en vigor el Decret d'eficiència.

2.4.3.1 NRE-AT-87

La Direcció General d'Arquitectura i Habitatge va establir des de l'any 1987 una normativa reglamentària d'edificació sobre aïllament tèrmic per tal d'actualitzar la normativa espanyola NBE-CT-79.

La redacció d'aquesta norma, encomanada a l'Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya (ITEC) amb l'assessorament de la Direcció General d'Energia, es va realitzar valorant quatre aspectes:

- Evitar que suposés un encariment de la construcció
- Disminuir el consum de calefacció
- Simplicitat d'aplicació
- Facilitat de verificació del seu compliment.

A diferència de la norma espanyola, els requeriments sobre els tancaments fan referència sempre a la unitat d'ocupació distingint clarament aquest concepte respecte de l'edifici analitzat globalment.

S'exigeix:

- Uns valors màxims per als coeficients mitjans de transmissió tèrmica dels tancaments que delimiten cada unitat d'ocupació
- Un valor màxim per als coeficients de transmissió tèrmica en qualsevol punt de la part massissa dels tancaments exteriors que limiten una unitat d'ocupació amb la finalitat principal d'evitar condensacions.
- Un valor màxim del coeficient relatiu de transmissió tèrmica Tr de cada unitat d'ocupació.
- Una protecció de les cobertes i dels tancaments exteriors orientats a Sud-Oest +/- 90º, per tal de garantir un mínim confort d'estiu.

Respecte de la NBE-CT-79, hi ha un conjunt d'avantatges que cal considerar, de les quals es destaquen:

- La nova classificació climàtica.
- S'incorpora el càlcul de l'aportació solar
- L'establiment de controls solars per a regulació tèrmica durant l'estiu.

2.4.3.2 Decret d'eficiència

L'objecte del Decret d'eficiència (Generalitat de Catalunya, 2006) és obligar als edificis a implementar una sèrie de mesures de millora en termes ambientals als edificis i proposar una sèrie d'actuacions també dirigides en aquest sentit però de les quals es deu triar un número suficient per a obtenir un mínim de 10 punts ambientals.

Per tant existeixen dos nivells d'exigència els quals s'apliquen sistemàticament a tots els edificis i els quals es trien voluntàriament encara que amb obligació d'obtenir una qualificació suficient.

L'àmbit d'aplicació són els edificis nous o renovacions substancials per a edificis d'ús residencial, administratiu, docent, sanitari i esportiu.

Les exigències obligatòries per a qualsevol edifici fan referència a l'aigua, a la gestió dels residus, als materials, a l'acústica, i evidentment, a l'energia.

Per exemple, en relació a l'aigua les exigències obligatòries són, entre d'altres, la separació de les aigües pluvials de les grises i negres en l'interior de l'edifici o la limitació del cabal màxim en aixetes de lavabos, bidet, dutxes.

Pel que fa referència a l'energia, les exigències obligatòries són:

- Limitar el màxim coeficient de transmissió tèrmica de les façanes (part opaca incloent ponts tèrmics superficials) al valor $U < 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Limitar el coeficient màxim d'obertures al valor $3,3 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Protegir les obertures assolellades amb sistemes d'ombra fins a un factor solar màxim del 35%.
- Incorporar energia solar per a producció d'Aigua Calenta Sanitària (en funció de la ubicació i el consum).

A la següent taula s'indiquen les propostes d'accions obligatòries entre les que s'ha d'escollir per a l'obtenció dels 10 punts. S'han marcat en negreta les que fan referència a l'energia.

Taula 2.4-1 Propostes d'accions obligatòries per a l'obtenció dels 10 punts segons el decret d'ecoeficiència.

Proposta	Puntuació
Façana ventilada	5
Coberta ventilada	5
Coberta enjardinada	5
Estructura industrialitzada	6
Tancament de façana industrialitzats	5
Orientació del saló favorable	5
Més aïllament a façana U – 10 %	4
Més aïllament a façana U – 20 %	6
Més aïllament a façana U – 30 %	8
Recuperació d'aigua de pluja	5
Recuperació d'aigües grises	8
Incorporació de productes reciclats	4
Recuperació de productes de deconstrucció	4
Ventilació creuada	6
Utilització d'energies renovables per calefacció / refrigeració	7
Detectors de presència per la il·luminació de zones comunes	3
Aïllament acústic de les finestres > 28 dB	4
Disminució de la transmissió al soroll d'impacte < 74 dB	5

Els paràmetres obligatoris per a qualsevol edifici suposen la introducció en molts casos de valors més exigents als existents actualment o la introducció de noves exigències no contemplades per reglamentacions anteriors. L'obtenció dels 10 punts pot efectuar-se per qualsevol combinació que sumi aquest valor, es desconeix, a priori, com serà el resultat d'aquesta elecció, encara que es pot esperar que siguin aquelles combinacions que resultin ser més fàcilment accessibles amb un cost reduït.

2.5 Certificació energètica

2.5.1 Certificació energètica a Europa

La **Directiva 2002/91/CE del Parlament Europeu i del Consell, de 16 de desembre de 2002**, relativa a l'eficiència energètica dels edificis estableix l'obligació de posar en disposició dels compradors o usuaris dels edificis un certificat d'eficiència energètica.

Aquest certificat ha d'incloure informació objectiva sobre les característiques energètiques dels edificis de forma que es pugui valorar i comparar la seva eficiència energètica, amb la finalitat d'afavorir la demanda dels edificis d'alta eficiència energètica i les inversions en estalvi d'energia.

El certificat és una informació tècnica objectiva, sobre les característiques energètiques que aportarà major transparència al mercat immobiliari i fomentarà les inversions en estalvi d'energia. La informació final per promotors i usuaris haurà de ser clara i senzilla. Menys valors d'emissió de CO₂ mitjançant millores de l'eficàcia energètica, implica menys consums d'energia primària o utilització d'altres formes d'energia, amb sistemes de transformació menys contaminants.

Es pot dir, doncs, que el Certificat és una avaluació tècnica que informa a l'usuari, sobre els nivells d'utilització energètic dels edificis. Reflexa el coeficient de transmissió global de l'edifici i també el consum d'energia per a la calefacció i refrigeració. Alguns països per una interpretació senzilla han adoptat una qualificació final del Certificat en termes d'estrelles, que amb claredat i concisió informen a l'usuari.

Utilitzant diferents mètodes es poden avaluar els efectes que sobre el consum, tenen determinades modificacions, subministrant valors que permeten quantificar una millora respecte a una altra. Són criteris de selecció de materials o elements, a la fase de disseny, que possibiliten una millora relativa. (Ricucci, 2002).

L'estàndard europeu EN 15217 (UE, 2007) intenta descriure les metodologies que es poden utilitzar per expressar l'eficiència i certificació energètica d'edificis. Aquests mètodes han d'incloure, com a mínim:

- Un indicador del comportament energètic de l'edifici, expressat en termes de consum energètic, emissions de diòxid de carboni o cost energètic, per unitat d'àrea condicionada. Amb aquest indicador serà possible comparar diferents edificis.
- Un valor màxim d'aquest indicador energètic. Aquest valor màxim es pot relacionar amb altres paràmetres com el clima o la tipologia d'edifici, o bé pot ser un mètode autoreferent.
- Etiqueta energètica, basada en qualificació mitjançant lletres A-G. És molt important, la definició d'aquesta escala que en el cas d'edificis residencials haurà de fer referència a la normativa, al parc d'edificis existents i també als edificis més eficients.
- El consum energètic dels principals usos de l'edifici, a més de recomanacions per a la millora de l'eficiència energètica de l'edifici.

En base a aquestes indicacions de la normativa europea, els estats membres han de desenvolupar la seva metodologia de qualificació energètica (Perez-Lombard, 2009).

2.5.2 Certificació Energètica a Espanya.

La directiva 2002/91/CE del Parlament Europeu i del Consell de 16 de desembre de 2002 relativa a l'eficiència energètica dels edificis, en el seu article 7 defineix els requisits bàsics de la Certificació energètica dels edificis (DEEE, 2002). Segons la directiva, els Estats membres són els encarregats de definir la metodologia per calcular l'eficiència energètica i definir el certificat corresponent. A tal efecte, els Estats membres posaran en vigor les disposicions legals, reglamentàries i administratives necessàries per donar compliment al que s'estableix a la present Directiva com a molt tard, el 4 de Gener de 2006. Malgrat això, la directiva preveu una pròrroga en l'entrada en vigor de la Certificació en els Estats membres si aquests no disposen dels recursos per portar-la a terme i dona un marge de 3 anys per la seva entrada en vigor definitiva, és a dir, fins a gener de 2009.

Així doncs, el Govern Espanyol, seguint les directrius de la directiva europea, va aprovar el RD 47/2007 (MITYC, 2007) de 19 de Gener en el que es defineix el procediment bàsic de certificació d'eficiència energètica d'edificis de nova construcció. L'obtenció de la qualificació d'eficiència energètica d'un edifici es pot realitzar mitjançant una de les dues opcions següents:

- Opció general, de caràcter prestacional, a través d'un programa informàtic que desenvolupi la metodologia de càlcul descrita de l'annex I del decret. En aquesta opció es pot utilitzar:
 - El programa informàtic de referència: CALENER
 - Un programa informàtic alternatiu que compleixi amb les especificacions tècniques de la metodologia de càlcul, i estigui validat d'acord amb el que estableix l'annex I i tingui el reconeixement del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y del Ministerio de Vivienda
- Pels edificis residencials, l'opció simplificada, de caràcter prescriptiu que desenvolupi la metodologia de càlcul de l'annex I del Real Decret de forma indirecta.

Per altra banda, també és important destacar que segons el Real Decret les comunitats autònomes poden incloure les especificitats que siguin necessàries i també tenen la competència per fer el control extern i les inspeccions així com la validació, renovació i actualització del certificat. Per tant, s'entén que, tot i que la metodologia oficial és aplicable a tot l'Estat, les comunitats autònomes poden modificar-la si es considera necessari per les particularitats de la zona.

En aquest sentit, l'ICAEN⁶ va iniciar l'elaboració d'una metodologia de certificació pròpia a nivell de Catalunya. El passat 14 de novembre de 2005, el Col·legi d'Arquitectes de Catalunya va organitzar a la seva seu unes jornades sobre Certificació energètica d'edificis, el passat 27 de març de 2007 el departament de medi ambient i habitatge va organitzar una altra jornada sobre Certificació on es va insistir en la metodologia catalana. En aquestes jornades l'ICAEN va presentar el següent esquema de metodologia (Salat, 2005) (Castells, 2007):

Adoptar la Certificació espanyola i definir una versió catalana que es basarà en resultats empírics de l'eina CALENER en edificis test determinant un arbre d'opcions de millores a incorporar en els edificis: CERTENCAT, destacant com a característiques més importants:

1. L'entrada de dades s'adapta a la realitat catalana
2. No calcula sinó que dona com a resultats valors empírics

A data juliol de 2010, la Generalitat no ha presentat cap proposta oficial de certificació energètica d'edificis. Les tasques descrites en el paràgraf anterior encara estan en fase de desenvolupament. Cal recordar que la certificació ja és obligatòria a partir d'octubre de 2007, així doncs, Catalunya adoptarà la metodologia oficial espanyola fins que no aparegui la versió catalana. En aquests moments, el procediment de metodologia catalana està en stand-by i no sembla que s'hagin de reiniciar els treballs.

⁶ ICAEN. Institut Català de l'Energia

El Ministeri d'Habitatge, a través la Sotsdirecció General d'Innovació i Qualitat de l'Edificació en col·laboració amb l'IDAE i altres unitats del Ministeri d'Indústria, Turisme i Comerç, han desenvolupant els treballs per a determinar els requisits bàsics que ha de complir la metodologia de càlcul de la certificació energètica, considerant aquells factors que més incidència tenen en el consum d'energia dels edificis. La complexitat d'aquesta metodologia de càlcul porta a que la seva aplicació només pugui realitzar-se amb fiabilitat mitjançant procediments específics informàtics que la desenvolupin i que són establerts al Real Decret d'aprovació de la certificació energètica d'edificis.

Amb la finalitat de facilitar la interpretació, per parts dels consumidors, de la certificació energètica, s'aprova un distintiu comú en tot el territori nacional, garantint, en tot cas, les especificitats que siguin necessàries a les diferents Comunitats Autònomes.

En el cas dels edificis ocupats per autoritats públiques o institucions que prestin serveis públics a un nombre important de persones i que siguin freqüentment visitats per aquestes, serà obligatori l'exhibició d'aquest distintiu de forma destacada, amb la finalitat de servir d'exemple (Miv, 2005).

A continuació, es pretén resumir el contingut d'aquest decret destacant les qüestions que es consideren bàsiques. També es recull la informació obtinguda per part del Grup de Termotècnia de la Escuela Superior de Ingenieros de la Universidad de Sevilla que són els encarregats de definir l'escala de certificació i els desenvolupadors de l'eina informàtica que s'ha desenvolupant per qualificar energèticament els edificis (Molina J. , 2005). (Garrido N. , 2005)

2.5.2.1 Qui ha de tenir el certificat d'eficiència energètica?

- S'aplica a tots els edificis de nova construcció, s'exclouen alguns tipus d'edificis com, per exemple les construccions provisionals o els edificis aïllats amb superfície útil total inferior a 50 m².

2.5.2.2 Què s'entén per qualificació, eficiència i certificació energètica?

- Es defineix **qualificació energètica** com a "*l'expressió de l'eficiència energètica d'un edifici que es determina segons una metodologia de càlcul i s'expressa amb indicadors energètics mitjançant l'etiqueta d'eficiència energètica*".
- Es defineix **eficiència energètica** com a "*l'expressió del consum d'energia que s'estima necessari per satisfer la demanda energètica de l'edifici en unes condicions normals de funcionament i ocupació*".
- Es defineix **certificació energètica** com a "*el procés pel qual es verifica la conformitat de la qualificació energètica obtinguda per l'edifici amb el projecte i l'edifici acabat respectivament i que condueix a l'expedició d'un certificat d'eficiència energètica de l'edifici acabat*".

2.5.2.3 Què s'ha de fer per obtenir el certificat d'eficiència energètica?

- Per obtenir la qualificació energètica es podrà utilitzar el procediment de referència o un procediment alternatiu que compleixi amb les especificacions que s'indiquen en aquest Real Decret.

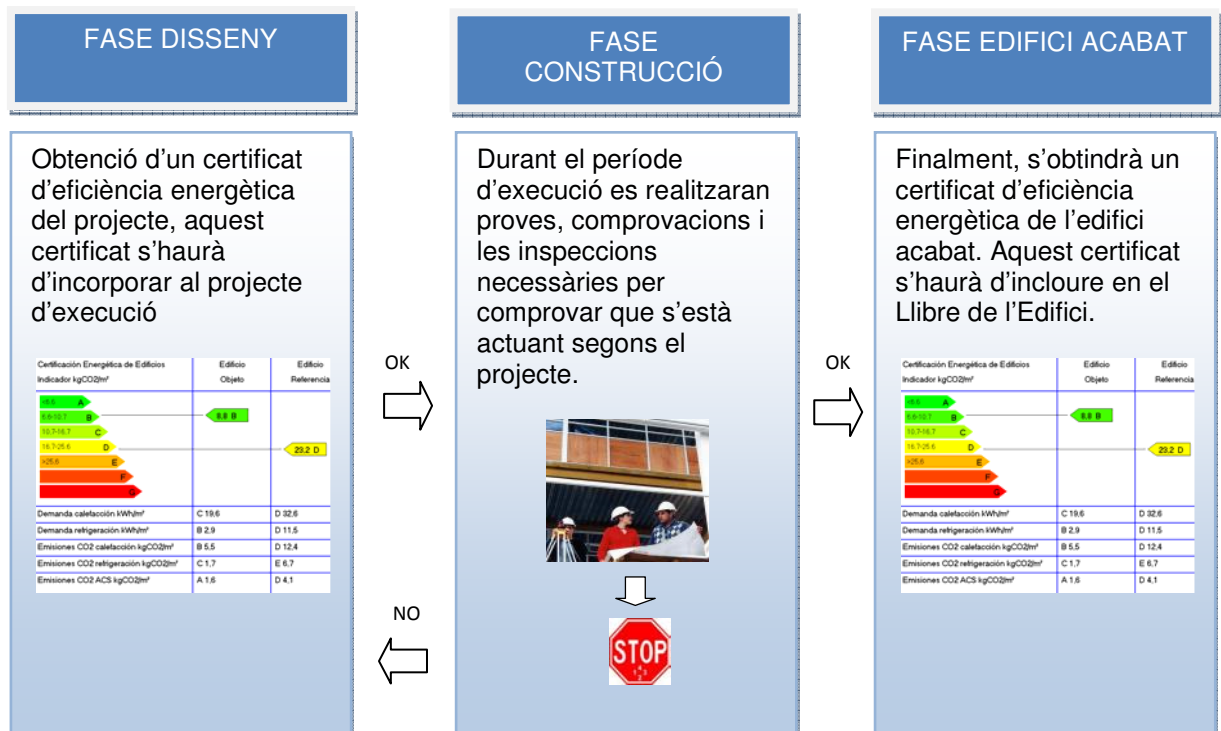


Figura 2.5-1 Procés de certificació

- Les Comunitats Autònomes poden establir si és necessari un control extern i definir l'abast i el procediment que cal seguir per realitzar-lo. Aquest control extern el realitzaran agents autoritzats.

2.5.2.4 Quines eines es poden utilitzar per realitzar la certificació energètica?

- El programa oficial de càlcul és el CALENER. Existeixen 2 models de CALENER en funció de la tipologia d'edifici a certificar.
 - CALENER – VYP per habitatges i petit i mitjà terciari: basat en LIDER més motor de càlcul pels sistemes ESTO
 - CALENER – GT: per gran terciari: basat en DOE 2.2
- També es podran utilitzar programes alternatius que hagin estat prèviament autoritzats per l'organisme corresponent. Aquests programes de complimentació hauran de tenir tres mòduls bàsics:
 - Definició geomètrica, constructiva i operacional de l'edifici objecte i els seus sistemes de climatització, i de l'edifici de referència i dels seus sistemes de climatització.
 - Càlcul del consum d'ambdós edificis en condicions estàndard.
 - Generació de la documentació administrativa

2.5.2.5 Es defineix una etiqueta de la certificació energètica com la dels electrodomèstics?

- Sí, l'obtenció del certificat d'eficiència energètica atorga el dret d'utilització, durant el període de vigència de la mateixa, de l'etiqueta de certificació energètica.



Figura 2.5-2 Etiquetas de certificación energética per habitatges, mitjà i gran terciari.

Existeixen tres tipus:

- Habitatges
 - Petit terciari
 - Gran terciari
- Per habitatges i petit i mitja terciari, l'indicador serà $\text{kg CO}_2 / \text{m}^2$. S'especificarà la qualificació parcial en quant a les demandes i consums de calefacció, refrigeració i ACS tant de l'edifici objecte com del de referència. L'escala de certificació depèn de la tipologia d'edifici (unifamiliar o plurifamiliar), la zona climàtica i la demanda.
 - Per petit - mitjà i gran terciari, l'indicador és el percentatge d'estalvi entre les emissions de l'edifici objecte i el de referència. Tot i que també s'especifiquen els valors de consum de calefacció i refrigeració per l'edifici objecte així com les emissions de CO₂ associades a aquest consum. L'escala de certificació per aquestes dues tipologies d'edificis encara està per definir.
 - En qualsevol cas, aquesta etiqueta l'hauran d'exhibir tots els edificis públics de superfície superior a 1000 m² i que siguin freqüentats per un nombre elevat de persones. La resta d'edificis podran exhibir l'etiqueta de forma voluntària.

2.5.2.6 El Certificat d'Eficiència energètica serà obligatori o voluntari? A partir de quan?

- Segons el Real Decret de Certificació Energètica d'Edificis, publicat el 31 de gener de 2007, el certificat era voluntari en els 6 primers mesos després de l'entrada en vigor del decret (tres mesos després de la publicació al BOE, és a dir, a partir del 30 d'Abril) i obligatori després d'aquesta data, és a dir, a partir de 31 d'Octubre de 2007.
- Malgrat això, la directiva diu la certificació era obligatòria a partir de 6 de gener de 2006, però que degut a la manca d'especialistes qualificats o acreditats, els Estats membres podien disposar d'un període addicional de tres anys per aplicar plenament les disposicions relatives a la certificació i a les inspeccions de les instal·lacions.

2.5.2.7 Quant dura aquest certificat? Cal renovar-lo i actualitzar-lo? Com?

- El certificat té una validesa de 10 anys. Passat aquest temps, l'edifici es considera edifici existent i haurà de seguir la normativa sobre certificació energètica que es defineixi per aquest tipus d'edificis.
- Les comunitats autònomes decidiran el procediment per a la renovació de la certificació.
- El propietari de l'edifici és el responsable de la seva renovació.

2.5.3 Experiències a Europa

Cal dir que a nivell europeu, Dinamarca, Alemanya i Regne Unit ja disposaven d'un procés de certificació energètica d'edificis obligatori per a tot els edificis de nova construcció. Per edificis existents, només Dinamarca té un sistema obligatori, encara que altres estats membres disposen de sistemes voluntaris.

El projecte europeu IMPACT (Ecofys, 2005) va portar a terme una revisió de les metodologies de certificació existents a nivell europeu a l'entrada en vigor de la normativa de certificació europea. A la següent taula es mostra una síntesis d'aquesta avaluació.

Després es fa una descripció més detallada de les metodologies de certificació més importants a Europa que són la danesa, l'alemanya, l'anglesa i la noruega.

Taula 2.5-1 Revisió eines de certificació europea. Font: IMPACT

País	Àustria	Bèlgica	Dinamarca	França	Alemanya	Espanya	Suïssa	Noruega	Regne Unit
Nom	BEC	Be 450	SBi	3CL	EnEV	CALENER	Minergie	EPC (edificis nous) EPA (edificis existents)	SAP
Indicador	Demanda de calefacció	Demanda de calefacció	Consum energètic /m ²	Consum energia primària	Consum energia primària	Emissions CO ₂ /m ² /any	Consum energia primària	Consum energia primària	Cost energètic
Aspectes inclosos	Calefacció Ventilació	Calefacció Ventilació	Calefacció ACS Ventilació Il·luminació	Calefacció Refrigeració ACS Ventilació Il·luminació	Calefacció ACS Ventilació	Calefacció Refrigeració ACS Ventilació Il·luminació (edifici terciari)	Calefacció ACS Ventilació	Calefacció ACS Ventilació Il·luminació	Calefacció Refrigeració ACS Ventilació Il·luminació (només parts comunes dels edificis residencials)
Aspectes no inclosos	Equips de calefacció, ACS. Il·luminació Energia solar tèrmica i fotovoltaica.	Il·luminació Energia solar tèrmica i fotovoltaica.	Solar fotovoltaica	Superfície i orientació de finestres. Il·luminació Energia solar tèrmica i fotovoltaica	Il·luminació Energia solar fotovoltaica.	Il·luminació per edificis residencials	Il·luminació Energia solar tèrmica i fotovoltaica.	Ponts tèrmics Equips de calefacció, ACS. Il·luminació Energia solar tèrmica i fotovoltaica	Ponts tèrmics Il·luminació a l'habitatge
Zones climàtiques	4	1	1	5		12		1	

2.5.3.1 Experiència Danesa (ELO – EM)

Dinamarca és l'estat membre amb més tradició en certificació energètica d'edificis (des dels anys 80). Laustsen i Lorenzen expliquen de forma detallada l'experiència danesa amb la certificació energètica en edificis des de la perspectiva de la Directiva 2002/91/CEE. (Laustsen J., 2003)

Dinamarca té dos processos de certificació energètica, un per a edificis de més de 1500 m² (ELO) i un altre per a més petits de 1500 m². (EM), sent, fins i tot, més exigents que la pròpia directiva.

Els dos esquemes de certificació energètica incorporen una valoració energètica de l'edifici i un pla de millores energètiques. Aquest pla de millores, així com la regularitat d'actualització del certificat permeten fer un seguiment continu de les actuacions energètiques de l'edifici. En aquestes condicions, l'etiquetatge energètic es mostra especialment efectiu per incorporar millores en edificis existents.

Els certificats danesos incorporen consum d'energia per a calefacció, electricitat i consum d'aigua.

Per edificis grans, el procés s'anomena ELO ("Energy Management Scheme for Large Buildings"). Aquesta certificació energètica és anual, tant pel procés d'etiquetatge com del pla energètic de l'edifici. Està basat en les mesures de consums realitzades pel propietari de l'edifici, que el consultor encarregat d'emetre les certificacions processa amb les eines desenvolupades, incorporant valoracions de l'impacte de diferents millores energètiques (tant sobre la certificació com sobre els costos econòmics) per tal que el propietari pugui prioritzar les accions que ha de portar a terme. Com el certificat es repeteix amb freqüència anual, el propietari pot contrastar les previsions d'una mesura amb els resultats reals obtinguts. Aquesta metodologia proporciona tant a l'usuari com a l'administració una monitorització molt propera de l'estat energètic dels edificis i de la seva evolució.

A la següent figura es mostra el certificat energètic amb les tres etiquetes, calefacció, electricitat i aigua.

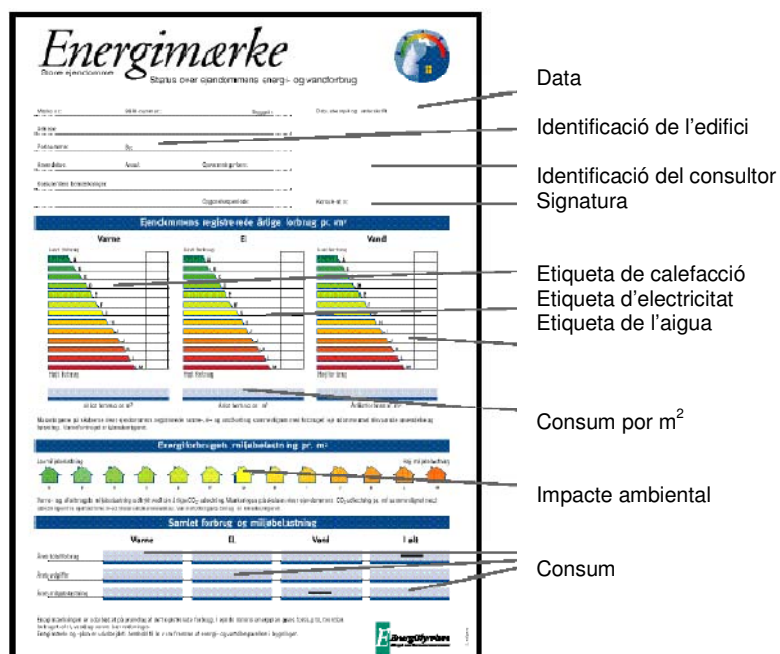


Figura 2.5-3 Etiqueta energètica danesa per a grans edificis. Font (Laustsen J., 2003)

El certificat danès per a petits edificis s'anomena EM, ("Energy Labelling in Small Buildings"). Aquest ha d'estar disponible en qualsevol transacció (vàlida de 3 anys). El responsable d'obtenir el certificat és el venedor. Aquest certificat, a diferència de l'anterior, està basat en l'estat actual de l'habitatge (valoració energètica basada en càlcul i no en mesures, encara que també presenta els valors de consum mesurats en l'any anterior a l'expedició del certificat).

El càlcul de les actuacions energètiques en aquest certificat es realitza amb un software específic desenvolupat per l'administració. El mètode de càlcul és molt simplificat, tant en l'avaluació de la demanda energètica de l'edifici (estacionari amb balanços mensuals) com en els sistemes que incorpora. Això, per una banda, permet mantenir costos baixos del certificat, que en un habitatge de tipus unifamiliar pot estar al voltant dels 500€ (incloent la valoració energètica i el pla energètic), però per una altra banda ha estat una de les causes identificades (juntament amb el desconeixement dels usuaris) del baix percentatge d'aplicació del certificat fins el moment (malgrat ser obligatori), ja que el mètode de càlcul no té gaire bona reputació i ha tingut moltes crítiques per part del sector de l'edificació. A la següent figura es pot veure el full de certificat energètic per edificis petits.

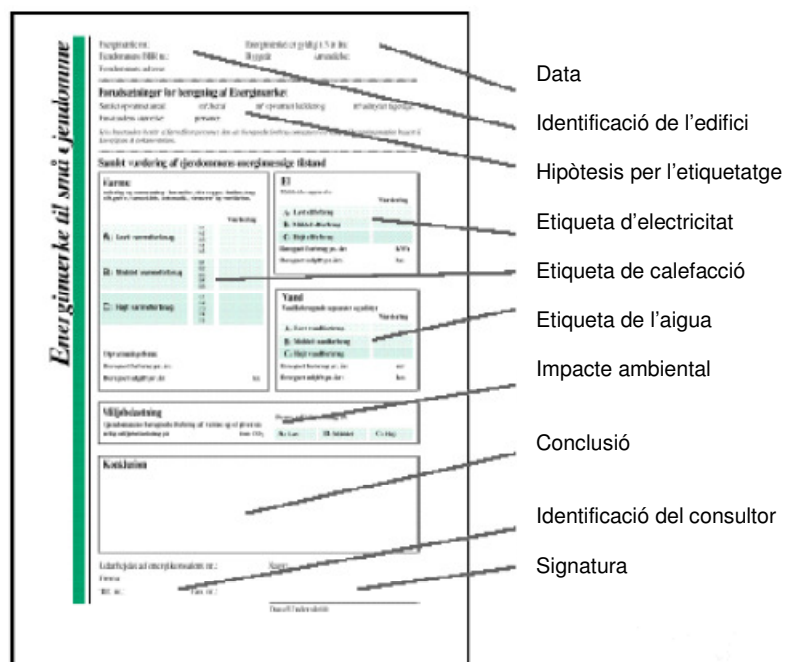


Figura 2.5-4 Etiqueta energètica danesa per a petits edificis. Font (Laustsen J., 2003)

Com a resum, es valora positivament l'experiència dels esquemes de certificació, ja que aquests han permès:

- Conèixer amb precisió l'estat actual de consums i la seva evolució en el sector de l'edificació.
- Identificar correctament els potencials d'estalvi energètic en el sector i prioritzar de forma adequada les diferents estratègies de millora, tant per part de l'administració com per part dels propietaris.

A Dinamarca, les estadístiques procedents d'una base de dades construïda sobre l'experiència de tres anys i mig de certificació, el la que s'han analitzat 160.000 habitatges, mostren que la certificació ha suposat uns costos que pugen a 25 milions d'euros, i que les mesures que d'aquesta forma s'han determinat poden, potencialment, estalviar uns 125 milions d'euros. Aquestes mesures s'han traduït, per als consumidors, en una reducció de costos d'energia d'uns 20 milions d'euros anuals. En aquest cas particular la certificació juntament amb la posta en marxa de les mesures recomanades, han proporcionat un rendiment sobre les inversions de més de 13%, xifra considerada de gran eficàcia en el cost.

2.5.3.2 Experiència Alemanya (Passiv Haus)

A Alemanya existeixen dos certificacions energètiques, les dues basades en eines de simulació dinàmica per obtenir una bona valoració energètica dels edificis i poder incloure les estratègies de disseny i operació.

El certificat Passiv Haus, requereix un consum d'energia primària per a calefacció inferior a 15 kWh/m²/any que a l'afegir-se el consum d'energia primària per a ACS, il·luminació i ventilació posaria el límit per obtenir la certificació en 30 kWh/m²/any. Aquests dos límits són únics per tots els habitatges, no depenen ni de la compacitat de l'edifici, ni de la zona climàtica. (Casals, 2004).

A la següent figura es pot veure la comparació del nivell de consum energètic d'una Passiv Haus amb el corresponent al valor mig del parc d'habitatges i a diferents nivells normatius. Es pot veure que la certificació és bastant més exigent que la normativa actual. (Passiv Haus, 2009)

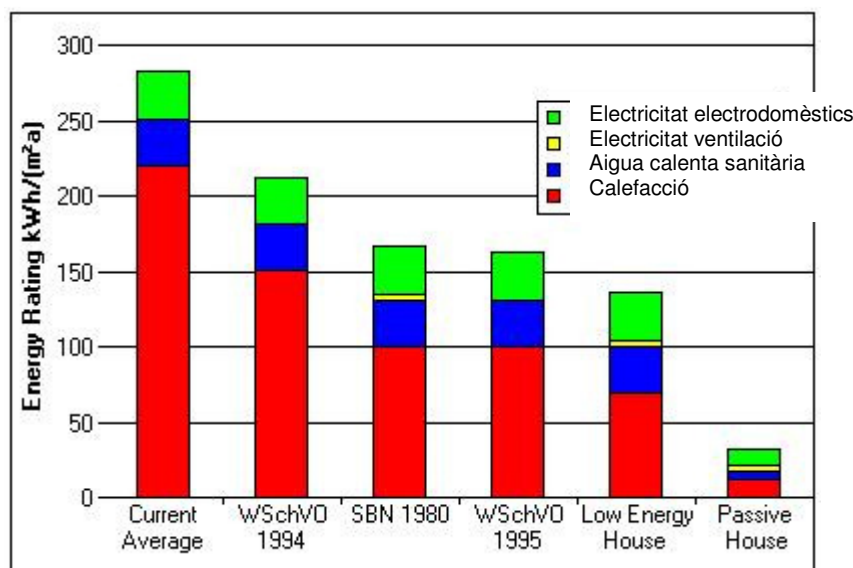


Figura 2.5-5 Comparació del nivell de consum d'energia primària pel certificat "Passiv Haus" per a diferents normatives vigents a Alemanya i per l'estat actual. Font: www.passiv.de

S'ha desenvolupat un manual acompanyat d'un CD (PHPP 2007: Passive House Planning Package 2007 Manual + CD-Rom) que inclou, entre d'altres, eines per a calcular:

- La U dels tancaments
- Balanços energètics
- Càrregues tèrmiques de calefacció i refrigeració

A alemanya existeix una altra certificació energètica d'habitatges encara més exigent, és la "Plus Energy Haus" que certifica aquells habitatges que compleixen amb l'etiqueta de la "Passiv Haus" i que compensen els seu consum energètic amb una producció energètica excedent basada en fonts d'energia renovable o cogeneració. Per tant, aquest tipus d'habitatge, durant la seva vida genera una quantitat d'energia superior a la que consumeix

A Alemanya, la certificació energètica és de l'any 1995, any en el que la normativa alemanya sobre aïllament tèrmic obligava a una certificació d'eficiència energètica a nivell nacional per al parc d'edificis nous, això va donar pas a una multitud de certificacions de caràcter regional. Actualment, s'ha volgut unificar la certificació per tot el territori. El marc legal de l'actual certificat de qualificació anomenat Energiepass ha estat desenvolupat per DENA (Agència d'Energia alemanya). Aquest format únic per tota Alemanya, avalua l'eficiència energètica de l'edifici a partir del consum d'energia primària total anual en kWh/m². A partir de 2006 aquest serà obligatori per tots els edificis de nova construcció, independentment de l'ús i tindrà una validesa de 10 anys.

2.5.3.3 Experiència Anglesa (SAP)

La normativa existent és SAP (Standard Assessment Procedure), que està en vigor des del 1995. El SAP ha estat elaborat per les autoritats britàniques per al càlcul de la qualificació de l'energia edificis residencials. És obligatori per als nous edificis i es basa en el cost anual d'energia per a calefacció i aigua calenta per metre quadrat de superfície.

Es prenen en compte una sèrie de factors que afecten l'eficiència energètica, incloent l'aïllament tèrmic en la pell de l'edifici, la regulació i l'eficiència de la calefacció i els sistemes d'aigua calenta, el guany solar de l'edifici i el tipus de combustible utilitzat per produir calor i aigua calenta.

Els inspectors han de rebre un curs de capacitació i aprovar un examen. Les dades obtingudes s'introdueixen en un full de càlcul. Les puntuacions poden variar des de 1 fins a 100, i l'escala és logarítmica. Això vol dir que un augment d'un punt en la qualificació correspon a un percentatge determinat de reducció del consum energètic i no a una quantitat fixa, com seria el cas amb una escala lineal com la utilitzada per a la qualificació d'electrodomèstics.

Si la qualificació és inferior a un cert nivell, es requereix més aïllament. Edificis que tenen una puntuació de 80 punts o més es consideren d'alta qualitat.

El sistema SAP no té en compte la ubicació de l'edifici (dos edificis amb el mateix disseny en diferents zones del país tenen la mateixa qualificació de SAP). No es considera altres elements com la il·luminació i els electrodomèstics. Tampoc inclou recomanacions sobre la manera de fer les cases més eficients energèticament.

Només els nous edificis residencials (o grans rehabilitacions) han de passar la qualificació energètica SAP per donar compliment a les normes de construcció, i els resultats de l'avaluació han de ser transmesos als compradors. (Míguez J.L., 2006)

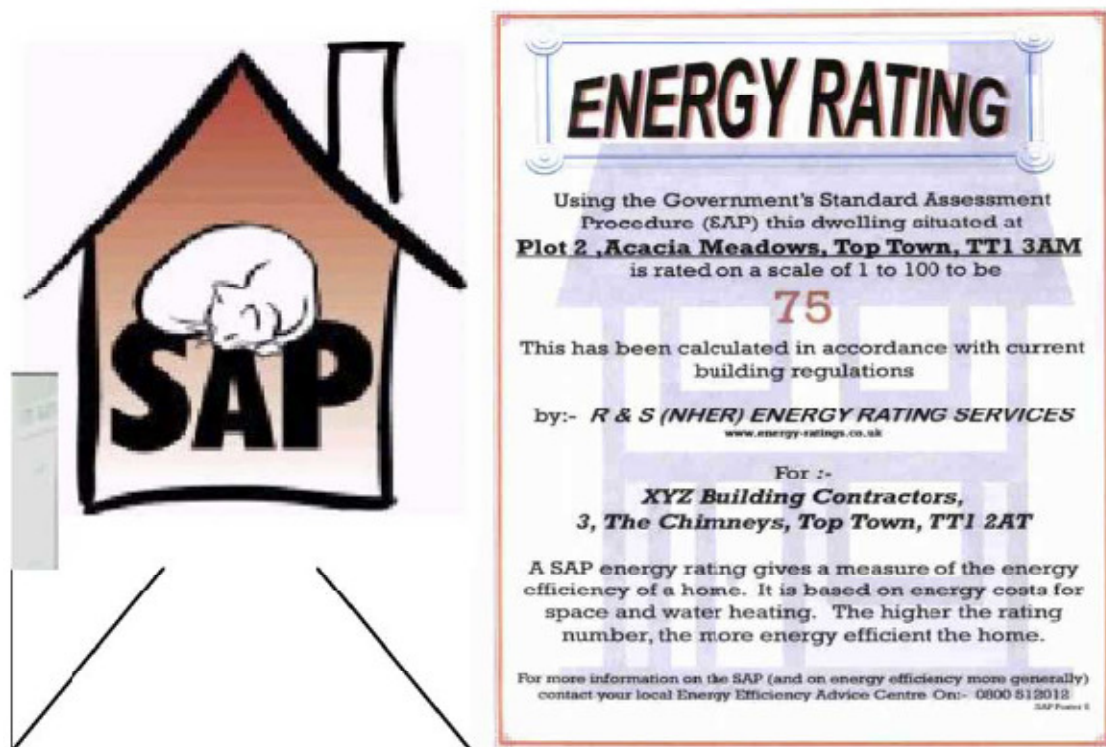


Figura 2.5-6 Etiqueta energètica anglesa. Font (Míguez J.L., 2006)

2.5.3.4 Experiència Noruega (EPA)

La metodologia noruega (EPA –ED) és per qualificar edificis existents. L'esquema que es segueix en aquesta metodologia és el següent (Poel, van Cruchten, & Balaras, 2007):

Taula 2.5-2 Esquema de la metodologia de qualificació EPA-ED

Etapa	Resultat
Contractació	Contracte
Prèvia	Planificació, identificar fonts per obtenció de dades,...
Inspecció	Recull de dades (edifici, sistemes, ús i altres aspectes rellevants)
Càlcul i anàlisi	Diagnosi i proposta de millores
Informe	Certificat Energètic
Presentació de resultats	Informació al client.

Els consultors inspeccionen l'edifici, calculen el consum energètic de l'edifici i assessoren al propietari de l'edifici sobre les possibles millores. El consultor disposa de les següents eines:

- Esquema per realitzar la visita i qüestionari per l'entrevista amb el client per poder estructurar bé tant l'entrevista com la visita inicial.
- Formulari per realitzar la inspecció i recollir totes les dades necessàries
- Protocol on s'explica com determinar i recollir totes les dades necessàries en edificis existents.
- Eina de càlcul (software): d'acord amb la directiva europea d'eficiència energètica en edificis, calcula el consum energètic de l'edifici. Aquest software té com a característica principal que permet simular diferents escenaris d'eficiència i calcular els estalvis aconseguits i el temps de retorn de la inversió per poder ajudar a la presa de decisions del propietari de l'edifici.

The screenshot shows the EPA-ED software interface. On the left is a tree view of building components for two scenarios: Hellenic_01 and Hellenic_02. The components include Thermal Envelope, Constructions (Form 1, Glazings, Unheated Spaces), Sun Spaces, New Sunspace, Energy Contribution, Installations, Energy Consumption, and Heating, Cooling and DHW. On the right, there are two tables summarizing energy and cost data.

Savings	Unit	Actual	Hellenic_01	Hellenic_02
-		Consumption	Consumption	Savings
+1	Fuel oil	m3	6.3	6.6
2	Electricity	kWh	6845.0	
3	CO2 Emission	kg/year	18180	5224
4	Energy Indicator	GJ/m²	0.632	0.451
5	Frac. renewable energy (no pas)	-	0.000	0.067
6	Frac. renewable energy (passiv)	-	0.195	0.235
7	Risk of overheating	-	High	High

Cost	Unit	/unit	Hellenic_01	Hellenic_02
Total			1991	572
+1	Fuel oil	m3	301.00	1991
2	Electricity	kWh	0.10	
3	Investment Cost			1998
4	Pay Back Time, simple	Years		3.39
5	Pay Back Time, net present val	Years		0.00

Figura 2.5-7 Pantalla de resultats del software EPA-ED. Font: (Poel, van Cruchten, & Balaras, 2007)

2.5.4 Experiències a Espanya.

Abans de l'entrada en vigor del RD 47/2007 de Certificació energètica d'edificis a l'estat espanyol, algunes comunitats o ciutats havien tingut alguna experiència en aquest àmbit que són les que es resumeixen en aquest apartat.

2.5.4.1 País Basc

El País Basc, la certificació energètica d'edificis és optativa des de 1993. En aquest període s'han certificat de forma provisional, sobre projecte, 15.500 habitatges. S'han certificat de forma definitiva, construïdes, 4.300 habitatges. S'han certificat de forma definitiva 3 edificis d'oficines, 12 hotels de nova planta i un centre educatiu.

El 60 % dels habitatges certificats corresponen a habitatges de promoció pública, tant de VIESA com del Departament d'Habitatge del Govern Basc.

S'avalua el coeficient de consum, que s'entén com el quocient entre el consum de l'edifici estudiat i el consum d'edifici de referència. La metodologia de qualificació i certificació ha estat elaborada per l'EVE, Ente Vasco de la Energía.

Aquest coeficient de consum mig ha passat del 74,2 % en el període 1996 – 1999 al 69,7 % en el 200 – 2003. Al 2004 és del 64,6% i al 2005 està situat al 60,3%. (EVE, 2006)

2.5.4.2 Experiència a Sevilla.

L'Ajuntament de Sevilla ha inclòs a l'Ordenança per a la gestió local de l'energia de Sevilla, un capítol, el tercer, sobre Qualificació i certificació energètica d'edificis i instal·lacions.

La qualificació energètica no s'expressarà amb una lletra com és el cas de la certificació del País Basc i la proposta de Real Decret de Certificació energètica a nivell estatal. En aquest cas, el projecte definitiu de construcció ha de ser com a mínim de 7 punts, en una escala de 0 a 10 punts. La metodologia per determinar la qualificació energètica dels edificis es determina a l'annex 1 de l'ordenança. Aquesta metodologia es farà mitjançant el procediment CEV, desenvolupat mitjançant acord de Col·laboració per la Direcció General de l'Habitatge, l'Arquitectura i l'Urbanisme del Ministeri i l'IDAE del Ministeri de Ciència i Tecnologia, amb l'assistència tècnica del Grup de Termotècnia del Departament d'Enginyeria i Fluidodinàmica de l'Escola Superior d'enginyers d'universitat de Sevilla.

Aquesta ordenança està en vigor des de juny de 2002, però no s'han avaluat els resultats obtinguts. (Ayuntamiento de Sevilla, 2002).

2.5.4.3 Projecte CEPEC. Certificació Energètica d'Edificis.

El Projecte Europeu CEPEC - Comprehensive Energy Planning in European Cities, fou aprovat pel Programa Europeu ALTENER de la DG TREN de la Comissió Europea, a la convocatòria del 2002, i rep un cofinançament europeu del 50% del seu pressupost.

El projecte s'ha presentat com un conjunt d'accions que s'executaran a Barcelona així com a les ciutats de Berlín i Malmö. Al projecte hi participen varies entitats catalanes: Agència d'Energia de Barcelona, Barcelona Regional, Col·legi d'Arquitectes de Catalunya i Sistemes Avançats d'Energia Solar Tèrmica, SCCL. També hi col·labora la UPC. El consorci internacional el completen: European Photovoltaic Industry Association, Berliner Energieagentur GmbH, City of Malmö, HSB Malmö i Skane Energy Agency. El projecte està coordinat per Barcelona Regional.

Aquest projecte està compost per cinc accions:

1. Ordenança Fotovoltaica a Barcelona i la avaluació d'aquesta mesura a altres ciutats
- 2. Etiquetatge i qualificació Energètica a edificis de la Ciutat de Barcelona i Malmö**
3. Contractació de Serveis Energètics Integrals amb garantia d'estalvi
4. Monitorització del Pla de Millora Energètica de Barcelona i comprovació de les polítiques energètiques a altres ciutats participants
5. Difusió de resultats

Referent a la segona acció del projecte: "Etiquetatge i qualificació Energètica a edificis a les ciutats de Barcelona i Malmö", el primer objectiu ha estat establir uns criteris i una metodologia dins del marc comú que estableix la Directiva 2002/91/CE. Per això, s'analitza de forma exhaustiva les regulacions tèrmiques a nivell europeu, nacional, local així com l'evolució del nou CTE.

Després d'estructurar la metodologia i establir els criteris s'han elaborat els suports tècnics i informàtics per poder realitzar la qualificació energètica dels edificis.

L'última tasca consisteix en informar als ciutadans els objectius i les avantatges d'establir un sistema de certificació als edificis. També s'han realitzant proves pilot en diferents edificis de promoció pública i privada.

L'esquema de la certificació és el que ve resumit en el diagrama de blocs (Ivancic & Salom, 2005)

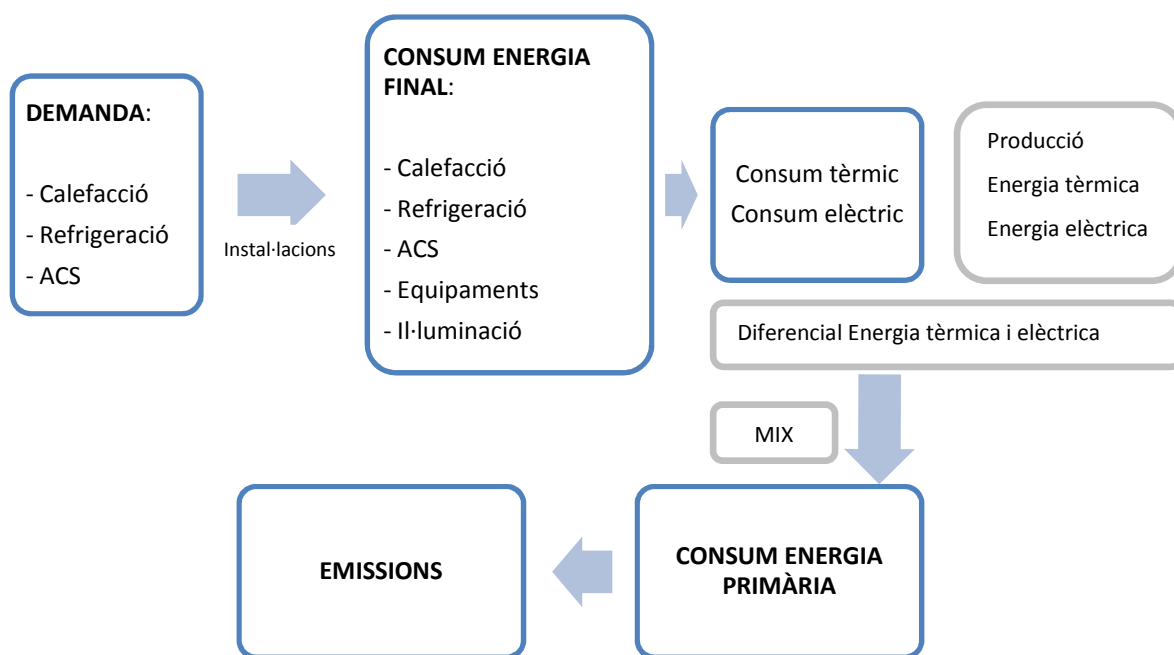


Figura 2.5-8 Esquema de la metodologia de certificació CEPEC

La metodologia de certificació desenvolupada dins aquest projecte pretén ser una metodologia fiable però de fàcil utilització pels usuaris que utilitzaran aquesta eina. De fet, després de diferents proves amb edificis reals, es pot concloure que el que consumeix més temps en el procés de qualificació és la introducció de l'edifici en el software LIDER que és el que es proposa per determinar la demanda de calefacció i refrigeració de l'edifici objecte i el de referència. Una vegada introduït l'edifici, la introducció de les dades relatives als consum, és a dir, equips, rendiments, producció d'energia pròpia (energies renovables, cogeneració...), es pot fer en 10 minuts si es disposa de la informació necessària.

El sistema de qualificació és similar però no equivalent al que proposa la proposta de Real Decret de Certificació Energètica d'edificis, és a dir, mitjançant una lletra en funció del percentatge d'estalvi respecte l'edifici de referència, però en el cas de CEPEC l'indicador és el consum en energia primària i no les emissions, que és l'indicador que utilitza CALENER VyP.

2.5.4.4 Altres experiències a nivell espanyol

A més de les metodologies per a edificis residencials citades anteriorment, CALENER VyP i l'opció simplificada, existeixen altres metodologies de qualificació energètica que han estat validades pel Ministeri d'Indústria, Turisme i Ciència com a "Document reconegut" i per tant, es poden utilitzar com a alternativa a l'opció simplificada de certificació energètica.

- Metodologia **Ce2**. L'aplicació CE2 és la implementació informàtica del procediment simplificat per a la certificació energètica d'edificis d'habitatge. Mitjançant un full de càlcul Excel es realitza la descripció geomètrica, constructiva i operacional que demana, així com les seves instal·lacions de climatització i aigua calenta sanitària (ACS), portant a terme automàticament tots els càlculs necessaris per a la qualificació energètica, d'acord a la normativa vigent.

La Classe d'Eficiència Energètica obtinguda per l'edifici s'expressa en funció de l'Indicador d'Eficiència Energètica Global IEEG. El procediment que se segueix per a obtenir l'Indicador d'Eficiència Energètica Global es representa mitjançant el següent esquema:

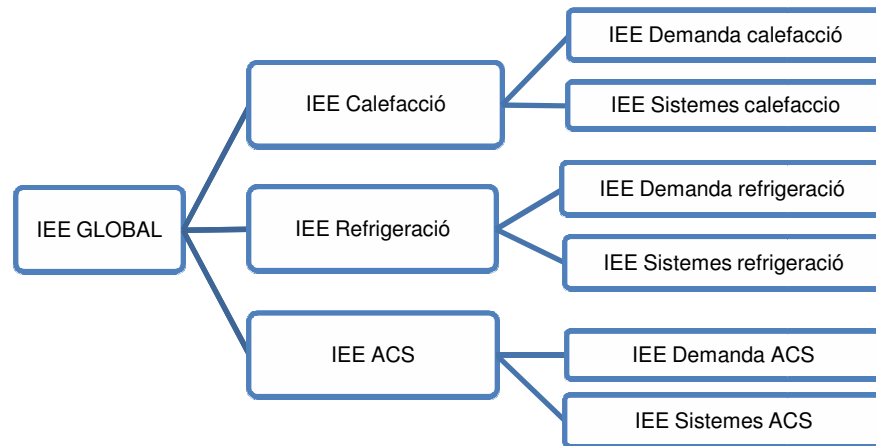


Figura 2.5-9 Esquema del procediment per a l'obtenció del IEE global. Metodologia Ce2

Es tracta, en primer lloc de valorar de manera progressiva les demandes dels diferents usos (calefacció, refrigeració i producció d'aigua calenta sanitària) i els rendiments dels equips utilitzats per a satisfer aquestes demandes. Posteriorment, utilitzant l'àlgebra dels Indicadors d'Eficiència Energètica es valoren els diferents usos i finalment, segons la combinació d'aquests, es determina el IEE global que porta a la qualificació energètica.

Metodologies pendent d'aprovació:

- Metodologia **CERMA**. L'aplicació CERMA és la implementació informàtica del mètode simplificat per a la qualificació energètica en edificis residencials. Mitjançant un programa informàtic es realitza la descripció geomètrica, constructiva, operacional, d'instal·lacions de climatització i d'aigua calenta, portant a terme la classificació energètica de l'edifici, d'acord la normativa vigent.

Altres experiències prèvies, a l'estat espanyol, per part del Ministeri de Foment (Rey F. , 2002)

- El Projecte **HIADES**, desenvolupat per l' Institut Idefons Cerdà de Barcelona, és un projecte de Certificació Energètica i Mediambiental que estructura els diferents impactes que un edifici produeix al medi ambient en quatre grans apartats: el comportament energètic, el solar i el disseny arquitectònic, les instal·lacions i els materials.
- El projecte **EDAC**, que continuant les experiències de HIADES, ha desenvolupat un programa informàtic denominat MEI (Metodologia D'Avaluació Integral) i està destinat a Edificis d'Alta qualitat energètica.
- **La guia de l'edificació sostenible.** És una publicació basada en el treballs del Projecte HIADES que estat editat per la Direcció General de la Vivenda, l'Arquitectura i l'Urbanisme del Ministeri de Foment (DGVAU) y per l'"Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía" (IDAE) que pertany al Ministerio de Ciencia y Tecnología.
- **L'agenda de la construcció sostenible.** Aquesta és una pàgina web promoguda i gestionada pel Col·legi d'Arquitectes tècnics de Barcelona que es constitueix com punt de confluència d'accions orientades a la construcció sostenible, tractant de donar resposta a les mancances que tenen els professionals de l'arquitectura i de la construcció amb relació a l'edificació sostenible.
- El Programa **METEO**, ha estat desenvolupat per la Universitat de Saragossa per ser utilitzat en l'anàlisi energètic i mediambiental d'edificis.
- El grup de treball **EU WG4** – Competitivitat a la Indústria Europea de la Construcció. A través de la DGVAU, Espanya ha participat en el Grup de Treball EU WG4 sobre Construcció Sostenible. Recentment, representants de la DGVAU, s'han incorporat igualment al Grup de Treball "Whole Life Cost-WLC" creat per la Unió Europea.
- Metodologia de qualificació energètica **BEA** (Building Energy Analysis) desenvolupada per Rey, Velasco i Varella de la Universitat de Valladolid. (Rey, Velasco, & Varella, 2007)

2.5.5 Experiències al món.

A més de les eines comentades fins el moment, existeixen altres eines de qualificació energètica i ambiental fora de l'àmbit europeu. A continuació es presenten algunes d'aquestes eines i es fa una breu descripció. Haapio i Viitaniemi han realitzat una revisió crítica de diferents eines de qualificació ambiental d'edificis. En aquest estudi es fa una comparativa qualitativa d'aquestes eines entre les que destaca LEED. (Haapio & Viitaniemi, 2009)

2.5.5.1 Experiència americana. (LEED, Energy Star i Cal-Arch)

– LEED

Als EEUU s'han desenvolupat molts certificats energètics d'habitatges (des de 1990, més de 20 procediments "green rating") i en termes més amplis que les consideracions energètiques, certificats "verds".

LEED ("Leadership in Energy and Environmental Design") és el sistema de certificació d'edifici verd més important i reconegut internacionalment. Va ser dissenyat i construït usant estratègies adreçades a millorar l'acompliment en tots els paràmetres més importants: l'estalvi d'energia, l'aigua, l'eficiència, la reducció d'emissions de CO₂, la millora de la qualitat ambiental d'interiors, i administració dels recursos i la sensibilitat als seus efectes.

Va ser desenvolupat per Green Building Council (USGBC) d'EUA i pretén identificar i mesurar l'aplicació de pràctiques i el disseny dels edificis verds, la construcció, operació i manteniment de solucions. Cal destacar que LEED és prou flexible com per ser aplicat a tot tipus d'edificis, ja sigui comercial o residencial i té en compte tot el cicle de vida de l'edifici - disseny i construcció, operacions i manteniment.

El sistema LEED atorga punts sobre una escala de 100 punts. S'avaluen els 5 vectors que s'han citat anteriorment. Aquests tenen un pes diferent en funció de l'impacte ambiental que tingui associat. A més, es poden obtenir 10 de bonificació. L'edifici ha de complir tots els requisits i obtenir un nombre mínim de punts per ser certificats.

L' Institut de Certificació Edificació (GBCI) assumeix l'administració de la certificació LEED per a tots els projectes institucionals i comercials registrats

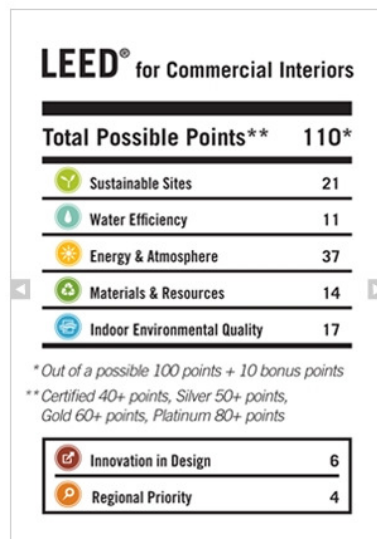


Figura 2.5-10 Etiqueta LEED. Font: <http://www.usgbc.org>

Les categories d'etiquetatge LEED són: Certificat LEED, plata, or i platí. Aquest certificat s'ha aplicat bàsicament a EEUU, però també en altres països com Austràlia, Canadà, Xina, Japó, Índia, França i Espanya.

– Energy Star

Aquest mètode puntua els edificis de 1 a 100, utilitzant models i mètodes de normalització basats en anàlisis estadístic de les dades de la base de dades de la EIA. Per obtenir el certificat, l'edifici a d'aconseguir un mínim de 75 punts, que és equivalent a dir que l'edifici forma part del 25% dels edificis més eficients.

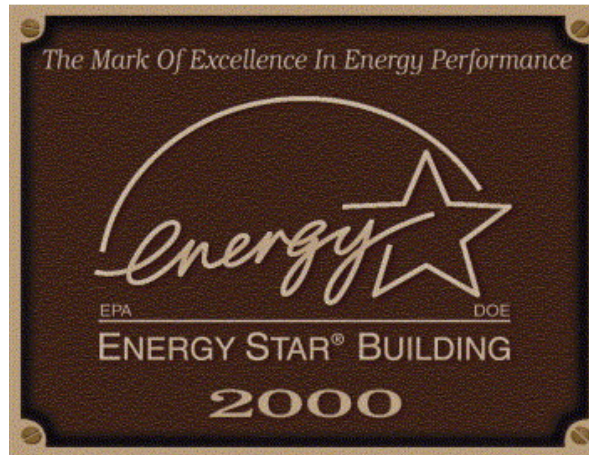


Figura 2.5-11. Etiqueta Energy Star. Font: www.energystar.gov

– Cal-Arch

El principal objectiu d'aquest projecte era desenvolupar una aplicació disponible via web per a l'avaluació comparativa de tota l'energia dels edificis comercials de Califòrnia (EUA). Aquest va ser un projecte de tres anys que va començar el juliol de 2000.

Per tal d'obtenir la qualificació energètica amb Cal –Arch cal que l'usuari introdueixi les dades d'ús de l'energia i la superfície bruta de l'edifici. Normalment l'ús de l'energia anual es calcula sumant les dades de les últimes 12 factures.

Aquesta eina no dona cap puntuació sinó que representa la corba de distribució de freqüència de la intensitat energètica dels edificis de la base de dades i situa l'edifici objecte de qualificació en aquesta corba.

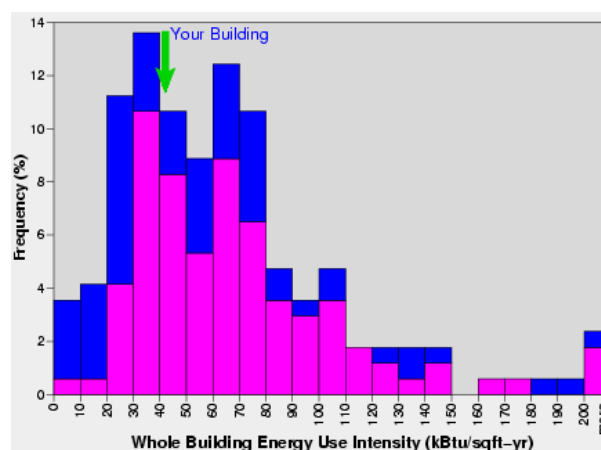


Figura 2.5-12 Histograma d'intensitat energètica. Mètode Cal-Arch. Font: <http://poet.lbl.gov/cal-arch/benchmark.html>

2.5.5.2 Experiència australiana. (NABERS).

La Qualificació NABERS és molt simple, més estrelles indiquen un millor comportament ambiental i un menor consum d'energia.

El màxim que es poden obtenir són 5 estrelles, en augments de ½ estrella.

Per tal d'obtenir la qualificació energètica cal que l'usuari introdueixi les dades del seu edifici (residencial o terciari) en l'aplicatiu via web.

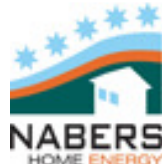


Figura 2.5-13. Etiqueta NABERS. <http://www.nabers.com.au>

Fins aquí, la presentació de l'estat de l'art de la certificació energètica d'edificis a nivell espanyol, europeu i mundial. Com es pot veure, hi ha moltes metodologies, totes elles diferents, amb indicadors, usos i escales de qualificació diferents.

Així doncs, el marc general de la tesi queda definit a l'haver explicat de forma exhaustiva la problemàtica de l'energia, definint els sectors de consum i establint la importància del sector domèstic i de serveis com a principals sectors on el consum en edificis és protagonista.

Una vegada definida la importància dels edificis en el consum energètic global, s'ha explicat com i per què un edifici consumeix energia. Definint la demanda, l'ús i la gestió energètica de l'edifici.

Per altra banda, també s'han explicat les normatives europees, estatals i regionals que han dictat les administracions corresponents per intentar disminuir el consum energètic dels edificis, fent-los més eficients.

En aquest normativa és on, precisament, es fa referència a una de les mesures per incentivar la construcció d'edificis eficients, és a dir, la certificació energètica d'edificis. Així s'ha explicat com ha estat definida la certificació a nivell espanyol i també quin és l'estat de l'art de la certificació arreu del món, explicant les experiències que hi ha a nivell europeu, estatal i mundial.

2.6 Barreres per millorar l'eficiència als edificis

Les principals barreres per portar a terme la millora en l'eficiència energètica dels edificis es poden resumir en els següents punts (Lausten, 2008):

- Major cost d'inversió inicial. La millora de l'envolupant de l'edifici o dels equips que hi subministren l'energia necessària per satisfer la demanda implica, generalment, un cost inicial més alt. Cal tenir en compte, però, que aquesta inversió aconseguirà un estalvi posterior en la fase d'ús de l'edifici, sempre i quan, la gestió d'aquest sigui correcta. Cal tenir, doncs, una visió més àmplia de la vida útil de l'edifici. Cal valorar els estalvis aconseguits i per tant, el temps d'amortització de les mesures aplicades. Els constructors, generalment, només estan preocupats pels costos d'inversió, el que passi després serà problema de l'usuari. També cal tenir en compte que la inversió en la rehabilitació tèrmica d'edificis existents és molt més costosa que en edificis de nova construcció. Cal invertir en la millora dels edificis que ja existeixen però, sense oblidar que els edificis nous esdevindran, també, edificis existents.
- Manca d'informació. Hi ha molts actors implicats en la construcció, venda i ús d'un edifici: des del constructor, passant pel banc que finançarà la compra i acabant per l'usuari que el comprarà i l'utilitzarà. Només que algun d'aquests eslavons de la cadena no tingui el coneixement suficient sobre la importància de l'eficiència energètica de l'edifici, aquesta no es portarà a terme.
- L'energia és barata i és un indicador de benestar. Segons "El Pla d'Energia per a Catalunya 2006 – 2015" (DTI, 2006), la despesa energètica d'una família catalana no arribava al 3% al 2003. Això fa que els estalvis econòmics que es puguin produir en l'àmbit energètic en un edifici residencial no suposarà un gran estalvi en l'economia global dels seus usuaris. A més, per exemple, encara que un edifici no necessiti d'instal·lació de fred, el fet que l'habitatge disposi d'aire condicionat denota una qualitat superior a un altre habitatge de les mateixes característiques sense aquesta instal·lació, o com a mínim, això és el que percep el futur usuari.
- La normativa relativa a les característiques tèrmiques de l'edifici, només exigeix valors mínims de compliment i no valors òptims. Així que un edifici compleixi amb el mínim normatiu no és garantia que sigui un edifici eficient. Un edifici que compleix, estrictament, amb la norma, encara podria millorar molt. Normalment, el constructor, no troba al·licients suficients per superar els límits establerts per la normativa.

Segurament, el problema més important és que aquestes barreres o dificultats per implantar mesures d'eficiència energètica, moltes vegades, tenen lloc alhora. Això fa que sigui, encara més difícil, superar-les.

A continuació, es desenvoluparan les dues parts més importants d'aquesta tesi. La primera, en relació al potencial d'estalvi energètic i d'emissions dels edificis residencials a Catalunya. La segona, en relació a la definició d'una nova metodologia de certificació per edificis residencials.

III. ESTALVI I EFICIÈNCIA ENERGÈTICA EN ELS EDIFICIS

Introducció

Un dels problemes que han d'afrontar els governs a l'hora de prendre mesures pel compliment dels seus compromisos amb Kyoto és el de repartir responsabilitats entre els sectors que contribueixen a les emissions de gasos d'efecte hivernacle. En quant als sectors industrials més contaminants, aquests s'hauran d'acollir als mecanismes flexibles descrits al Protocol de Kyoto, entre aquests, el comerç de drets d'emissió. Però què passa amb els sectors difusos?. Controlar les emissions del transport i sobretot, del sector residencial no és tasca fàcil, per això les directives 93/76/CE en un primer moment i la 2002/91/CE relativa a l'eficiència energètica dels edificis, tenen tanta importància.

Ara bé, la normativa europea (DEEE, 2002) és força general en el seu text i deixa prou llibertat als estats membres perquè prenguin les mesures que considerin necessàries per millorar l'eficiència energètica dels edificis, sempre enquadrades en la directiva. Així doncs, els estats membres fan la normativa específica per desenvolupar la directiva. A la normativa espanyola (MITYC, 2006) també es dona peu a que les comunitats autònomes desenvolupin la seva pròpia normativa (Generalitat de Catalunya, 2006).

Una normativa autonòmica està completament justificada si aquesta és més restrictiva que l'estatal i recull les característiques pròpies del territori. És a dir, ha de millorar la normativa estatal. En el cas dels edificis, aquesta normativa autonòmica ha de donar un plus de qualitat als edificis que es construeixin en aquesta zona en concret.

La coexistència de normatives que tenen un mateix àmbit d'aplicació i una mateixa finalitat, pot ser contraproductiu, si no queda clar quina d'elles és més restrictiva, en la seva totalitat.

En el cas de Catalunya, un arquitecte o enginyer, responsable del disseny d'un edifici, ha de tenir en compte les dues normatives. Per exemple, a la normativa catalana els requisits no es defineixen en funció de les zones climàtiques, en la normativa estatal, sí. Això fa que, per alguna zona climàtica de Catalunya, la normativa estatal sigui més restrictiva que la catalana, però no per totes. A la normativa catalana, el factor solar de les finestres no està limitat en funció del percentatge de vidre, tal i com està plantejat en la normativa estatal. La normativa catalana, a diferència de l'estatal, només limita l'aïllament de façanes i la qualitat de les finestres, deixant de banda l'aïllament dels altres tancaments com, per exemple, la coberta o el forjat en contacte amb el terreny.

El fet que coexisteixin dues normatives que han estat definides segons criteris i paràmetres diferents, genera confusió en els professionals que les han d'aplicar. Aquesta confusió pot provocar, en el millor dels casos, una inversió de temps major en la definició correcta de l'edifici. En el pitjor, pot provocar males pràctiques ja sigui, per desconeixement o per desconfiança en el sistema normatiu.

Aquesta part de la tesi pretén donar les eines necessàries perquè l'administració sigui capaç d'establir una única normativa d'àmbit català que permeti la construcció d'edificis més eficients, no només des d'un punt de vista energètic, sinó també econòmic.

Per tal d'assolir aquest objectiu, s'analitzen les dues normatives que coexisteixen a Catalunya, definint dos escenaris de compliment. El primer, CTE, segons els requisits normatius definits a la normativa estatal (Código Técnico de la Edificación). El segon, DEC, segons els requisits definits a la normativa catalana (Decret d'Ecoeficiència). L'objectiu és establir quin seria l'estalvi en emissions que es produiria si s'apliquessin cada una de les normatives, de forma independent, en la rehabilitació del parc d'edificis residencials a Catalunya. També es farà un anàlisi econòmic de cada escenari.

S'avalua el potencial d'estalvi energètic i en emissions de CO₂ del parc d'edificis residencials a Catalunya, així com l'anàlisi econòmic, segons els dos escenaris normatius. Aquesta part està desenvolupada en el capítol 3 de la tesi.

En el següent capítol de la tesi, capítol 4, s'establirà una metodologia per decidir, des d'un punt de vista cost-eficiència, quines de les mesures considerades a cada normativa són més eficients. Finalment, es definirà un nou escenari, EFIC, on només es tindran en compte aquelles mesures que hagin estat considerades eficients i s'avaluarà quin seria el potencial d'estalvi energètic i en emissions que s'aconseguiria si existís una normativa que considerés només els requisits proposats en aquest escenari.

Per últim, es definiran les limitacions que s'han identificat, per a cada una de les normatives.

L'objectiu final és dotar d'elements de decisió per orientar els organismes responsables en les polítiques d'actuació sobre construcció i rehabilitació d'edificis.

3 Potencial d'estalvi energètic en els edificis residencials de Catalunya

3.1 Introducció

L'administració pública i els organismes responsables han de definir les normatives que ajudin a disminuir les emissions de GEH a l'atmosfera per part de tots els sectors econòmics.

En l'àmbit dels edificis residencials, i per tal que aquestes normatives siguin efectives, primer cal avaluar quina és l'aportació actual en quant a emissions de GEH d'aquest sector. Tot seguit, cal determinar quin pot ser el potencial de disminució de les emissions de GEH.

S'avaluarà quin és el potencial tècnic, considerant que tots els edificis existents són rehabilitats seguint els estàndards normatius actuals. I a partir, d'aquí, definir escenaris més realistes en quant a percentatge d'edificis rehabilitats, per poder assegurar una reducció en les emissions.

3.2 Objectius

Els objectius d'aquest capítol són, en primer lloc, determinar l'aportació de la calefacció i la refrigeració dels habitatges al consum energètic global de Catalunya i estimar, a partir d'aquest valor, les emissions de diòxid de carboni equivalents associades a aquests usos.

En segon lloc, es vol determinar el percentatge d'estalvi en demanda energètica i de disminució d'emissions que es podria obtenir segons diferents escenaris. Aquests escenaris s'han definit en funció de la legislació catalana, Decret d'ecoeficiència, DEC, i de la legislació estatal, CTE.

En tercer lloc, es vol determinar l'impacte econòmic que suposaria l'aplicació de les mesures proposades a cada escenari.

Part dels resultats d'aquest estudi es van incorporar en el projecte realitzat amb l'Institut Cerdà pel Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya (Institut Cerdà, 2006) si bé aquests resultats han estat actualitzats per presentar-los en aquesta tesi.

3.3 Metodologia

El primer pas és caracteritzar el parc d'edificis de Catalunya. Aquesta tasca és una de les més complexa, per la dificultat d'establir diferents tipologies comuns que permeti establir un número finit de tipus d'edificis en els que estiguin representats la majoria dels edificis de Catalunya, no només geomètricament, sinó també constructivament. Aquesta tasca ha estat realitzada conjuntament amb l'Institut Ildefons Cerdà basant-se en estudis anteriors (Barcelona Regional, 2002), i amb la col·laboració de diferents arquitectes municipals. Finalment s'han classificat tots els edificis de Catalunya en un total d'onze tipologies que combina l'antiguitat, el caràcter unifamiliar o plurifamiliar amb el factor de si estan aïllats o entre mitgeres.

Segons el cens de 2001 i els habitatges construïts entre el 2002 i el 2005 (IDESCAT, 2010) s'ha determinat el número d'habitatges corresponent a cada tipologia que existeix a cada una de les zones climàtiques de Catalunya. Cada habitatge tipus s'ha definit segons els paràmetres que són determinants en el seu comportament energètic. En primer lloc, s'han definit les característiques constructives, la geometria edificatòria i els materials utilitzats.

El segons pas és determinar la demanda energètica de cada tipologia per a cada zona climàtica i cada orientació (s'han estudiat 4 orientacions intermèdies NO, SO, NE i SE). Així doncs, s'han definit un total de 13 tipologies i s'han fet un total de 222 simulacions incloent els dos escenaris normatius.

Degut a que es vol determinar la influència dels aspectes constructius de l'edifici en el consum energètic de l'habitatge, l'estudi s'ha centrat en determinar la demanda i el consum de calefacció i refrigeració dels habitatges que formen part del parc d'edificis de Catalunya.

El càlcul de la demanda en calefacció i refrigeració s'ha realitzat amb la versió 1.0 del software LIDER en la seva versió juliol de 2009. L'aplicació LIDER és la implementació informàtica de l'opció general de la verificació de l'exigència de Limitació de demanda energètica (HE1), establerta en el Document Bàsic d'Habitabilitat i Energia del CTE, oferta pel Ministeri de l'Habitatge i per l'IDAE, i realitzada pel Grup de Termodinàmica de l'Associació d'Investigació i Cooperació Industrial d'Andalusia (AICIA) amb la col·laboració de l'Institut Eduardo Torroja de Ciències de la Construcció, IETCC.

Cal tenir en compte que aquest no és un programa pròpiament de simulació energètica, sinó de verificació del compliment de la normativa, malgrat que realitza el càlcul dinàmic de la demanda horària de l'edifici. Hi ha paràmetres, com el règim d'ús que no són modificables per l'usuari. Aquest fet, no invalida la utilització d'aquest software, ja que en realitat, interessa que aquest paràmetre sigui sempre el mateix per a tots els edificis perquè no interfereixi en el resultat final, per tant, el proposat per la normativa és tan vàlid com qualsevol altre. Malgrat el software LIDER no mostra de forma directa els resultats numèrics de la demanda, aquests s'han obtingut de l'arxiu de resultats que genera el propi software i que pot ser exportable a un full de càlcul.

El càlcul de les emissions de diòxid de carboni passa per determinar el consum associat a la demanda en calefacció i refrigeració. Existeixen diferents sistemes i equips per satisfer aquesta demanda, que tenen un rendiment energètic específic. Gràcies a les dades existents sobre els rendiments energètics dels equips i el seu grau d'utilització a Catalunya subministrats per l'ICAEN⁷, es va poder estimar el consum final de calefacció i refrigeració d'un edifici i per tot el parc d'edificis de Catalunya segons el número d'habitatges de cada tipologia a cada zona climàtica i per a cada orientació.

Per últim, pel càlcul de les emissions de CO₂ s'han identificat les fonts energètiques utilitzades per satisfer el consum i el nivell d'emissions de CO₂ associat a cada una d'elles.

⁷ ICAEN, Institut Català de l'Energia

En quant a l'estudi dels diferents escenaris, aquests s'han definit en funció de la nova legislació que ha entrat en vigor a Espanya, el Codi Tècnic de l'Edificació (CTE), que és el resultat de la transposició de la directiva 2002/91/CE, i del Decret de Ecoeficiència, normativa que impulsa el govern català i que pretén, entre d'altres, disminuir el consum energètic dels edificis (DEC).

Es pren com a base l'Escenari 0, que correspon a la situació a l'any 2005, just abans de l'entrada en vigor de la normativa estatal. Els dos escenaris plantejats exigeixen valors límit del coeficient mig de transferència tèrmica ($[U_m] = W/m^2K$), que han de complir els tancaments de l'edifici, així com les obertures, per aconseguir una reducció de la demanda d'energia. Es simularan totes les tipologies d'edificis proposades per les zones climàtiques a Catalunya.

Les zones climàtiques corresponen a l'adaptació de les quatre zones climàtiques definides a la normativa catalana sobre aïllament tèrmic (Generalitat de Catalunya, 1987) segons la nova zonificació definida al CTE. A la següent figura s'observen les zones climàtiques per comarques.

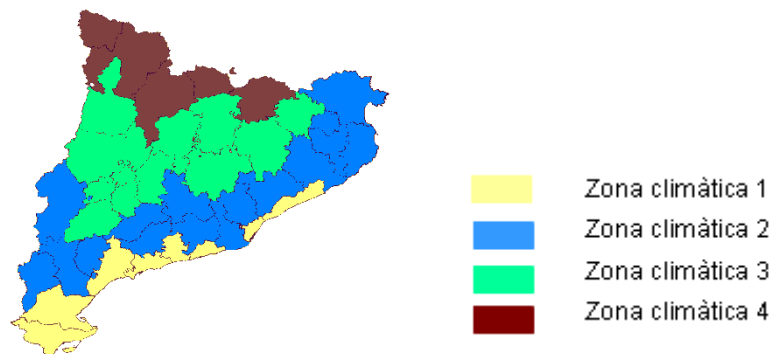


Figura 3.3-1 Mapa de la distribució de Catalunya por zones climàtiques. Font: Institut Cerdà

Les dades climàtiques de les diferents zones geogràfiques són generades automàticament pel software utilitzat, LIDER. La metodologia utilitzada per calcular aquestes dades s'explica a la referència (Sánchez de la Flor, Álvarez, & Mólina, 2008)

L'escenari base pel càlcul de l'impacte dels diferents escenaris de futur és l'Escenari 0. Aquest representa l'estat de la demanda, el consum i les emissions associades del parc actual d'edificis, és a dir, al 2005. Sobre l'Escenari 0 s'aplicaran les mesures necessàries que defineixen els altres escenaris, és a dir, millora del coeficient de transferència tèrmica dels tancaments, millora de la qualitat de les obertures i limitació del factor solar de les finestres.

Segons les característiques dels materials que componen els tancaments i obertures i els gruixos de les capes de materials es pot calcular el coeficient de transferència tèrmica del tancament o l'obertura en qüestió.

Per tancaments:

$$U_m = \frac{1}{\sum \left(\frac{x_i}{\lambda_i} \right) + RS}$$

Equació 3.3-1

On:

U_m = Coeficient de transferència de calor [W / m²·°C]

x_i = Gruix del material [m]

λ_i = Conductivitat del material [W / m·°C]

RS = Resistències Superficials [m²·K / W]

Per obertures:

$$U_{total} = (1 - \%marc)U_v + \% marc U_m \quad \text{Equació 3.3-2}$$

On:

U_{total} = coeficient de transmitància tèrmica [W / m²·°C]

% marc = % de marco

U_v = Coeficient de transmitància tèrmica del vidre [W / m²·°C]

U_m = Coeficient de transmitància tèrmica del marc [W / m²·°C]

Les mesures dels diferents escenaris estudiats es basen en la reducció de la demanda energètica, aconseguint valors del coeficient de transferència de calor, U_m , menors. Això s'aconsegueix utilitzant solucions constructives i aïllament tèrmic que assegurin els coeficients de transmitància tèrmica desitjats. A efectes de reducció de la demanda i també pel càlcul econòmic s'ha considerat que la disminució del U_m s'aconsegueix afegint material aïllant en el cas dels tancaments, i canviant el tipus de vidre en el cas de les obertures.

S'ha simulat cada una de les tipologies estudiades per a cada zona climàtica segons les exigències de cada escenari i s'ha calculat la disminució del consum energètic i de les emissions globals de CO₂ que s'aconseguirien en el 2015 suposant un creixement anual del parc d'edificis de 50.000 habitatges a l'any i suposant un ritme de rehabilitacions anual igual al 2%. El número d'habitatges construïts anualment, és el resultat de la mitja d'habitatges construïts entre el 2005 i el 2015. Del període que va de 2005 al 2009 existeixen dades reals registrades (IDESCAT, 2010).

A partir del 2009, evidentment, caldrà fer una previsió en el número d'habitatges construïts. Per això s'ha suposat que la taxa interanual de variació en la construcció d'habitatges nous després del 2009, serà similar a la mitja de la taxa que correspon entre el 1995 i el 2009, període en el que es disposen de dades registrades.

Cal dir que aquesta mitja està feta a partir de valors molt variables. Aquest fet és degut a dos períodes temporals molt marcats:

- un per la bonança econòmica i el creixement desmesurat del sector de la construcció (2000 – 2007)
- i l'altre marcat pel començament de la crisi econòmica (2008 – 2009).

Taula 3.3-1 Número d'habitatges construïts, segons dades de l'Institut d'Estadística de Catalunya (IDESCAT, 2010)

Any	Nº habitatges construïts acabats	Taxa de variació interanual (%)
1995	35.456	13,6
1996	40.286	-2,7
1997	39.206	21,9
1998	47.809	28,0
1999	61.179	6,6
2001	56.107	-14,0
2002	53.254	-5,1
2003	66.193	24,3
2004	73.987	11,8
2005	75.442	2,0
2006	72.901	-3,4
2007	74.802	2,6
2008	66.667	-10,9
2009	36.249	

Any	Nº habitatges construïts acabats	Taxa de variació interanual (%)
Mitja		2,1
2010	37.005	2,1
2011	37.776	2,1
2012	38.563	2,1
2013	39.367	2,1
2014	40.188	2,1
2015	41.025	2,1
PROMIG	53.968	

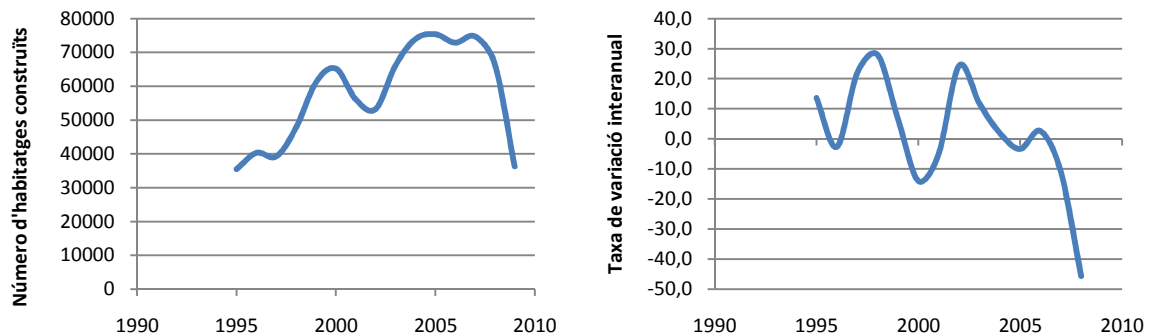


Figura 3.3-2 Evolució del número d'habitatges construïts (acabats) i de la taxa de variació interanual. Font: (IDESCAT, 2010). Elaboració pròpia

Per altra banda, segons les previsions de l'Informe Euroconstruct de 2009, el sector de la construcció d'habitatges sembla que tindrà una lleugera recuperació a partir de 2010.

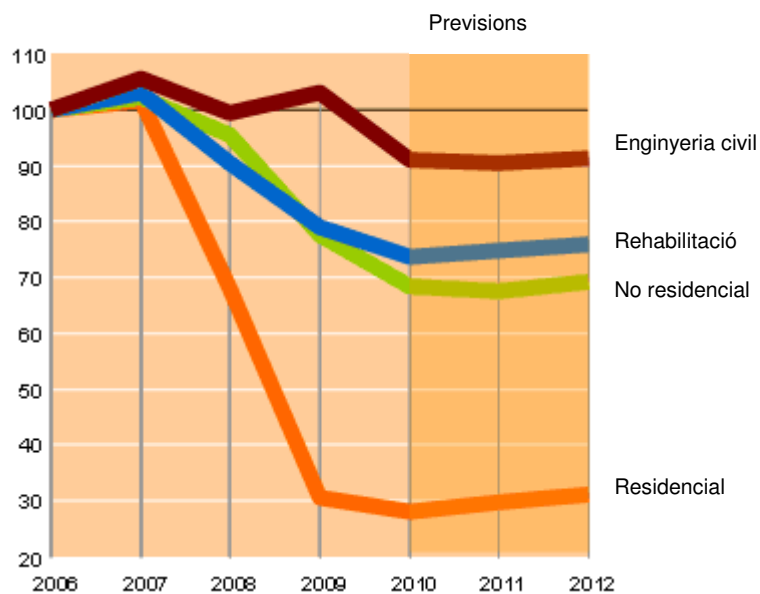


Figura 3.3-3 Evolució dels subsectors en el mercat espanyol
Índex de producció a preus constants, base 2005=100. Font ITEC

S'agafarà com a valor més conservador 50.000 habitatges /any, per la incertesa dels valors estimats a partir del 2010. Així en el període 2005 – 2015, s'haurien construït 500.000 habitatges nous. La proporció entre habitatges unifamiliars, plurifamiliars aïllats i plurifamiliars

entre mitgeres serà la mateixa que la proporció en el cens oficial de 2001 i tenint en compte, també, els habitatges unifamiliars i plurifamiliars construïts del 2002 al 2005.

Per altra banda, segons IDESCAT (IDESCAT, 2010) la projecció d'habitatges al 2015 es preveu que sigui igual a 2.900.000 habitatges segons un escenari tendencial i 3.150.000 segons un escenari alt⁸. Així la mitja entre aquests dos escenaris és de 3.025.000 habitatges. Segons les estimacions realitzades en base a la taxa de variació interanual descrita anteriorment, el número total d'habitatges al 2015 seria de 3.050.000 habitatges aproximadament. Per tant, les previsions d'IDESCAT corroboren l'anàlisi realitzat anteriorment i la xifra de creixement anual suposada de 50.000 habitatges nous a l'any de mitja.

En relació al percentatge de rehabilitació, IDESCAT té registrades les rehabilitacions acabades cada any des del 2000 fins el 2008. A més, l'informe anual sobre el sector de l'habitatge que edita anualment el Departament de Medi Ambient Habitatge també informa sobre el número d'habitatges que han rebut subvencions per la rehabilitació. Tenint en compte, aquestes dades, la mitja d'edificis rehabilitats correspon a 1.7% anual del total d'edificis. Cal dir però, que la rehabilitació dintre del sector de la construcció es preveu que sigui una de les activitats fonamental en els propers anys. En el període actual de crisi, on la construcció de nou habitatge ha caigut espectacularment, l'informe d'Euroconstruct (veure **Figura 3.3-3**) preveu una recuperació a partir de 2010.

Davant la manca de dades més específiques al respecte es considera un percentatge anual de rehabilitació del 2%. Probablement, és un percentatge elevat si es té en compte que no totes les actuacions de rehabilitació estan destinades a la millora de l'aïllament tèrmic o el canvi de finestres. En qualsevol cas, l'administració vol impulsar la rehabilitació dels habitatges. Així ho indica l'aprovació del decret 55/2009 sobre condicions d'habitabilitat dels habitatges i la cèdula d'habitabilitat, que pretén donar un impuls a la rehabilitació d'habitatges i per suposat, a les accions dirigides a la millora de l'eficiència energètica dels edificis.

⁸ Les projeccions de llars de Catalunya es van realitzar segons el mètode de les taxes de persones principals proposat per les Nacions Unides. Aquestes projeccions es basen en la població projectada per l'Idescat a l'horitzó 2015, segons l'escenari mitjà alt (població a 31 de desembre de cada any).

D'acord amb diferents hipòtesis de les taxes de persones principals masculines i femenines, es proposen dos escenaris de projeccions de llars:

- **escenari tendencial**, que recull les tendències observades en el període 1996–2001, i combina taxes masculines majoritàriament decreixents i taxes femenines creixents
- **escenari alt**, que combina taxes masculines i femenines creixents

Per projectar el **número de llars per àmbits del pla territorial** s'han tingut en compte les taxes de persones principals de cada àrea, l'evolució que presenten en el quinquenni 1996–2001, la situació relativa respecte al total de Catalunya i l'evolució futura de l'estructura per edat. Finalment, s'han fet els ajustos per tal de respectar el total de llars ja projectat per al conjunt de Catalunya.

L'**àmbit geogràfic** de les projeccions de llars és el conjunt de Catalunya i s'ofereixen igualment dades desagregades pels àmbits del Pla territorial general de Catalunya.

3.4 Resultats i discussió

3.4.1 Classificació dels habitatges del parc d'habitatges de Catalunya

El Cens de població i habitatge de 2001 permet obtenir informació sobre l'any de construcció i el tipus d'ús de l'habitatge a Catalunya i, a més, facilita dades sobre les característiques constructives de l'habitatge. En un primer pas, amb les dades del Cens de 2001 (IDESCAT, 2010), s'ha fet una classificació del parc d'habitatges en funció de dos paràmetres: període constructiu i tipus d'ús, introduint en el període constructiu els dos talls de normativa edificatòria importants que han suposat les normes NBE-CT-79 i NRE-AT-87. A les tipologies més actuals post-normativa 87, cal afegir el número d'habitatges unifamiliar i plurifamiliar construïts en el període 2001 – 2005.(IDESCAT, 2010)

Taula 3.4-1 Classificació del parc d'habitatges de Catalunya

Any de Construcció	Tipus d'ús	Nombre d'habitatges
Fins a 1940	Unifamiliar	106.097
	Plurifamiliar	274.836
De 1940 a 1980: postguerra	Unifamiliar	198.657
	Plurifamiliar	1.202.109
De 1980 a 1990: post norma NBE – CT – 79	Unifamiliar	90.787
	Plurifamiliar	122.326
De 1990 a 2001: post norma NRE-AT-87	Unifamiliar	163.162
	Plurifamiliar	420.227
TOTAL		2.582.427

Segons aquestes dades, el 60% dels habitatges de Catalunya es van construir durant el període de 1940 a 1980, abans de l'entrada en vigor de la norma NBE-CT-79. Per altra banda, el 75% dels edificis residencials són plurifamiliars.

Una segona divisió del parc existent d'habitatges ha derivat en 13 tipologies edificatòries que s'especifiquen a la següent taula:

Taula 3.4-2 Classificació i distribució de les tipologies d'edificis segons la zona climàtica.

Tipologia	Zona Climàtica (nº habitatges)				m ² / habitatge	Total
	ZC 1	ZC 2	ZC 3	ZC 4		
T1 Casa rural pre-guerra	26.425	46.993	23.894	0	115	97.312
T2 Casc antic fins 40	85.474	61.215	24.949	0	60	171.638
T3 Eixample 40	103.809	0	0	0	100	103.809
T4 Casa post guerra	53.585	124.399	37.993	0	108	215.977
T5 Casa muntanya	0	0	0	10.982	112	10.982
T6 Postguerra ciutat	701.032	421.780	48.777	0	80	1.171.589
T7 Edificis habitatges muntanya	0	0	0	17.951	91	17.951
T8 Adossada post 79	20.832	46.950	10.398	0	124	78.180
T9A Post 79	2.768	3.232	580	0	92	6.580
T9M Post 79	52.590	61.406	11.024	0	92	125.020
T10 Adossada post 87	65.602	76.798	20.762	0	129	163.162
T11A Post 87	12.050	7.569	1.392	0	90	21.011
T11M Post 87	228.959	143.824	26.433	0	90	399.216
TOTAL	1.353.126	994166	206202	28933		2.582.427

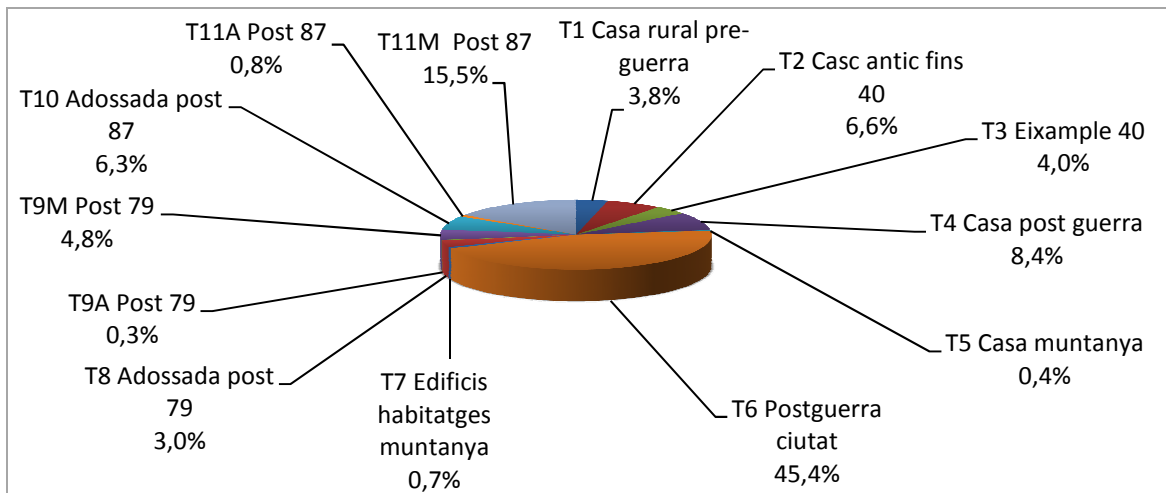


Figura 3.4-1 Distribució de les tipologies edificatòries al parc d'habitatges de Catalunya

Més del 55 % dels edificis a Catalunya són edificis plurifamiliars construïts entre 1940 i 1980. Els edificis construïts seguint algun tipus de normativa tèrmica no arriba al 35% del parc d'edificis català. Per tant, cal dir que les noves normatives aplicables a nous edificis, tot i ser necessàries, deixa de banda la majoria d'edificis existents que tenen un comportament tèrmic, en la majoria dels casos, qüestionable. Caldria que els esforços normatius i pressupostaris tinguessin com una de les seves prioritats la rehabilitació dels edificis existents.

3.4.2 Definició de les tipologies edificatòries.

La caracterització constructiva dels habitatges té en compte dos aspectes bàsics: geometria edificatòria i descripció del tipus de tancaments.

Ambdós aspectes determinen la caracterització energètica de l'habitatge, ja que les característiques geomètriques i d'ús de materials són les que determinen quina és la demanda d'energia associada a un edifici per a garantir el confort tèrmic (demanda per a calefacció i refrigeració).

La caracterització de la geometria edificatòria es realitza, entre d'altres, a partir de les dades de l'últim cens disponible de 2001 (IDESCAT, 2010). Aquestes dades permeten determinar els aspectes següents:

- Superfície útil total mitjana de l'habitatge
- Número d'habitatges de l'edifici
- Número de plantes sobre rasant de l'edifici

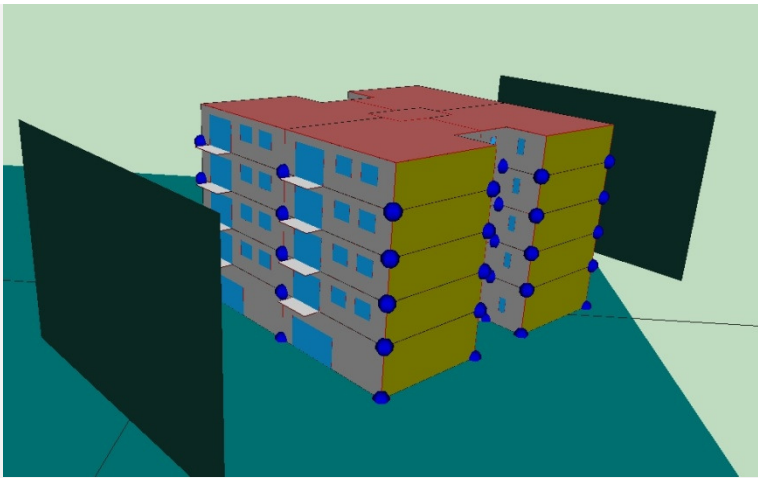
Per a la determinació d'altres aspectes de la geometria edificatòria, així com del tipus de materials i gruixos, s'ha realitzat un exhaustiu treball de camp consistent en:

- Entrevistes amb arquitectes municipals. (Institut Cerdà, 2006)
- Consulta a altres arquitectes a través del Col·legi d'Arquitectes de Catalunya (COAC).
- Consulta de projectes de rehabilitació i de construcció d'habitatges del Departament de Medi Ambient i Habitatge (Delegació de Barcelona).
- Àmplia recerca bibliogràfica, incloent treballs realitzats a l'Institut Cerdà, documents del Departament de Política Territorial i Obres Públiques i de l'ITeC i publicacions del COAC, entre les quals destaca el treball que Barcelona Regional va realitzar en 2001 i que forma part del Pla de Millora Energètica de Barcelona (Barcelona Regional, 2002)

La caracterització de cada una de les tipologies ha estat definida en funció d'estudis previs (Institut Cerdà, 2006) i el criteri de diferents arquitectes tècnics i arquitectes municipals.

A les següent taula es presenta, a mode d'exemple, les característiques de la tipologia 6. La informació de les tipologies restants es poden consultar a l'Annex A.1

Taula 3.4-3 Tipologia 6. Edifici postguerra. Característiques edificatòries i elements constructius.

Tipologia 6. Edifici postguerra	Característiques edificatòries
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Edifici entre mitgeres ▪ Amplada del carrer: 10 m. ▪ Entitats per planta: 4 habitatges per planta + 2 patis interiors + escala. ▪ Alçada edifici: 4 plantes + pb amb local comercial ▪ Coberta: plana ▪ Superfícies: <ul style="list-style-type: none"> - Superfície total edifici = 1.825 m² - Superfície per planta = 320 + 30 + 15 = 365 m² (20,3 x 18 m²) - Alçada lliure de les plantes = 2,5 m (3,2 m PB local) - Superfície útil per habitatge = 80 m² - Superfície patis interiors = 30 m² (2 patis de 5 x 3 m² cadascun) - Superfície escala = 15 m² (5 x 3 m²) - Superfície vidrada façanes principal i posterior = 30 m² per planta (8 finestres de 1 x 1 m² + 4 terrasses de 2 x 2,75 m²) - Superfície vidrada patis interiors = 2 m² per planta (4 finestres de 1 x 0,5 m. en cada pati interior) - Superfície obertures PB: façana principal = 2,15 m² porta entrada habitatge + 2,15 m² porta entrada local + 6 m² superfície vidrada; façana posterior = 2 finestres de 1 x 1 m²

Element Constructiu	Material	Gruix (cm)
Façanes	Arrebossat exterior amb morter de calç	2,0
	Totxo perforat (fàbrica)	14,0
	Cambra d'aire	10,0
	Totxo foradat	7,0
	Enguixat interior	1,0
Tancaments interiors	Enguixat interior	1,0
	Totxo perforat	14,0
	Enguixat interior	1,0
Parets mitgeres	Totxo perforat	14,0

Element Constructiu	Material	Gruix (cm)
Forjat entre plantes	Enguixat interior	1,0
	Paviment terratzo	3,0
	Morter	2,0
	Forjat ceràmic	22,0
	Enguixat interior	1,0
Coberta	Paviment rajola ceràmica	4,0
	Tela asfàltica	0,5
	Formigó de pendents	10,0
	Forjat ceràmic	22,0
Obertures façanes	Acer massís	3,0
	Vidre senzill	0,4

A la següent taula es presenten els coeficients de transferència tèrmica dels diferents tancaments per a cada tipologia edificatòria.

Taula 3.4-4 Coeficient de transmitància tèrmica dels tancaments per a cada tipologia

ESCENARI 0	Coeficient mig transferència tèrmica, U (W/m ² K)												
	Limitació Demanda Energètica	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9A	T9M	T10	T11A
Façana	1,82	1,75	1,75	0,66	1,30	1,06	1,50	0,97		0,76	0,90		0,76
Coberta	0,11	0,10	0,11	0,11	0,11	0,70	0,11	0,46		0,46	0,48		0,45
Parets mitgeres	4,74	4,86	4,86	4,74	4,27	4,60	4,27	4,60	n/a	4,60	4,27	n/a	4,60
Envans	1,52	1,87	1,39	1,62	1,69	1,96	1,60	1,81		1,63	1,81		1,63
Forjats	1,91	1,43	1,59	1,44	1,68	1,99	2,65	1,96		2,03	2,58		2,37
Solera	5,20	n/a	n/a	5,20	5,20	n/a	n/a	n/a		n/a	n/a		n/a
Finestres	5,06	5,06	5,06	5,38	5,38	5,72	5,38	5,73		5,73	3,52		3,52
Persianes	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Persiana exterior de transmissivitat opaca , color blanc (factor solar 0,04)				

n/a: no apte.

3.4.3 La demanda energètica del parc d'habitatges de Catalunya

La demanda de calefacció i refrigeració ve condicionada per l'entorn (clima) de l'habitatge, la tipologia edificatòria i l'orientació de l'edifici.

- Entorn: Clima de la localitat on es troba l'habitatge. Per al càlcul de la demanda s'han definit 4 zones climàtiques a Catalunya, d'acord a la NRE-AT-87 i la seva equivalència a la zonificació climàtica del CTE.
- Tipologia edificatòria: Geometria i materials constructius de l'habitatge. Per al càlcul de la demanda s'han establert 11 tipologies edificatòries per a classificar els habitatges de Catalunya.
- Orientació: Orientació de la façana principal de l'edifici vers el sol. Es calcularà la demanda energètica com a una mitjana del resultat per a quatre possibles orientacions N-E, N-O, S-E i S-O.

Una vegada definits els factors de demanda, d'acord amb la zona climàtica, la tipologia edificatòria i l'orientació, s'ha simulat la demanda per a calefacció i refrigeració mitjançant el software oficial LIDER.

A continuació es presenten els valors de la demanda energètica, tant de refrigeració com de calefacció obtinguts per a cada tipologia, i fent una mitja dels valors obtinguts per a cada orientació.

Taula 3.4-5 Demanda teòrica de calefacció i refrigeració per cada tipologia d'habitatges i zona climàtica. Escenari 0

Demanda de calefacció i refrigeració per a cada zona climàtica (kWh/m ² any). Escenari 0								
Tipologia	ZC 1		ZC 2		ZC 3		ZC 4	
	Cal	Ref	Cal	Ref	Cal	Ref	Cal	Ref
T1 Casa rural pre-guerra	72,1	4,3	96,6	3,8	96,3	12,1		
T2 Casc antic fins 40	64,1	5,4	87,4	3,6	87,6	10,9		
T3 Eixample 40	74,7	7,8						
T4 Casa post guerra	67,2	7,5	92,0	6,3	92,5	16,1		
T5 Casa muntanya							158,5	0,0
T6 Postguerra ciutat	42,4	4,4	60,2	3,1	61,0	8,8		
T7 Edificis habitatges muntanya							134,1	0,0
T8 Adossada post 79	36,2	10,8	55,1	7,6	57,0	18,9		
T9A Post 79	49,7	7,3	71,0	5,3	71,2	12,9		
T9M Post 79	34,5	3,4	48,4	2,3	50,0	7,8		
T10 Adossada post 87	26,4	7,9	39,9	6,2	42,2	15,8		
T11A Post 87	42,5	4,8	66,4	3,9	67,3	10,6		
T11M Post 87	27,9	3,8	50,4	2,3	51,4	7,2		

Cal: Calefacció
 Ref: Refrigeració
 ZC: Zona Climàtica

A partir dels resultats anteriors es calcularà la demanda total del parc d'habitatges de Catalunya.

Per a cada zona climàtica es coneix el número i els m² de cada tipologia d'habitatge per cada zona climàtica (veure **Taula 3.4-2**) i la demanda de calefacció (kWh/m²) i refrigeració per a cada tipologia i zona climàtica (veure **Taula 3.4-5**). Així doncs, es coneixen totes les entrades necessària per calcular la demanda d'energia del parc d'edificis residencials a Catalunya. Els resultats es poden veure a la **Taula 3.4-6**.

Taula 3.4-6 Demanda teòrica d'energia del sector habitatge a Catalunya (GWh/any). Escenari 0

Tipologia	ZC1		ZC2		ZC3		ZC4		TOTAL	
	Cal	Ref	Cal	Ref	Cal	Ref	Cal	Ref	Cal	Ref
T1 Casa rural pre-guerra	219	13	522	20	265	33	0	0	1006	67
T2 Casc antic fins 40	329	28	321	13	131	16	0,0	0,0	781	57
T3 Eixample 40	776	80	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	776	80
T4 Casa post guerra	389	44	1236	84	379	66	0,0	0,0	2004	194
T5 Casa muntanya	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	195	0	195	0
T6 Postguerra ciutat	2380	245	2030	104	238	34	0,0	0,0	4649	383
T7 Edificis habitatges muntanya	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	219	0	219	0
T8 Adossada post 79	128	28	321	44	73	24	0,0	0,0	522	97
T9A Post 79	13	2	21	2	4	1	0,0	0,0	38	4
T9M Post 79	167	17	273	13	51	8	0,0	0,0	491	38
T10 Adossada post 87	223	67	395	61	113	42	0,0	0,0	731	170
T11A Post 87	46	5	45	3	8	1	0,0	0,0	100	9
T11M Post 87	576	77	652	30	122	17	0,0	0,0	1350	124
TOTAL	5246	605	5818	374	1385	244	414	0	12.863	1.223
									14.086	

Així doncs, podem concloure que, tenint en compte totes les hipòtesis considerades, la demanda d'energia, per a calefacció i refrigeració, en el sector residencial a Catalunya està al voltant dels **14.000 GWh/any**.

La majoria d'aquesta demanda està localitzada a les zones climàtiques 1 i 2 ja que és en aquestes zones on concentra el major número d'habitatges. Però la demanda global no depèn només del número d'habitatges i la zona climàtica sinó també, evidentment, de les seves característiques constructives.

3.4.4 El consum energètic en calefacció i refrigeració del parc d'habitatges de Catalunya

Per determinar el consum energètic s'ha de tenir en compte els equips que subministren aquesta energia als edificis. La demanda dividida pel rendiment associat a aquests equips donarà el consum energètic dels edificis.

Per tal de poder determinar el rendiment mig associat als equips utilitzats és necessari saber quins sistemes de calefacció i refrigeració s'estan utilitzant per subministrar la calefacció i la refrigeració als edificis.

Les últimes dades disponibles sobre la distribució dels sistemes de calefacció i refrigeració de Catalunya són del 2005. Aquestes dades han estat facilitades pels tècnics de l'ICAEN. Degut a la no disponibilitat de dades oficials del cens d'habitatges del 2005, s'ha optat per aplicar les dades sobre equips del 2005 a les dades oficials sobre el cens d'habitatges del 2001, però tenint en compte, també, els habitatges construïts entre el 2001 i el 2005. Per tant, l'any de referència o l'any base és el 2005.

Així doncs, en quant a calefacció, a la **Taula 3.4-7** s'indiquen les dades sobre la distribució dels equips a Catalunya al 2005, segons ICAEN.

Taula 3.4-7 Distribució del sistemes de calefacció a Catalunya. Font: ICAEN, 2005

Típus de calefacció	%	Equip	%	Font energètica	%
central edifici	2,1	Caldera	100,0	Gas natural	66,7
				gasoil	25,5
				propà	4,0
				electricitat	3,8
central habitatge	68,3	Caldera	86,0	gas natural	76,4
				gasoil	17,8
				propà	1,8
				electricitat, carbó, llenya	3,7
modular fixa	13,2	Altres (bomba de calor, fil radiant, acumulador de calor, etc)	14,0	Convector i radiadors elèctrics	39,0
				Bomba de calor	20,0
				Llar de foc	9,0
				Altres (radiador mural a gas, acumulador de calor, etc)	32,0
modular mòbil	16,4	Estufa catalítica (estufa de butà)	43,0	Altres (estufes elèctriques)	57,0

En quant a refrigeració, no existeixen dades tan detallades. De fet, segons ICAEN al 2005, només el 28% dels habitatges disposaven de sistema de refrigeració. Així que, a efectes de càlcul, s'ha considerat que el 28% dels habitatges tenen sistema de refrigeració amb un COP de 2.5.

Taula 3.4-8 Consum d'energia final en calefacció i refrigeració del sector habitatge a Catalunya (GWh/any). Escenari 0

Tipologia	ZC1		ZC2		ZC3		ZC4		TOTAL	
	Cal	Ref	Cal	Ref	Cal	Ref	Cal	Ref	Cal	Ref
T1 Casa rural pre-guerra	228	1	543	2	275	4	0	0	1046	7
T2 Casc antic fins 40	342	3	334	1	136	2	0	0	812	6
T3 Eixample 40	807	9	0	0	0	0	0	0	807	9
T4 Casa post guerra	404	5	1286	9	395	7	0	0	2085	22
T5 Casa muntanya	0	0	0	0	0	0	203	0	203	0
T6 Postguerra ciutat	2476	27	2112	12	248	4	0	0	4835	43
T7 Edificis habitatges muntanya	0	0	0	0	0	0	219	0	219	0
T8 Adossada post 79	133	3	333	5	76	3	0	0	543	11
T9A Post 79	13	0	22	0	4	0	0	0	39	0
T9M Post 79	167	2	284	1	53	1	0	0	504	4
T10 Adossada post 87	223	7	411	7	118	5	0	0	752	19
T11A Post 87	46	1	47	0	9	0	0	0	102	1
T11M Post 87	599	9	678	3	127	2	0	0	1404	14
TOTAL	5438	68	6051	42	1441	27	422	0	13351	137
									13.488	

Cal destacar que el consum energètic associat a la suma de la calefacció i refrigeració d'edificis és més baix que la demanda. Això, que pot semblar contradictori, s'explica fàcilment degut a que, només, el 28% dels habitatges disposen de sistema de fred. Això vol dir que hi ha un 72% dels habitatges que, tot i tenir demanda de fred, no tenen consum associat a aquesta demanda.

Segons dades d'ICAEN i altres estudis realitzats (DTI, 2006), (Álcantara, 2007) el consum energètic global del sector domèstic està al voltant de 26.300 GWh/any. Això vol dir que la calefacció i la refrigeració suposen aproximadament un 47% del consum global dels edificis, tal i com indiquen diferents autors (Rey F., 2006) i institucions com ICAEN o IDAE. Segons les hipòtesis realitzades, el consum en calefacció i refrigeració del parc d'habitatges de Catalunya al 2005 va suposar un 50% del consum global de l'habitatge.

Així, els resultats obtinguts, i contrastats amb altres fonts, ens indiquen que els resultats que s'obtenen segons la metodologia utilitzada són coherents. Per tant, es considera vàlida per realitzar les simulacions dels escenaris normatius que es volen estudiar.

3.4.5 Les emissions de CO₂ associades al consum energètic en calefacció i refrigeració parc d'habitatges de Catalunya.

Per determinar les emissions de CO₂ associades a la demanda energètica del parc d'habitatges de Catalunya és necessari conèixer les fonts d'energia utilitzades per a cada ús. A la **Taula 3.4-9** s'indiquen els percentatges d'utilització de diferents fonts energètiques per a cada ús. (IDESCAT, 2010)

Taula 3.4-9 Fonts d'energia utilitzades per calefacció i refrigeració a Catalunya. Font: ICAEN i IDESCAT,2010

Font d'energia	Calefacció (%)	Refrigeració (%)
Carbó	2,0	0,0
Fusta	0,4	0,0
Butà	29,0	0,0
Gas-oil	12,0	0,0
Fuel	0,0	0,0
Propà	0,0	0,0
Gas Natural	29,0	0,0
Energia elèctrica	26,0	100,0
Total	100,0	100,0

També és necessari saber quina contribució té cada una d'aquestes fonts a les emissions de CO₂. Per avaluar aquest paràmetre s'han estimat els factors d'emissió associats a cada una de les fonts d'energia existents.

Taula 3.4-10 Factors d'emissió segons font energètica. Font: IPCC, EPA i IDAE.

Font d'energia	kg CO ₂ / kWh
Carbó	0,347
Butà	0,235
Gas-oil	0,264
Fuel	0,282
Propà	0,235
Gas Natural	0,202
Energia elèctrica ⁹	0,184
Energia solar	0

⁹ Segons mix energètic català. Font: (Álcantara, 2007)

D'aquesta forma es poden calcular les emissions de gasos mitjançant la següent equació:

$$Emissions = \sum C_{calefacció} \cdot g_i \cdot F_e + \sum C_{refrigeració} \cdot g_i \cdot F_e$$

Equació 3.4-1

On:

$C_{calefacció}$: Consum energètic en calefacció (kWh/any)

$C_{refrigeració}$: Consum energètic en refrigeració (kWh/any)

g_i : Grau d'ús (%)

F_e : Factor d'emissió (kg CO₂ / kWh)

De l'aplicació de l'equació anterior s'obté les emissions relacionades amb el consum de calefacció i refrigeració per a cada tipologia i cada zona climàtica.

Taula 3.4-11 Emissions de CO₂ associades al consum de calefacció i refrigeració del sector habitatge a Catalunya (kt CO₂/any). Escenari 0

Tipologia	ZC1	ZC2	ZC3	ZC4	TOTAL
T1 Casa rural pre-guerra	49	116	59	0	224
T2 Casc antic fins 40	73	71	29	0	174
T3 Eixample 40	174	0	0	0	174
T4 Casa post guerra	87	276	85	0	448
T5 Casa muntanya	0	0	0	43	43
T6 Postguerra ciutat	533	452	54	0	1039
T7 Edificis habitatges muntanya	0	0	0	47	47
T8 Adossada post 79	29	72	17	0	118
T9A Post 79	3	5	1	0	8
T9M Post 79	36	61	11	0	108
T10 Adossada post 87	49	89	26	0	164
T11A Post 87	10	10	2	0	22
T11M Post 87	129	145	27	0	302
TOTAL	1172	1298	312	90	2.871

Per tant, la calefacció i la refrigeració dels habitatges suposa a Catalunya, l'emissió de més de 2.800 kt de CO₂ cada any. Aquestes estimacions poden ser, fins i tot, superiors, ja que tant el parc d'edificis com el percentatge d'habitatges que disposen de sistema de refrigeració va en augment. A Catalunya, les emissions de CO₂ al 2005 van ser de 43.800 ktCO₂ (Álcantara, 2007), el Pla Energètic de Catalunya les situa a 41.457 ktCO₂ al 2003 (DTI, 2006), això vol dir que un 6,5 %, aproximadament, de les emissions de CO₂ es deuen al consum en calefacció i refrigeració dels habitatges.

Per determinar les emissions de CO₂ a Catalunya, Alcántara va utilitzar els balanços energètics de Catalunya que van ser facilitats per ICAEN pel període 1990 – 2005. Només es van tenir en compte les emissions vinculades al consum d'energia per usos energètics. Per altra banda, només es consideren les emissions de CO₂ relacionades amb el carbó, el petroli, els saldos importadors de derivats del petroli i el gas natural, donat la poca importància de la resta d'elements. Les emissions de CO₂ s'expliquen, principalment per l'ús d'energia fòssil. Malgrat això, no totes les fonts d'energia primària tenen els mateixos factors d'emissió, ni tampoc és igual l'eficiència en el seu ús i transformació. Els càlculs per arribar a les emissions globals es basen en la metodologia desenvolupada per Alcántara i Roca ((Alcántara, 1995) consistent en l'estimació de l'energia primària "arrossegada" pels consums finals d'energia i les emissions que implica aquesta energia primària. Per obtenir les estimacions de les emissions amb les dades dels balanços, a partir d'aquesta metodologia, s'han utilitzat els factors d'emissió publicats per IPCC (IPCC, 1996).

3.4.6 Escenaris de reducció de la demanda, el consum energètic i les emissions de CO₂.

Com s'ha dit anteriorment, hi ha 2 escenaris diferents que pretenen reduir les emissions de CO₂ reduint la demanda d'energia dels edificis. Totes aquestes mesures van en la direcció d'augmentar el grau d'exigència del valor límit permès de transmissivitat tèrmica tant dels tancaments opacs com els dels tancaments semitransparents.

Aquestes mesures són diferents a cada un dels escenaris plantejats perquè cada un d'ells contempla aspectes i limitacions energètiques diferents. Així doncs, a la següent taula es pot veure quins són els valors límits establerts per cada normativa i per tant, a cada escenari estudiat. Per a l'escenari CTE s'han assimilat les zones climàtiques a les que defineix el CTE. Així la ZC1 equival a una C2 (Barcelona), la ZC2 equival a una C2 (Girona), la ZC3 equival a D3 i la ZC4 a E1.

Taula 3.4-12 Valors límits de la U (W/m²K) segons zona climàtica i escenari.

ESCENARI	DEC	CTE			
Limitació	Totes les zones	ZC1	ZC2	ZC3	ZC4
Façana	0,70	0,73	0,73	0,66	0,57
Coberta	n/a	0,41	0,41	0,38	0,35
Mitgera	n/a	1,00	1,00	1,00	1,00
Divisió vertical interior	n/a	1,20	1,20	1,20	1,20
Forjat	n/a	1,20	1,20	1,20	1,20
Forjat terreny	n/a	0,50	0,50	0,49	0,48
Finestres	3,30	*	*	*	*
Elements d'ombra estacional.	totes	n/a	n/a	n/a	n/a

* : Per a les finestres de l'escenari CTE, el valor de U i el factor solar depèn a més de la zona climàtica, del percentatge de vidre i la orientació. Així doncs, els valors límit són els següents:

Taula 3.4-13 Valors límits de la U (W/m²K) segons zona climàtica i tipologia per l'escenari CTE.

Tipologia	ZC1	ZC2	ZC3	ZC4
T1	2,90 – 4,30	2,90 – 4,30	2,50 -3,50	2,60 – 3,10
T2				
T4				
T5				
T7				
T3	2,6 – 3,9	2,6 – 3,9	2,2 – 3,40	2,20 – 3,10
T6				
T8				
T9A				
T9M				

En quant al factor solar, cal dir que, per aquestes zones climàtiques i aquests percentatges de superfície de vidre respecte la superfície total de façana, no existeix cap valor límit. Tot i que per percentatges de vidre superiors a 40% en les zones climàtiques C2 (ZC1 i ZC2) i D3 (ZC3) sí que existeix limitació en el factor solar. Per E1 (ZC4) no hi ha limitació en cap cas.

DEC: Escenari on es compleixen els requisits energètics marcats pel Decret d'Ecoeficiència. (Generalitat de Catalunya, 2006)

CTE: Escenari on es compleixen els requisits energètics marcats pel Código Técnico de la Edificación(MITYC, 2006)

n/a: no aplica

Per a reduir el coeficient de transferència tèrmica (U) dels tancaments opacs s'afegirà una capa de material aïllant del gruix necessari per assolir els límits establerts per a cada escenari. El material que s'afegirà en tots els casos és Polièstirè XPS tipus IV que es caracteritza per:

Taula 3.4-14 Característiques del material aïllant.

POLIESTIRE XPS TIPUS IV		
Característica	Valor	Unitats
Conductivitat	0,034	W / m·K
Densitat	30	kg / m ²
Calor específic	1450	J / kg·K
Factor de resistència a la permeabilitat del vapor de l'aigua	60	

3.4.6.1 Potencial tècnic d'estalvi per a cada escenari

Aplicant les mesures correctores de minimització de demanda energètica exigides pels diferents escenaris a tots els habitatges de Catalunya s'obtenen els valors màxims de reducció de demanda energètica. Aquesta hipòtesis de rehabilitació de tots els habitatges de Catalunya correspon a un cas ideal i gens realista. S'ha realitzat el càlcul per determinar l'estalvi màxim que es podria aconseguir, obtenint així el potencial tècnic d'estalvi per a cada un dels escenaris.

Taula 3.4-15 Demanda energètica dels habitatges de Catalunya, aplicant les mesures d'estalvi dels diferents escenaris per a cada tipologia i zona climàtica.

Demanda energètica (GWh / any)								
Zona	Z1		Z2		Z3		Z4	
Tipol	DEC	CTE	DEC	CTE	DEC	CTE	DEC	CTE
T1	189	125	444	297	240	168	0	0
T2	267	211	256	199	115	94	0	0
T3	715	486	0	0	0	0	0	0
T4	366	259	1.115	795	361	284	0	0
T5	0	0	0	0	0	0	175	114
T6	2.197	1.853	1.789	1.471	228	198	0	0
T7	0	0	0	0	0	0	185	137
T8	107	104	338	290	83	82	0	0
T9A	12	12	20	19	4	4	0	0
T9M	160	151	249	238	51	49	0	0
T10	277	275	430	427	149	145	0	0
T11A	50	49	46	45	10	9	0	0
T11M	640	630	668	656	137	131	0	0
Total	4.981	4.155	5.357	4.438	1.379	1.163	360	251

A la **Figura 3.4-2** es presenten els resultats globals per a cada escenari diferenciant entre la demanda de calefacció i refrigeració.

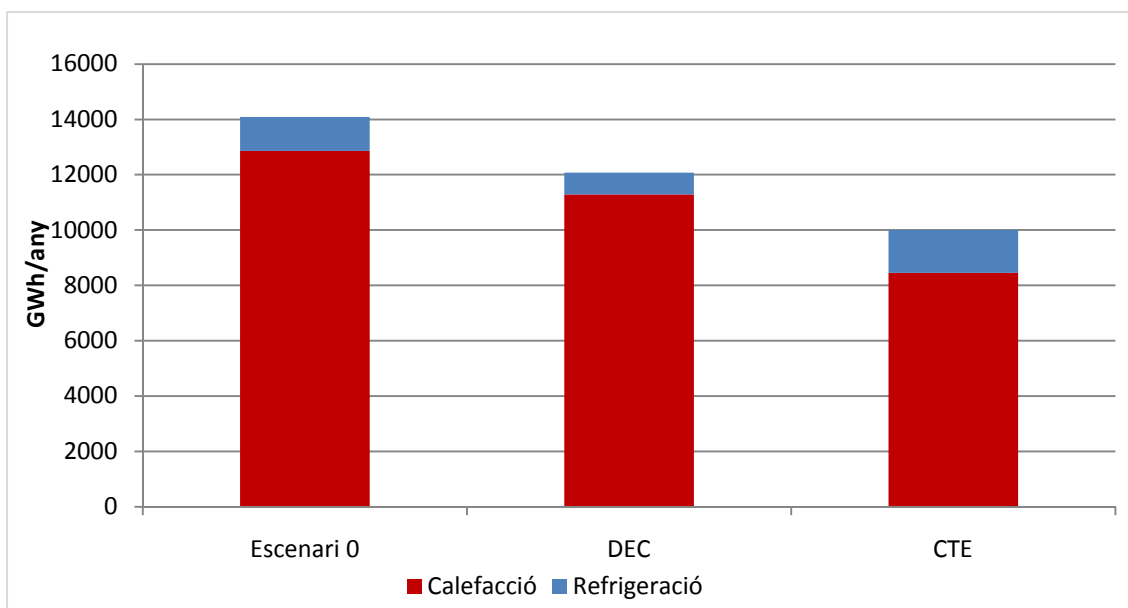


Figura 3.4-2 Demanda de calefacció i refrigeració global per a cada escenari.

Es pot veure com no es pot concloure que, en general, el Decret d'Ecoeficiència (DEC) sigui més restrictiu que el Código Técnico de la Edificación (CTE) ja que, si bé això és cert per refrigeració, no ho és per calefacció.

Els estalvis globals en demanda d'energia que es podrien arribar a assolir si tots els habitatges existents a Catalunya seguissin estrictament les normatives estudiades a cada escenari es poden veure a la següent taula.

Taula 3.4-16 Estalvi (%) de cada escenari respecte escenari 0. Any 2005

Escenari	Calefacció	Refrigeració	Total
DEC	12,2	35,5	14,3
CTE	34,3	-26,8	29,0

Com es pot observar, si es considera l'estalvi global el Código Técnico de la Edificación (CTE) és força millor en quant a estalvi obtingut que Decret d'Ecoeficiència (DEC).

Cal dir que, el CTE obté pitjors resultats en refrigeració perquè aquest, segons el percentatge de vidre d'aquestes tipologies i les zones climàtiques on estan situades, no limita el factor solar de les finestres, que redueixen molt la demanda energètica sobretot a l'estiu. Per altra banda, el fet que el DEC reguli el factor solar de les finestres a 0,35 durant tot l'any, fa que la demanda de calefacció augmenti, ja que els guanys solars són menors si el factor solar disminueix. Per tant, cal anar amb compte amb les proteccions solars, ja que, aquestes són positives per a la refrigeració però no per a la calefacció. A Catalunya, segons LIDER, la demanda en refrigeració és molt més baixa que la demanda en calefacció. Per tant, les mesures i accions per millorar la demanda en calefacció tindran un impacte més gran en l'estalvi global.

Taula 3.4-17 Estalvi global (%) de cada escenari respecte escenari 0, per zona climàtica. Any 2005

Escenari	ZC1	ZC2	ZC3	ZC4
DEC	14,9	13,5	15,4	13,0
CTE	29,0	28,3	28,6	39,4

En quant al consum, considerant les mateixes hipòtesis que en el càlcul del consum de l'escenari 0, els resultats es poden veure a la següent taula

Taula 3.4-18 Consum energètic dels habitatges de Catalunya, aplicant les mesures d'estalvi de cada escenari. (GWh/any)

	Calefacció	Refrigeració	Total
Escenari 0 2005	13.351	137	13.488
DEC	11.739	88	11.827
CTE	8.794	174	8.968

En quant a les emissions, considerant les mateixes hipòtesis que en el càlcul de les emissions de l'escenari 0, els resultats es poden veure a la següent taula

Taula 3.4-19 Emissions de CO₂ dels habitatges de Catalunya, aplicant les mesures d'estalvi de cada escenari. (kt CO₂/any)

	Calefacció	Refrigeració	Total
Escenari 0 2005	2.846	25	2.871
DEC	2.503	16	2.519
CTE	1.875	32	1.907

Per tant, el potencial tècnic d'estalvi en emissions és de:

- 358 ktCO₂/any per l'escenari DEC, és a dir, un 12.4% d'estalvi respecte les emissions a l'escenari 0.
- 970 kt CO₂/any per l'escenari CTE, és a dir, un 33.7% d'estalvi respecte les emissions a l'escenari 0.

3.4.6.2 Estalvi segons escenaris considerant 50.000 habitatges nous per any i un percentatge de rehabilitació del 2% anual fins al 2015.

La hipòtesi anterior correspon a un cas teòric i ideal. En aquest apartat es determinarà el percentatge d'estalvi que es podria aconseguir al 2015 tenint en compte unes hipòtesis de percentatge d'habitatges rehabilitats i d'augment d'habitatges de nova construcció.

Per a calcular la demanda energètica del parc d'habitatges de Catalunya de l'any 2015 es tenen en compte les següents consideracions:

El creixement d'habitatges a Catalunya és de 50.000 habitatges nous per any. Això suposa que des de l'any 2005 fins el 2015 hi ha un augment de 500.000 habitatges de les tipologies més modernes, és a dir T10 i T11, repartides per les quatre zones climàtiques en la mateixa proporció que els edificis existents. Els nous habitatges s'han construït sota les limitacions imposades pels 3 escenaris de l'estudi, a partir del 2007, any d'entrada en vigor de les diferents normatives.

Se suposa un procés de rehabilitació del 2% dels habitatges actuals a l'any. El procés de rehabilitació comença a l'any 2005, així hi ha 10 anys en els que s'ha produït rehabilitació, això suposa que per a l'any 2015 s'hauran rehabilitat un 20% dels habitatges del 2001. S'aplica la mateixa normativa tant als habitatges rehabilitats com els de nova construcció.

Així doncs, per a l'any 2015 la demanda energètica del parc d'habitatges de Catalunya seria el que es pot veure a la següent taula:

Taula 3.4-20 Demanda d'energia global (calefacció i refrigeració) del parc d'habitatges de Catalunya al 2015. (GWh/any)

Zona climàtica	ZC 1		ZC 2		ZC 3		ZC 4		TOTAL		
Tipologia	Cal	Ref	Cal	Ref	Cal	Ref	Cal	Ref	Cal	Ref	Total
Escenari 0 2005	5.246	605	5.818	374	1.385	244	414	0	12.863	1.223	14.086
Escenari 0 2015	5.935	734	6.754	455	1.594	296	414	0	14.697	1.484	16.181
DEC	5.785	621	6.579	427	1.550	283	408	0	14.322	1.331	15.652
CTE	5.526	775	6.331	477	1.481	300	381	0	13.719	1.552	15.271

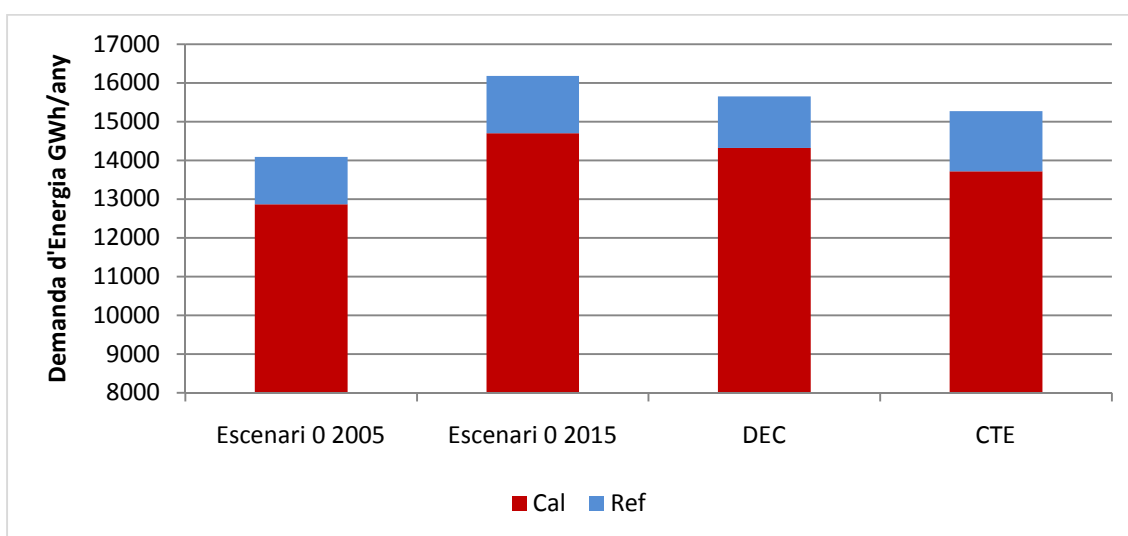


Figura 3.4-3 Demanda de calefacció i refrigeració global per a cada escenari. 2% de rehabilitacions per any i 50.000 habitatges nous per any.

Taula 3.4-21 Estalvi de cada escenari i zona climàtica respecte l'escenari 0. Any 2015. 2% de rehabilitacions per any i 50.000 habitatges nous per any. Resultat en %

Zona climàtica	ZC 1		ZC 2		ZC 3		ZC 4		TOTAL		
Tipologia	Cal	Ref	Cal	Ref	Cal	Ref	Cal	Ref	Cal	Ref	Total
Sense mesures	-13,1%	-21,2%	-16,1%	-21,4%	-15,1%	-21,4%	0,0%	-	-14,3%	-21,3%	-14,9%
DEC	2,5%	15,3%	2,6%	6,2%	2,8%	4,4%	1,6%	-	2,6%	10,3%	3,3%
CTE	6,9%	-5,7%	6,3%	-5,0%	7,1%	-1,4%	7,9%	-	6,7%	-4,6%	5,6%

L'escenari que implementa els límits del decret d'ecoeficiència és millor, en refrigeració, que el que presenta el Código Técnico de la Edificación (CTE). Si bé, l'estalvi en calefacció és superior en l'escenari CTE. Però, com el pes de la refrigeració és menor en la demanda global dels habitatges, el millor escenari és el que ofereix el compliment del CTE amb un 5,6% d'estalvi global. A més, es pot veure com l'augment d'habitatges del 2005 al 2015, sense cap mesura correctora de rehabilitació, suposa un augment a la demanda global d'un 15% respecte les emissions al 2005.

Per determinar el consum energètic es tindran en compte les mateixes consideracions que en el càlcul de consum de l'any 2005. A més, es tindrà en compte que el % d'equips de refrigeració augmenta anualment i per tant, es considera que fins al 2015, cada any augmenten els equips de fred un 5%.

Taula 3.4-22 Consum energètic en calefacció i refrigeració del parc d'habitatges de Catalunya al 2015 segons escenaris. (GWh/any)

Zona climàtica	ZC 1		ZC 2		ZC 3		ZC 4		TOTAL		
Tipologia	Cal	Ref	Cal	Ref	Cal	Ref	Cal	Ref	Cal	Ref	Total
Escenari 0 2005	5.438	68	6.051	42	1.441	27	422	0	13.351	137	13.488
Escenari 0 2015	6.173	229	7.024	142	1.658	92	431	0	15.286	463	15.749
DEC	6.017	194	6.842	133	1.612	88	424	0	14.895	415	15.310
CTE	5.747	242	6.585	149	1.540	93	397	0	14.268	484	14.752

El consum energètic és menor que la demanda perquè que no tots els habitatges disposen de sistema de fred. Segons dades de l'ICAEN al 2005, només el 28% d'habitatges disposaven d'aquests equips, per fer aquest càlcul, es considera que cada any augmenta un 5%, i per tant des del 2005 fins el 2015, augmentaria un 50%. Així doncs, el percentatge d'equips de fred instal·lats als habitatges de Catalunya arribaria al 2015 a un 78 %.

Taula 3.4-23 Estalvi de cada escenari i zona climàtica respecte l'escenari 0. Any 2015. (%)

Zona climàtica	ZC 1		ZC 2		ZC 3		ZC 4		TOTAL		
Tipologia	Cal	Ref	Cal	Ref	Cal	Ref	Cal	Ref	Cal	Ref	Total
Sense mesures	-13,5	-237,6	-16,1	-238,3	-15,1	-238,1	-2,1	-	-14,5	-237,9	-16,8
DEC	2,5	15,3	2,6	6,2	2,8	4,4	1,6	-	2,6	10,3	2,8
CTE	6,9	-5,7	6,3	-5,0	7,1	-1,4	7,9	-	6,7	-4,6	6,3

Segons les hipòtesis considerades de creació de nous habitatges, de percentatge de rehabilitació anual i d'augment del percentatge d'equips de refrigeració anual, l'estalvi aconseguit pels escenaris DEC i CTE són del 2,8 i del 6,3 % respectivament. També cal dir que l'aplicació de les mesures establertes a les dues normatives evita un augment en el consum d'un 17% aproximadament, degut a l'augment d'habitatges nous i a l'augment dels equips de fred instal·lats.

Segons les hipòtesis considerades, les emissions per a cada escenari són les següents:

Taula 3.4-24 Emissions de CO₂ degudes al consum en calefacció i refrigeració del parc d'habitatges de Catalunya al 2015 segons escenaris. (kt CO₂ /any)

Zona climàtica	ZC 1		ZC 2		ZC 3		ZC 4		TOTAL		
Tipologia	Cal	Ref	Cal	Ref	Cal	Ref	Cal	Ref	Cal	Ref	Total
Escenari 0 2005	1.159	12	1.290	8	307	5	90	0	2.846	25	2.871
Escenari 0 2015	1.316	42	1.498	26	353	17	92	0	3.259	85	3.344
DEC	1.283	36	1.459	24	344	16	90	0	3.175	76	3.252
CTE	1.225	45	1.404	27	328	17	85	0	3.042	89	3.131

Taula 3.4-25 Estalvi de cada escenari i zona climàtica respecte l'escenari 0. Any 2015.

Zona climàtica	ZC 1		ZC 2		ZC 3		ZC 4		TOTAL		
Tipologia	Cal	Ref	Cal	Ref	Cal	Ref	Cal	Ref	Cal	Ref	Total
Sense mesures	-13,5	-237,6	-16,1	-238,3	-15,1	-238,1	-2,1		-14,5	-237,9	-16,5
DEC	2,5	15,3	2,6	6,2	2,8	4,4	1,6		2,6	10,3	2,8
CTE	6,9	-5,7	6,3	-5,0	7,1	-1,4	7,9		6,7	-4,6	6,4

L'estalvi en emissions segueix la mateixa tendència que el consum. Els escenaris DEC i CTE tenen un estalvi global del 2,8 i del 6,4 % respectivament. Com s'ha dit anteriorment, el DEC dona més èmfasi a la refrigeració que el CTE, però com no tots els habitatges disposen d'equip de fred, l'estalvi associat al consum en refrigeració perd importància en l'estalvi global.

Dels resultats obtinguts es pot concloure que un augment de 500.000 habitatges i un augment en el percentatge d'equips de fred, sense tenir en compte les rehabilitacions, suposaria un augment de les emissions de CO₂ de d'un 16,5% aproximadament, respecte les emissions al 2005. Aquest percentatge es pot disminuir en un 2,8 o un 6,4% respectivament, si s'apliquen les mesures de rehabilitació seguint els requisits tèrmics del DEC i del CTE, respectivament.

Per tant, l'efecte de la rehabilitació és molt important, i des de l'administració s'hauria de promoure programes d'ajut per a incentivar les rehabilitacions dels habitatges existents.

Segons el Pla de l'energia de Catalunya 2006 - 2015, es preveu una reducció en el sector domèstic al 2015 de 660 ktCO₂/any. Això vol dir que, només amb la rehabilitació del 2% anual del edificis (des del 2005) i seguint els requisits normatius de:

- l'escenari DEC, es pot aconseguir una reducció de 92 kt CO₂/any, és a dir, un 14% de l'estalvi previst al Pla de l'energia de Catalunya 2006 – 2015 per l'any 2015.
- l'escenari CTE, es pot aconseguir una reducció de 213 kt CO₂/any, és a dir, un 32,3% de l'estalvi previst al Pla de l'energia de Catalunya 2006 – 2015 per l'any 2015

Cal recordar que l'àmbit territorial d'aquest estudi és Catalunya. Segons el Pla d'Acció 2008 – 2012 elaborat pel Govern Espanyol, les mesures relatives a la millora de l'envolupant dels edificis existents podria estalviar 1458 kt CO₂ a l'any 2012 a tot el territori espanyol. Tenint en compte, que es tracta de dos estudis diferents i que les hipòtesis considerades no tenen perquè coincidir, els resultats obtinguts són força coherents. Ja que 213 kt CO₂ estalviades a Catalunya, suposaria el 15 % del total estalviades a Espanya. I segons dades publicades, Catalunya representa el 14% del total de les emissions de gasos d'efecte hivernacle a Espanya (Nieto & Santamarta, 2003).

3.4.7 Impacte econòmic

La reducció de la demanda i el consum energètic implica un benefici ambiental i econòmic. Per una banda, la reducció de les emissions de diòxid de carboni associades al consum energètic i per l'altra, la reducció en les factures energètiques. Malgrat això, aquesta reducció de la demanda energètica s'aconsegueix millorant les característiques tèrmiques dels tancaments i de les finestres. Aquestes accions tenen un cost que s'haurà d'avaluar.

En aquest apartat s'ha tingut en compte els costos directes de la rehabilitació dels tancaments i finestres segons dades del banc de dades BEDEC de l'ITEC. (ITEC, 2010). El càlcul econòmic de l'aplicació de les mesures correctores per a cada escenari es calcula per a cada edifici tipus, segons les tipologies definides. A la següent taula es presenta la inversió que s'hauria de fer a cada habitatge. Aquest valor s'ha obtingut dividint el cost de la inversió per a tot l'edifici pel número d'habitatges de cada edifici.

Taula 3.4-26 Inversió per habitatge segons tipologia i escenari

TIPOLOGÍA	INVERSIÓ per habitatge (€)	
	CTE	DEC
T1 Casa rural pre-guerra	22.619	10.416
T2 Casc antic fins 40	5.286	3.625
T3 Eixample 40	9.799	7.146
T4 Casa post guerra	13.584	7.586
T5 Casa muntanya	15.562	9.297
T6 Postguerra ciutat	5.359	4.071
T7 Edificis habitatges muntanya	7.676	4.917
T8 Adossada post 79	11.210	7.383
T9A Post 79	6.488	3.909
T9M Post 79	5.114	2.214
T10 Adossada post 87	9.792	5.035
T11A Post 87	1.769	0
T11M Post 87	2.708	0

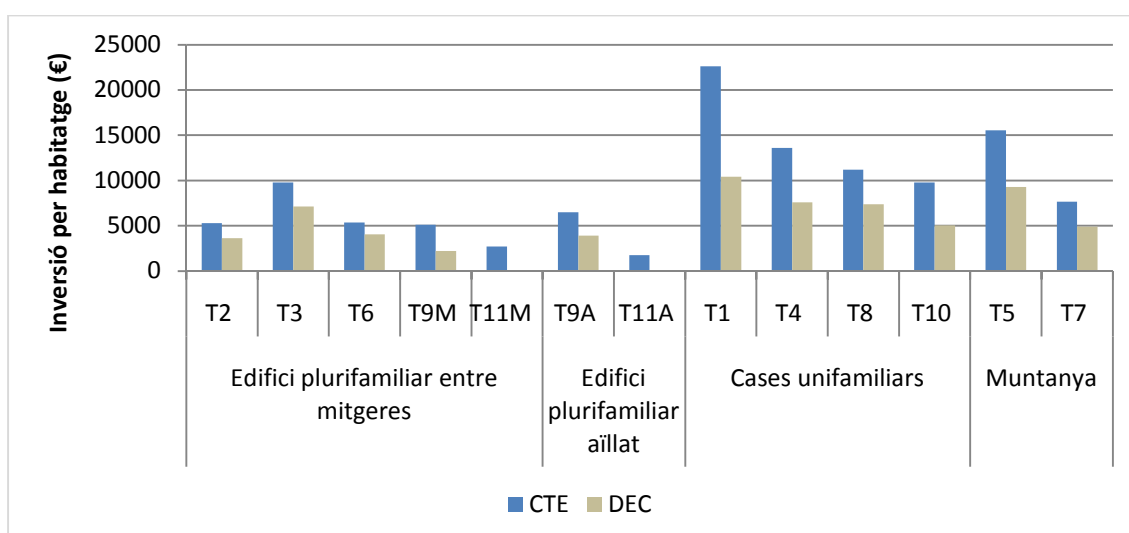


Figura 3.4-4 Inversió per habitatge segons tipologia i escenari normatiu.

Es pot veure que els habitatges que corresponen a edificis unifamiliars han de fer una inversió econòmica superior. Això és lògic ja que la superfície de la pell de l'edifici que correspon a cada habitatge és menor en el cas d'habitatges d'edificis plurifamiliars. A més el cost de la rehabilitació està repartit entre tots els habitatges.

També es pot veure que igual que l'estalvi aconseguit en termes de consum energètic i emissions és més alt per CTE, la inversió econòmica que suposa les mesures associades a l'escenari CTE també són sempre superiors a les del DEC, excepte pels edificis plurifamiliar aïllats més actuals (post normatives tèrmiques 79 i 87) degut a que aquestes tipologies, per totes les zones climàtiques excepte la 3 i la 4, pràcticament no necessiten més aïllament per complir amb la normativa CTE.

En termes globals, multiplicant pel número d'habitatges que es rehabilitarien fins el 2015 (20%), la inversió que s'hauria de realitzar en el global del parc d'edificis de Catalunya és:

Taula 3.4-27 Inversió per la rehabilitació del parc d'edificis de Catalunya fins el 2015

TIPOLOGÍA	INVERSIÓ ECONÒMICA (M€)	
	CTE	DEC
T1 Casa rural pre-guerra	440	203
T2 Casc antic fins 40	182	124
T3 Eixample 40	203	148
T4 Casa post guerra	587	328
T5 Casa muntanya	34	20
T6 Postguerra ciutat	1.256	954
T7 Edificis habitatges muntanya	28	18
T8 Adossada post 79	175	115
T9A Post 79	9	5
T9M Post 79	128	55
T10 Adossada post 87	320	99
T11A Post 87	7	0.0
T11M Post 87	214	0.0
TOTAL	3.582	2.071

De la taula anterior s'observa que si es rehabilitessin el 2% anual de tots els habitatges de Catalunya fins el 2015 i seguint els requisits normatius del CTE i del DEC caldria una inversió de:

- 3.600 M€ per aconseguir un estalvi en les emissions de 213 kt CO₂/any en el cas de l'escenari de CTE. Això vol dir un cost de 17 €/kg CO₂ estalviat si s'imputa tot el cost de la inversió en un any. Si es considera com a vida útil residual de l'edifici 40 anys, i es reparteix el cost de les mesures en aquests 40 anys, aleshores el cost seria 0.45 €/kg CO₂ estalviat.

- 2.070 M€ per aconseguir un estalvi en les emissions de 92 kt CO₂/any en el cas de l'escenari DEC. Això vol dir un cost de 22 €/kg CO₂ estalviat si s'imputa tot el cost de la inversió en un any. Si es considera com a vida útil residual de l'edifici 40 anys, i es reparteix el cost de les mesures en aquests 40 anys, aleshores el cost seria 0.55 €/kg CO₂ estalviat

Així doncs, si es compara la normativa estatal amb l'autonòmica, per aplicar el DEC es necessita un inversió inferior, però els nivells d'estalvi també són inferiors. A més, com s'ha vist el cost per estalviar un kg de CO₂ és superior si se segueix la normativa catalana.

A l'hora de dissenyar un edifici nou a Catalunya, l'arquitecte o enginyer responsable ha de tenir en compte les dues normatives per aplicar, a cada tancament, la que sigui més restrictiva.

3.5 Conclusions

Es conclou que, segons les hipòtesis considerades, les emissions globals de CO₂ del sector residencial a Catalunya degudes al consum energètic de la calefacció i refrigeració són 2.800 kt CO₂ /any segons el cens de 2005. Això vol dir un 6,5% de les emissions globals de diòxid de carboni a Catalunya. Segons bibliografia consultada (Álcantara, 2007) les emissions de CO₂ al 2005 van ser 43.800 kt. i 41.500 kt CO₂/any al 2003 (DTI, 2006).

En quant als escenaris de reducció d'emissions estudiats es pot concloure que:

- Si no s'aplica cap tipus de mesura en quant a la millora en la limitació de la demanda de calefacció i refrigeració, segons l'escenari tendencial al 2015, les emissions augmentaran un 16,5% respecte a les emissions de l'any base 2005.

Si es considera un ritme en la rehabilitació d'edificis existents d'un 2% anual del 2005 al 2015:

- El millor escenari en quant a reducció d'emissions és el nomenat escenari CTE, on es compleixen les limitacions imposades per la normativa estatal Código Técnico de la Edificación. Amb aquest escenari s'aconseguiria una reducció d'emissions del 6.4 % respecte les emissions que es produirien al 2015 sense portar a terme cap mesura de rehabilitació d'edificis. La inversió global en tot el parc d'edificis de Catalunya seria igual a 3.600 M€ (0.45 €/kg CO₂ estalviat / any considerant un temps de vida útil residual de l'edifici igual a 40 anys). L'estalvi en emissions suposaria un 32,3% de les reduccions previstes en el Pla de l'Energia de Catalunya pel 2015 per al sector domèstic (DTI, 2006).
- L'escenari DEC, corresponent al compliment de les limitacions establertes a la normativa autonòmica, Decret d'Ecoeficiència, aconseguix un estalvi d'un 2,8 % en emissions, respecte les emissions que es produirien al 2015 sense portar a terme cap mesura de rehabilitació d'edificis. La inversió global en tot el parc d'edificis de Catalunya seria de 2.070 M€ (0.55 €/kg CO₂ estalviat /any considerant un temps de vida útil residual de l'edifici igual a 40 anys). L'estalvi en emissions suposaria un 14 % de les reduccions previstes en el Pla de l'Energia de Catalunya pel 2011 per al sector domèstic (DTI, 2006).

Així doncs, l'escenari CTE és, en essència, més restrictiu que el DEC de forma global. Tot i que DEC és més restrictiu en refrigeració.

La diferència en l'ordre d'estalvi aconseguït dels diferents escenaris si es considera la demanda o el consum ve donat, bàsicament, a que no tots els edificis existents disposen de sistema de refrigeració. Per aquest motiu el consum associat a la refrigeració disminueix i per tant, l'escenari DEC perd importància. A més, en l'escenari DEC, la limitació del factor solar de les finestres a 0,35 durant tot l'any, això fa augmentar la demanda en calefacció perquè disminueixen els guanys solars.

En quant l'estalvi global en emissions que es podria aconseguir si tots els edificis existents complissin les limitacions establertes pels escenaris estudiats, aquest podria arribar al 33,7% en l'escenari CTE. Segons l'escenari DEC es podria arribar a un 12,5%. Aquests percentatges d'estalvi correspon al potencial teòric d'estalvi del sector residencial a Catalunya.

4 Estalvi energètic de les mesures d'eficiència en l'edificació

4.1 Introducció

Segons el capítol anterior, el potencial d'estalvi en emissions de CO₂ dels edificis a Catalunya pot arribar fins a un 33.7% en el cas que tots els edificis complissin amb els requeriments de la normativa estatal, CTE. Però per arribar a aquest compliment, s'han d'aplicar diferents mesures com, per exemple, disminuir la transmitància tèrmica dels tancaments exteriors i/o interiors. Les mesures a aplicar són diferents en funció de la tipologia d'edifici i de la normativa.

En aquest capítol es vol determinar quines d'aquestes mesures són les més eficients. És a dir, s'estudiaran cada una d'aquestes mesures per a cada tipologia d'edifici per separat i s'analitzarà quines són les mesures més importants o prioritàries en funció de la tipologia i quin és el cost econòmic associat a cada una d'elles.

4.2 Objectius

L'objectiu principal d'aquest capítol és proporcionar elements per orientar a l'elaboració de polítiques destinades a recolzar la implementació de mesures d'estalvi energètic en edificis. Aquestes polítiques haurien d'estar orientades, principalment, a la subvenció de mesures que millorin la demanda energètica de l'edifici. El que es pretén és, en primer lloc, establir un ordre de prioritats en quant a les tipologies que poden aconseguir un estalvi major amb un cost raonable. En segon lloc, es vol establir un ordre de prioritats en quant a les mesures d'estalvi pròpiament.

Un altre dels objectius d'aquest capítol és proporcionar elements per modificar, si es considera oportú, els requisits normatius considerats a les normatives estatal i autonòmica relativa a la limitació de demanda energètica dels edificis en funció de l'eficiència d'aquests requisits.

Per aconseguir aquests objectius, s'haurà d'analitzar l'estalvi en la demanda energètica de calefacció i refrigeració dels edificis, aconseguit per cada una de les accions d'estalvi realitzades.

Amb aquests resultats es definirà un tercer escenari (EFIC) on només es consideraran les accions que comportin no només un major estalvi sinó també a un cost més raonable. Així s'establiran les accions prioritàries a l'hora de portar a terme la rehabilitació d'un edifici en termes de cost-eficiència. Cal aclarir que, en aquesta tesi, quan es parla de rehabilitació només es fa referència a l'envolupant tèrmica i tancaments interiors de l'edifici.

4.3 Metodologia

L'estudi es realitzarà sobre les mateixes tipologies d'edificis i les zones climàtiques definides al capítol anterior. En aquest cas, només s'avaluarà la demanda de calefacció i refrigeració amb el software LIDER.

En quant a l'estudi dels diferents escenaris, també corresponen amb els escenaris definits al capítol anterior basats en les normatives estatals (CTE), catalana (DEC) i s'inclou un nou escenari, escenari eficient (EFIC), que millora els dos anteriors. Es pren com a base l'escenari 0, que correspon a la situació actual (2005).

Els tres escenaris plantejats exigeixen valors límit del coeficient mig de transferència tèrmica ($[U_m]=W/m^2K$), que han de complir els tancaments de l'edifici, així com les obertures, per aconseguir una reducció de la demanda d'energia.

Tal i com es va explicar en el capítol anterior, les mesures dels diferents escenaris estudiats es basen en la reducció de la demanda energètica reduint els valors del coeficient de transmitància tèrmica, U_m . Això s'aconsegueix afegint o augmentant el gruix d'aïllament tèrmic per assegurar els coeficients de transmitància tèrmica desitjats.

A efectes de reducció de la demanda, i també pel càlcul econòmic, s'ha considerat que la disminució del U_m s'aconsegueix afegint material aïllant en el cas dels tancaments, i canviant el tipus de vidre, en el cas de les obertures. S'ha simulat cada una de les tipologies estudiades per a cada zona climàtica i per a cada mesura concreta, segons les exigències de cada escenari. En total s'han analitzat 347 simulacions.

A més, s'ha calculat el cost de cada una de les mesures i s'ha determinat l'indicador EEC (Energia Estalviada - Cost) que és la relació que hi ha entre l'estalvi aconseguit per cada mesura en relació al cost de la mateixa. Es calcula els kWh anuals de demanda estalviats per a cada mesura amb 100 € d'inversió:

$$EEC_i = \frac{\text{Demanda estalviada} \left(\frac{kWh}{any} \right)}{\text{cost} (\text{€})} \cdot 100 \text{ €}$$

Equació 4.3-1

Per normalitzar aquest indicador i que la suma de tots els EEC_i sigui igual al EEC_{global} , caldrà trobar el pes percentual de cada EEC_i en el global i multiplicar-lo pel EEC_{global} .

$$EEC_g = \frac{\frac{\text{Demanda estalviada} \left(\frac{kWh}{any} \right)_i}{\text{cost} (\text{€})_i}}{\sum \left(\frac{\text{Demanda estalviada} \left(\frac{kWh}{any} \right)_i}{\text{cost} (\text{€})_i} \right)} \cdot \frac{\text{Demanda estalviada}_{global}}{\text{cost}_{global}} \cdot 100 \text{ €}$$

Equació 4.3-2

Així es pot fer una escala de prioritat en l'elecció de les mesures d'eficiència. Amb aquests valors per totes les tipologies i per cada escenari, es triaran les mesures més eficients, que són les que definiran l'escenari EFIC.

L'escala de l'indicador EEC per decidir si una mesura és eficient o no, és a dir, per decidir si serà una de les mesures a incloure a l'escenari EFIC, s'ha determinat segons la següent metodologia. Es calcularà el valor de EEC promig per a cada mesura tenint en compte totes les tipologies, fent un mitja ponderada en funció del número d'habitatges per tipologia.

Es determinarà el EEC màxim i el mínim de totes les mesures i se li atorgarà la puntuació de 10 i 0 respectivament. Una mesura es considerarà eficient si rep una puntuació igual o superior a 5. Per tant, caldrà interpolar els altres valors de EEC per calcular la puntuació rebuda i decidir si són mesures eficients o no.

Per acabar l'estudi econòmic és calcula el temps de retorn. Considerant un taxa d'inflació del 4%, s'ha calculat el temps necessari perquè la TIR (Taxa Interna de Retorn) per a cada tipologia i zona climàtica sigui igual a 0. S'ha tingut en compte el cost de la rehabilitació i l'estalvi anual en € estalviats per la reducció de la demanda, i per tant, del consum.

Finalment, es determinaran els estalvis aconseguits amb aquest tercer escenari d'eficiència i es compararan els resultats amb els obtinguts amb els altres dos escenaris normatius.

Per fer el desenvolupament d'aquest capítol de forma seqüencial, es presentaran els resultats en el mateix ordre en el que es van fer les simulacions, primer l'escenari CTE, després l'escenari DEC i posteriorment, s'analitzaran els resultats i definiran les mesures a seguir en l'escenari EFIC. Per últim, es presentaran els resultats d'aquest escenari d'eficiència i es farà l'anàlisi comparatiu dels tres escenaris, CTE, DEC i EFIC.

Per fer l'estudi econòmic es pren com a font el banc de dades BEDEC de l'ITEC. S'ha tingut en compte els costos directes de la instal·lació de l'aïllament, és a dir, no només el preu del material sinó també tots els costos relacionats amb la seva instal·lació. Així el preu és la suma d'un terme fix que fa referència als treballs i materials necessaris per a la rehabilitació del tancament en qüestió per poder instal·lar l'aïllament i un preu variable en funció del gruix de l'aïllament que sigui necessari en cada cas.

A l'Annex A.2 es troben les taules on s'indiquen els preus i els codis corresponents al banc BEDEC on es pot consultar la justificació del preu.

En aquest mateix annex es pot consultar la superfície de cada tancament i el gruix d'aïllament necessari per cada tancament de cada tipologia d'edifici i per cada escenari i zona climàtica.

4.4 Resultats i discussió

Cal dir que cada tipologia s'ha simulat per totes les zones climàtiques però amb l'objectiu de facilitar al lector la comprensió d'aquesta tesi i no marejar-lo amb moltes gràfiques, aquí es presenten els resultats segons la mitja ponderada per número d'habitatges de cada zona climàtica.

Una mateixa mesura pot tenir resultats diferents per calefacció i per refrigeració. Per aquest motiu, es presentaran els resultats sobre l'estalvi de forma separada per calefacció i per refrigeració, així com l'estalvi global.

Tots els resultats es presenten en base a la demanda de calefacció i/o refrigeració per habitatge i no per m². S'ha decidit agafar com a base un habitatge per poder realitzar l'anàlisi econòmic. Caldrà avaluar l'estalvi econòmic aconseguit per cada habitatge i també els costos d'instal·lació de les diferents mesures proposades. Avaluant l'estalvi en demanda i en cost per habitatge és poden comparar diferents tipologies d'habitatges.

4.4.1 Escenari CTE.

4.4.1.1 Reducció en la demanda de calefacció i refrigeració

A la següent figura es pot veure el resultat obtingut si es fa una mitja ponderada del percentatge d'estalvi en la demanda de calefacció en funció del percentatge d'habitatges que hi ha a cada zona climàtica.

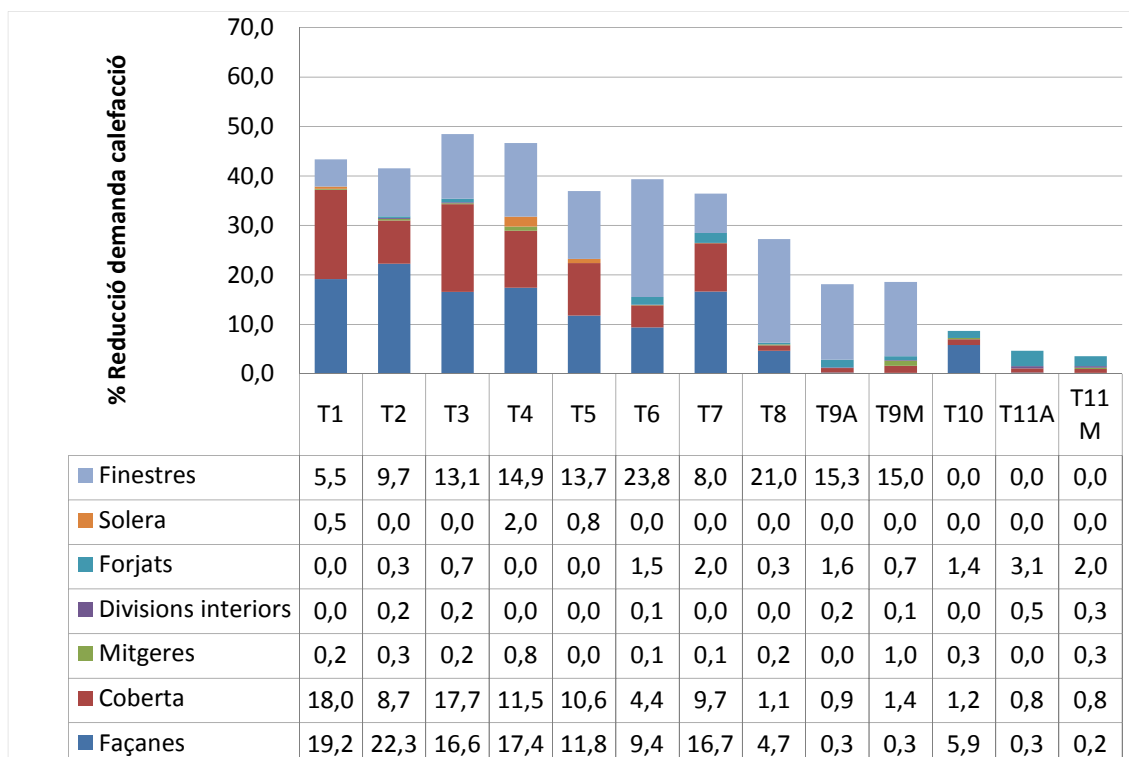


Figura 4.4-1 Percentatge de reducció de la demanda de calefacció per tipologies, i mesures. Mitja ponderada segons el número d'habitatges per zona climàtica. Escenari CTE.

El percentatge d'estalvi té tendència a anar baixant a mesura que les tipologies són més actuals. Els resultats obtinguts, en quant al percentatge d'estalvi per a la demanda de calefacció considerant totes les zones climàtiques, ens indiquen que no totes les mesures impliquen el mateix percentatge d'estalvi. Per exemple, l'aïllament de les mitgeres i divisions interiors no tenen pràcticament incidència en l'estalvi global de l'edifici.

Per contra, l'aïllament de façanes, cobertes i la millora de les finestres són les mesures que suposen un major percentatge d'estalvi.

Evidentment, l'estalvi global aconseguit és menor en les tipologies més modernes. Cal dir que en aquestes tipologies (T11A i T11M) no ha calgut fer canvi de finestres perquè les finestres en l'escenari 0 ja tenien una U molt similar a la que marca la normativa.

Si es representen en un gràfic els resultats en quant a kWh estalviats en la demanda de calefacció s'obté que, les tipologies que estalvien més energia en calefacció gràcies a l'augment de l'aïllament dels diferents tancaments i la millora de les finestres són les de muntanya, T5 i T7, i també les cases unifamiliars més antigues T1 i T4. És a dir, en valor absolut de demanda (kWh/any), les tipologies amb més demanda també són les que poden arribar a estalviar més. Cal dir que les tipologies que corresponen a habitatges unifamiliars tenen una superfície superior que la dels habitatges plurifamiliars, així la demanda global és més alta, malgrat la demanda específica (kWh/m²/any) sigui similar.

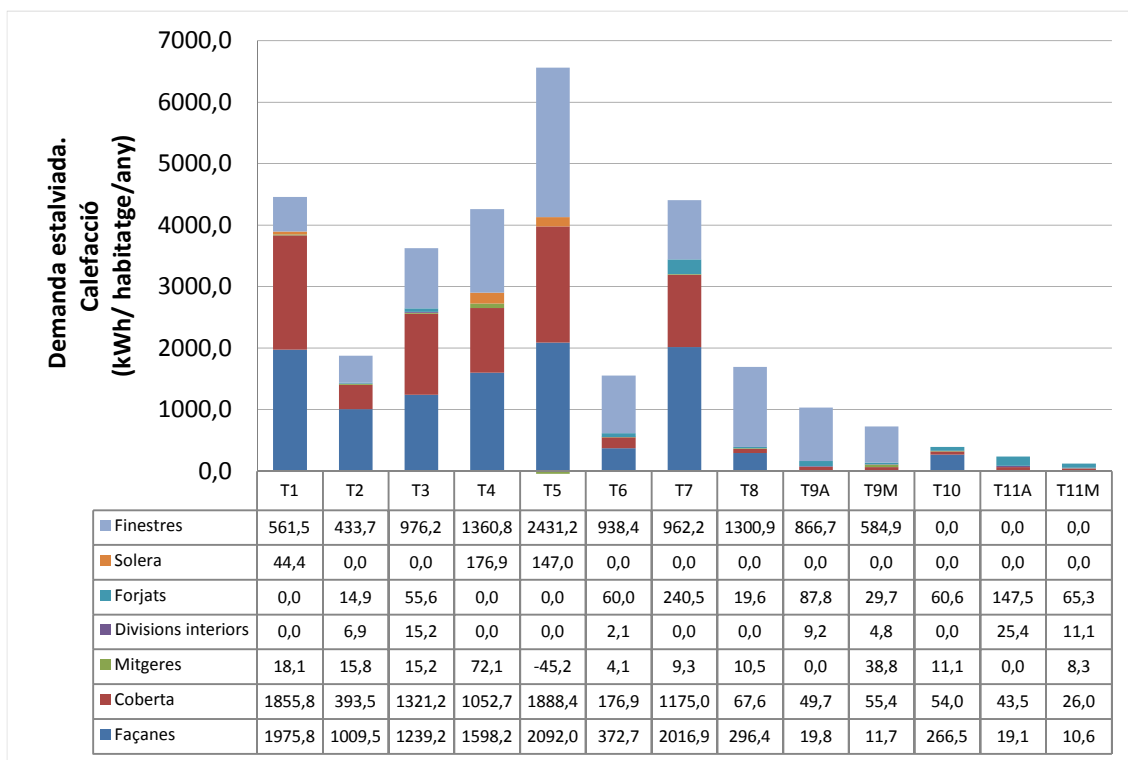


Figura 4.4-2 Energia estalviada en la demanda de calefacció per tipologies, i mesures. Mitja ponderada segons el nombre d'habitatges per zona climàtica. Escenari CTE.

En qualsevol cas, es presentin els resultats com a percentatge d'estalvi o demanda estalviada, es pot veure com les mesures que estalvien més energia en calefacció són l'aïllament de façanes, cobertes i la millora de finestres.

A continuació es presenten els resultats globals per refrigeració.

A la següent figura es pot veure el resultat obtingut si es fa una mitja ponderada dels estalvis aconseguits per la refrigeració en funció del percentatge d'habitatges que hi ha a cada zona climàtica.

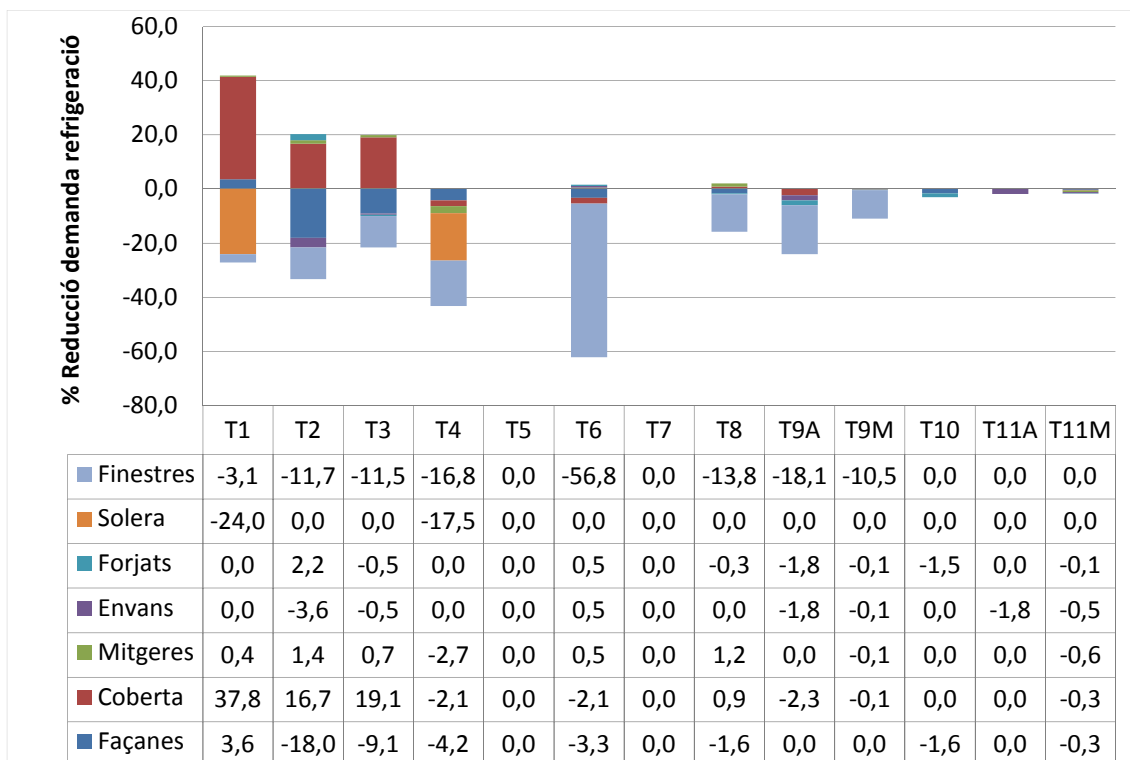


Figura 4.4-3 Percentatge de reducció de la demanda de refrigeració per tipologies, i mesures. Mitja ponderada segons el número d'habitatges per zona climàtica. Escenari CTE.

En el cas de la refrigeració, s'observa que, fins i tot, algunes de les mesures són contraproduents per aconseguir un estalvi en la demanda de refrigeració. De fet, només l'aïllament de coberta implica un estalvi en refrigeració considerable en les tipologies més antigues.

L'augment de l'aïllament implica que la transferència de calor entre l'interior i l'exterior és menor. Això a l'hivern és del tot positiu per tal de disminuir les pèrdues tèrmiques de l'edifici. Però, en períodes d'estiu, la possibilitat d'evacuar la calor de l'interior també és menor.

En qualsevol cas, segons LIDER, la demanda de refrigeració per les zones climàtiques estudiades és molt baixa, això fa que si es considera l'estalvi global les mesures aplicades per reduir la demanda global tenen un efecte positiu.

De forma anàloga a com s'ha fet per calefacció, a continuació es representen en un gràfic els resultats en quant a kWh estalviats en la demanda de refrigeració.

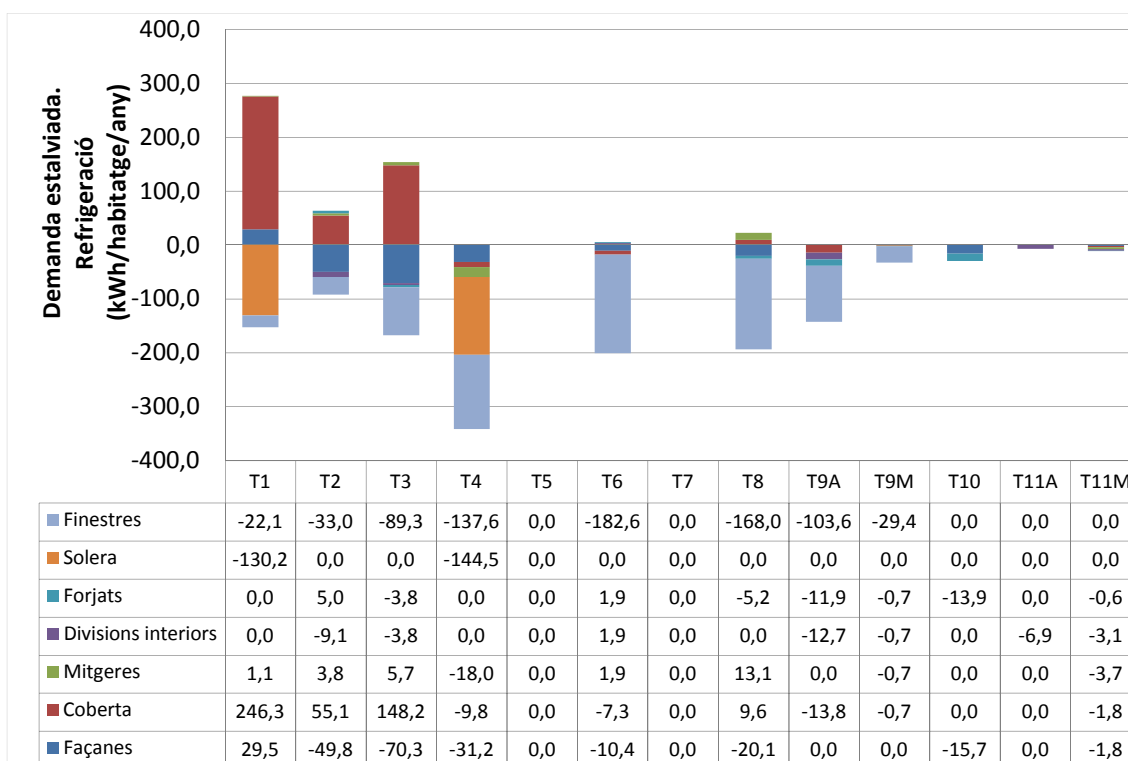


Figura 4.4-4 Energia estalviada en la demanda de refrigeració per tipologies, i mesures. Mitja ponderada segons el número d'habitatges per zona climàtica. Escenari CTE.

En aquest cas les úniques tipologies amb estalvi net positiu són les tipologies T1 i T3, gràcies a l'aïllament de coberta. Les tipologies de muntanya no tenen demanda en refrigeració.

A continuació es presenten els resultats globals per la demanda de calefacció i refrigeració.

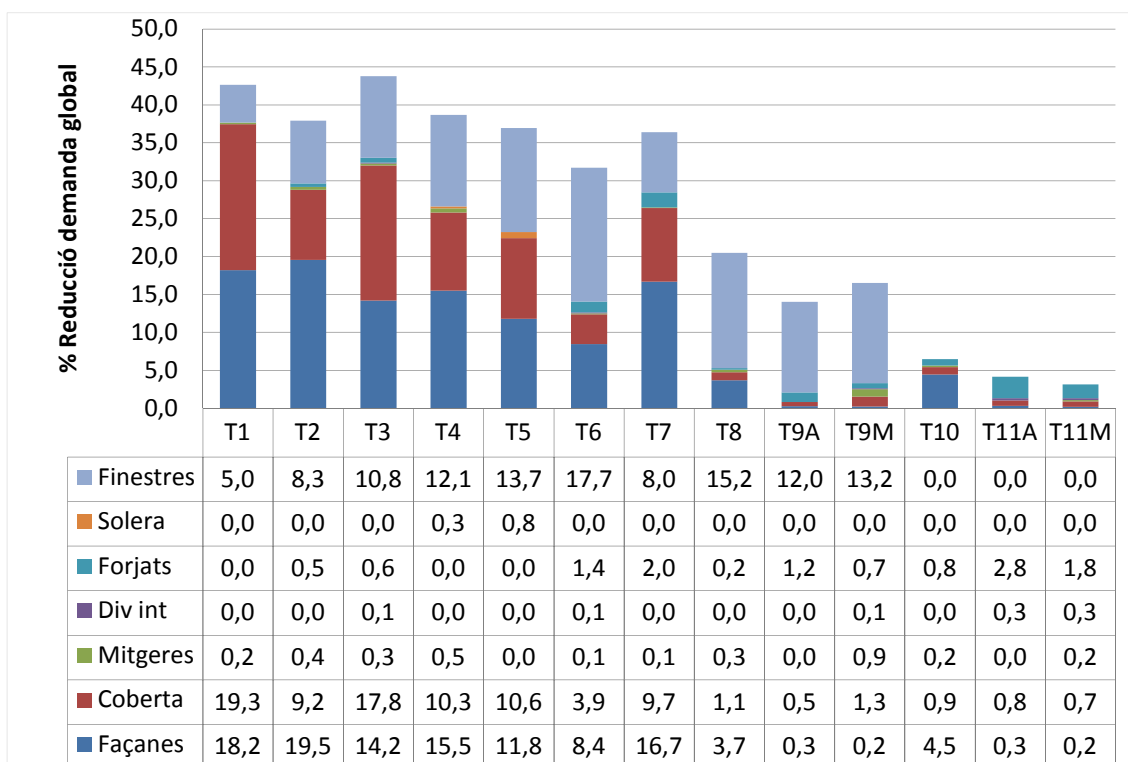


Figura 4.4-5 Percentatge de reducció de la demanda global per tipologies, i mesures. Mitja ponderada segons el número d'habitatges per zona climàtica. Escenari CTE.

L'estalvi global de totes les mesures sempre és positiu o nul i com s'ha dit anteriorment, les mesures més eficients des d'un punt de vista d'estalvi coincideixen amb les d'estalvi en calefacció, ja que és aquest l'ús majoritari. Per tant, les mesures que estalvien més kWh són:

- l'aïllament de façana
- l'aïllament de coberta
- la millora de finestres

Es pot arribar en el cas de les tipologies més antigues, les que corresponen al període de construcció abans de l'entrada en vigor de la normativa tèrmica del 79 (T1 a T7), a estalvis entre un 30 i un 45% en la demanda global de calefacció i refrigeració.

En quant als kWh estalviats en la demanda global per tipologia, els resultats són força similars als de calefacció, ja que com s'ha dit anteriorment, la demanda de refrigeració és molt inferior a la de calefacció.

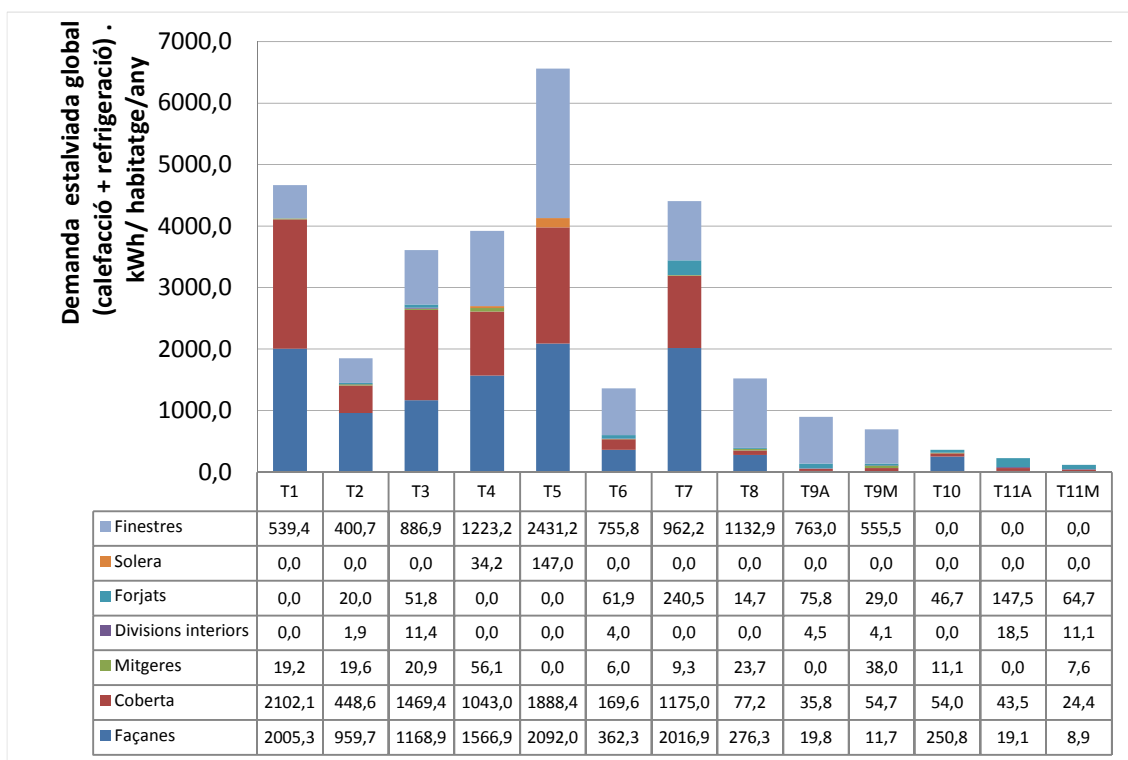


Figura 4.4-6 Energia estalviada en la demanda global per tipologies, i mesures. Mitja ponderada segons el número d'habitatges per zona climàtica. Escenari CTE.

4.4.1.2 Estudi econòmic

Per fer l'estudi econòmic es pren com a font el banc de dades BEDEC de l'ITEC. S'ha tingut en compte els costos directes de la instal·lació de l'aïllament, és a dir, no només el preu del material sinó també tots els costos relacionats amb la seva instal·lació.

A l'Annex A.2 es troben les taules on s'indiquen els preus i els codis corresponents al banc BEDEC on es pot consultar la justificació del preu. En aquest mateix annex es pot consultar la superfície de cada tancament i el gruix d'aïllament necessari per cada tancament de cada tipologia d'edifici i per cada escenari i zona climàtica.

A continuació es presenten els costos associats a l'aplicació de cada mesura.

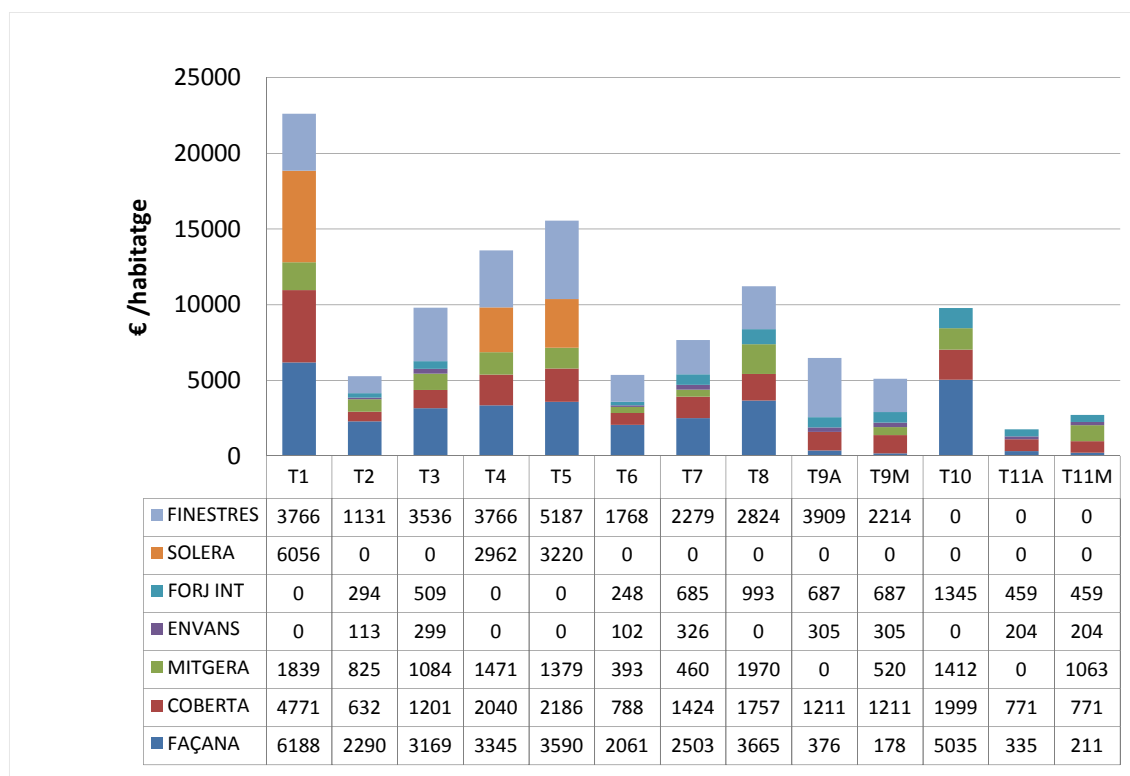


Figura 4.4-7 Inversió per habitatge per a cada tipologia d'edifici. Mitja ponderada en funció del número d'habitatge per zona climàtica. Escenari CTE.

Si s'agrupen les diferents tipologies d'edificis en: habitatges plurifamiliars entre mitgeres, habitatges plurifamiliars aïllats, cases unifamiliars, habitatges muntanya, aleshores la gràfica anterior seria:

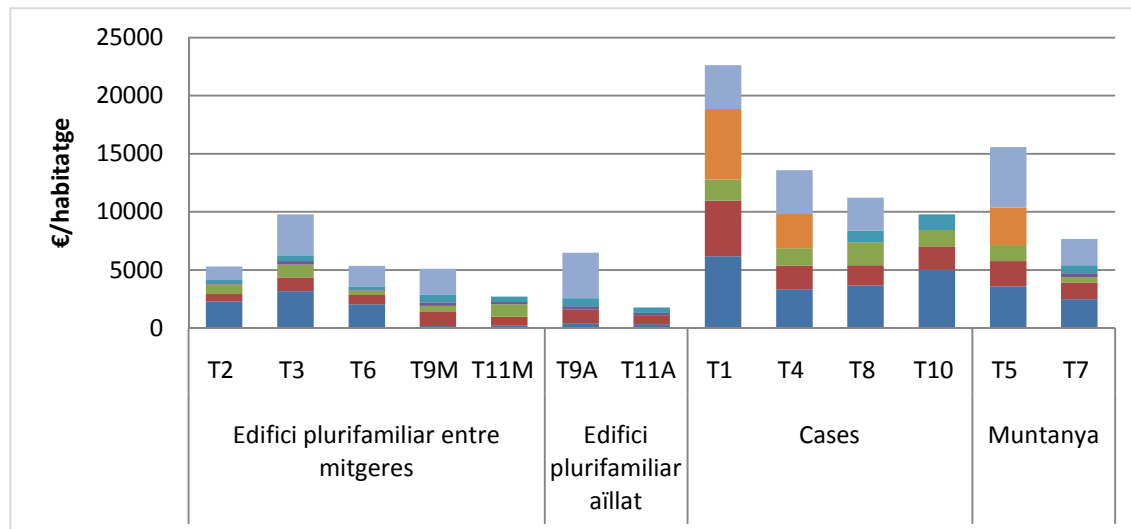


Figura 4.4-8 Inversió per habitatge agrupats per tipologia d'edifici similar. Mitjana ponderada en funció del nombre d'habitatges per zona climàtica. Escenari CTE.

Tal i com es va comentar en el capítol anterior, el cost associat als habitatges unifamiliars són molt superiors als habitatges en edificis plurifamiliars. Aquest cost disminueix a mesura que les tipologies són més actuals.

En qualsevol cas, es pot veure com la inversió en l'aïllament de soleres¹⁰ i mitgeres no és menyspreable, però com s'ha vist anteriorment no impliquen un estalvi energètic significatiu.

Així les mesures més costoses són: canvi de finestres, aïllament de façanes, soleres, cobertes i mitgeres.

L'ordre depèn de la tipologia d'edifici, però en general es pot dir que l'ordre seria:

- Per habitatges unifamiliars: façana, solera (si n'hi ha), coberta, finestres i mitgeres
- Per habitatges plurifamiliars entre mitgeres: façana, canvi de finestres, coberta i mitgeres
- Per habitatges aïllats: canvi de finestres i coberta (ja que són tipologies força actuals on no cal afegir gaire o gens d'aïllant a les façanes)
- Per habitatges de muntanya: canvi de finestres i façana, solera (si n'hi ha), coberta i mitgera.

El cost associat als tancaments interiors (que separen espais condicionats i no condicionats) són força inferiors al que suposa l'aïllament de la resta de tancaments i al canvi de finestres, en la majoria de tipologies.

Així doncs, es pot veure com no existeix una relació directa entre el grau d'estalvi i el cost associat a cada mesura. Per aquest motiu es defineix l'indicador EEC (Energia estalviada - Cost).

¹⁰ Per aquelles tipologies que en tenen, és a dir, aquelles on el forjat en contacte amb el terreny està en contacte amb un espai condicionat.

Els resultats obtinguts es poden veure al següent gràfic:

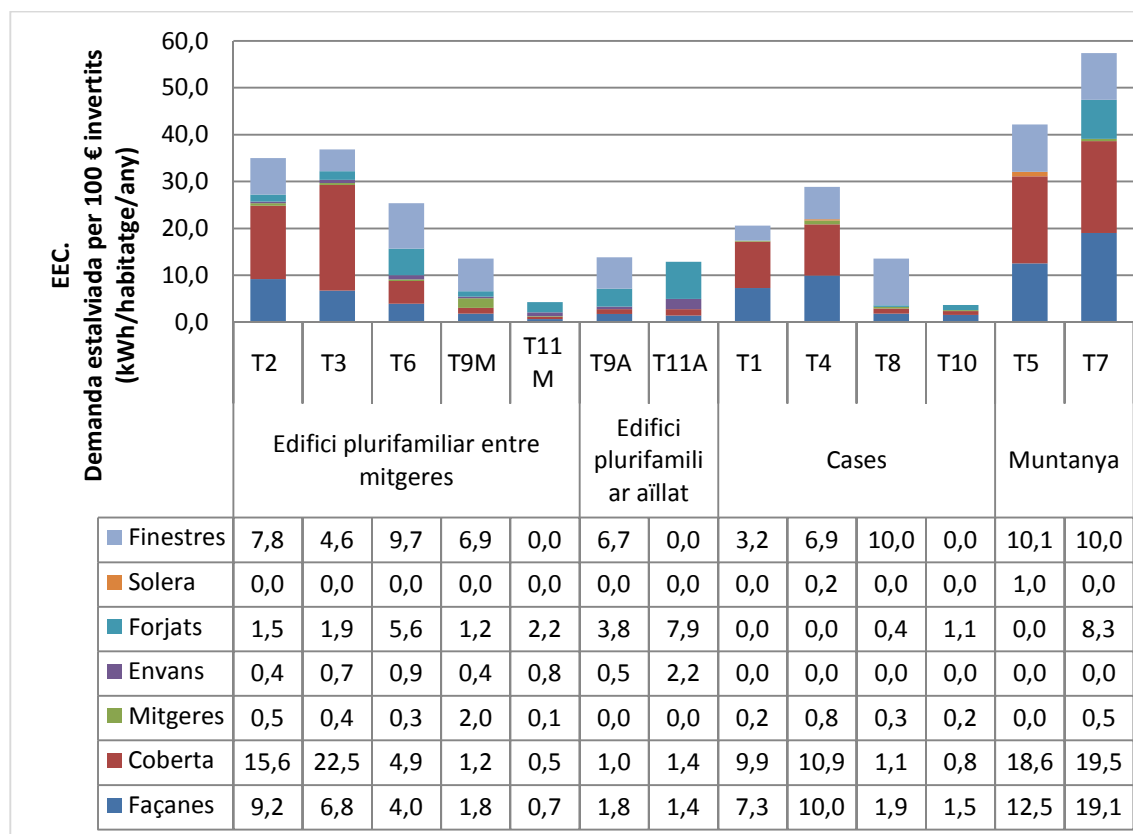


Figura 4.4-9 Indicador EEC normalitzat per cada mesura i tipologia edifici. Mitja ponderada segons número d'habitatges per zona climàtica. Escenari CTE

Si el que es vol és prioritzar les tipologies que han de rebre ajuts per a la seva rehabilitació, l'ordre segons el seu EEC global és el següent:

Taula 4.4-1 Valors de EEC global per tipologia.

	Tipologia	EEC (kWh estalviats per 100€ invertits)
Habitatges muntanya	T7	57,4
	T5	42,1
Habitatges construïts abans normativa 79	T3	36,8
	T2	35,0
	T4	28,9
	T6	25,4
	T1	20,6
	T11A	15,2
Habitatges plurifamiliar aïllats construïts després de les normatives 79 i 87	T9A	13,9
	T9M	13,6
Habitatges entre mitgeres i unifamiliars post – normativa 79	T8	13,6
	T11M	4,7
Habitatges entre mitgeres i unifamiliars post – normativa 87	T10	3,9

Les tipologies on les accions de millora suposen un estalvi superior són les tipologies situades a zones climàtiques amb severitat d'hivern més alta (T5 i T7). En segon lloc, les tipologies més antigues construïdes abans de l'aparició de la normativa tèrmica del 79. Dintre d'aquest grup, resulta més eficient invertir en les tipologies plurifamiliars més antigues (T3 i T2).

Els tres últims grups corresponen als habitatges construïts després de la normativa del 79 i del 87. En aquests grups és més eficient invertir en les tipologies aïllades.

Si el que es vol és prioritzar les accions que s'hauran de fer sobre cada tipologia per a la seva rehabilitació, cal analitzar el EEC de cada mesura per a cada tipologia. A la següent taula es mostra l'ordre de prioritats de les accions de millora en funció del valor de l'indicador EEC_i de cada mesura. El color més vermell significa la prioritats més alta i el verd la més baixa.

Taula 4.4-2 Valors de EEC_i promig per a cada mesura per ordre de prioritats. Escenari CTE

	Façanes	Coberta	Mitgeres	Divisions interiors	Forjats	Solera	Finestres
T1	7,3	9,9	0,2	0,0	0,0	0,0	3,2
T2	9,2	15,6	0,5	0,4	1,5	0,0	7,8
T3	6,8	22,5	0,4	0,7	1,9	0,0	4,6
T4	10,0	10,9	0,8	0,0	0,0	0,2	6,9
T5	12,5	18,6	0,0	0,0	0,0	1,0	10,1
T6	4,0	4,9	0,3	0,9	5,6	0,0	9,7
T7	19,1	19,5	0,5	0,0	8,3	0,0	10,0
T8	1,9	1,1	0,3	0,0	0,4	0,0	10,0
T9A	1,8	1,0	0,0	0,5	3,8	0,0	6,7
T9M	1,8	1,2	2,0	0,4	1,2	0,0	6,9
T10	1,7	0,9	0,2	0,0	1,1	0,0	0,0
T11A	1,6	1,8	0,0	3,2	8,7	0,0	0,0
T11M	0,7	0,5	0,1	1,0	2,4	0,0	0,0

Es pot veure com per les tipologies més antigues de la T1 a la T7, excepte la T6, la prioritats més alta és per l'aïllament de coberta, seguit per l'aïllament de façanes i la millora de finestres. L'aïllament de mitgeres, envans i solera tenen un valor de EEC pràcticament nul. Això vol dir que aquestes mesures no són eficients i per tant, no són prioritàries. L'aïllament de forjats pot ser una mesura a tenir en compte amb els habitatges plurifamiliars (T2, T3, T6 i T7) i no a les cases unifamiliars ja que aquestes normalment, no tenen separacions horitzontals entre espais condicionats i no condicionats a no ser que tinguin garatge soterrat, que no és el cas de les tipologies T1, T4 i T5 (unifamiliars).

Per la tipologia T6, (habitatge plurifamiliar entre mitges pre-normativa 79), la millora de les finestres és l'acció prioritària. En aquesta tipologia la U de les façanes és 1,06 W/m²K, força inferior a la resta de tipologies pre - normativa 79. Per aquest motiu, el factor d'aïllament de façanes perd importància en aquesta tipologia. Al mateix temps, les finestres empitjoren respecte la resta de tipologies pre-normativa 79, perquè el marc de la finestra és metàl·lic, i fins a la tipologia T7, els marcs eren de fusta. Això fa que la U global de la finestra sigui superior a la tipologia T6 que a la resta de tipologies construïdes abans de la normativa del 79. Així doncs, les accions en la millora de finestres tenen més importància a la T6 que a les altres tipologies.

Per les tipologies post normativa 79, (T8 i T9), on els tancaments exteriors i les cobertes ja disposaven de cert nivell d'aïllament, les accions més eficients són en primer lloc, la millora de les finestres i després l'augment de l'aïllament de forjats. En el cas de l'edifici plurifamiliar entre mitgeres (T9M), l'aïllament de les mitgeres també caldria tenir-lo en consideració amb un EEC de 2,0, tot i que continua sent baix, tenint en compte que el valor més alt de EEC per a totes les mesures és de 22,5, en el cas de l'aïllament de cobertes de la T3.

Per últim, en el cas de les tipologies més actuals, post normativa 87 (T10 i T11), on les finestres són més similars a les que marca la normativa, a més tenen persianes que fan reduir la U de la finestra i també disposen d'aïllaments en la coberta i façana, les accions més eficients passen per augmentar l'aïllament dels tancaments interiors que separen els espais condicionats del que no ho són.

En qualsevol cas, sigui quin sigui l'ordre exacte de les mesures d'eficiència el que sí que està clar, per totes les tipologies construïdes abans de la normativa tèrmica del 79, és que l'aïllament d'envans, mitgeres i soleres no són les mesures prioritàries i és més eficient invertir els diners en el canvi de finestres i en l'aïllament de cobertes, façanes i forjats interiors que separin espais condicionats d'espais no condicionats.

A la següent taula es poden veure els valors del EECi promig per a cada mesura tenint en compte totes les tipologies i fent un mitja ponderada dels EECi en funció del número d'habitatsges per tipologia.

Taula 4.4-3 Valors de EECi promig per a cada mesura per ordre de prioritat. Escenari CTE

	Finestres	Coberta	Façanes	Forjats	Envans	Mitgeres	Solera
EEC	7,34	6,52	4,77	3,51	0,63	0,46	0,03
Puntuació	10	8,9	6,5	4,8	0,8	0,6	0

Per tant, les mesures que reben una puntuació igual o superior a 5 i que són considerades eficients són.

- Millora de les finestres
- Aïllament de coberta
- Aïllament de façanes
- Aïllament de forjats.¹¹

Aquests resultats coincideixen, en general amb altres estudis realitzats a un altre país mediterrani com Grècia. En aquest estudi es posa de manifest que les mesures que estalvien més emissions són, per aquest ordre, aïllament de façanes, millora de les finestres i aïllament de coberta. Les altres mesures que es citen en aquest estudi no tenen a veure amb l'envolupant de l'edifici sinó amb els sistemes de calefacció, refrigeració, ACS i il·luminació. (Balaras, Gaglia, & Georgopoulou, 2007)

A continuació es presenten els resultats obtinguts en quant al temps de retorn necessari per recuperar la inversió en la rehabilitació de cada tipologia d'edifici i per zona climàtica. S'ha calculat el temps necessari per a que la taxa interna de retorn (TIR) sigui zero, considerant una tipus del 4%.

¹¹ Malgrat la puntuació sigui 4,8 i per tant, inferior a 5, el valor és tan pròxim a 5 i tant distant de la següent mesura, que també es considerarà com a mesura eficient.

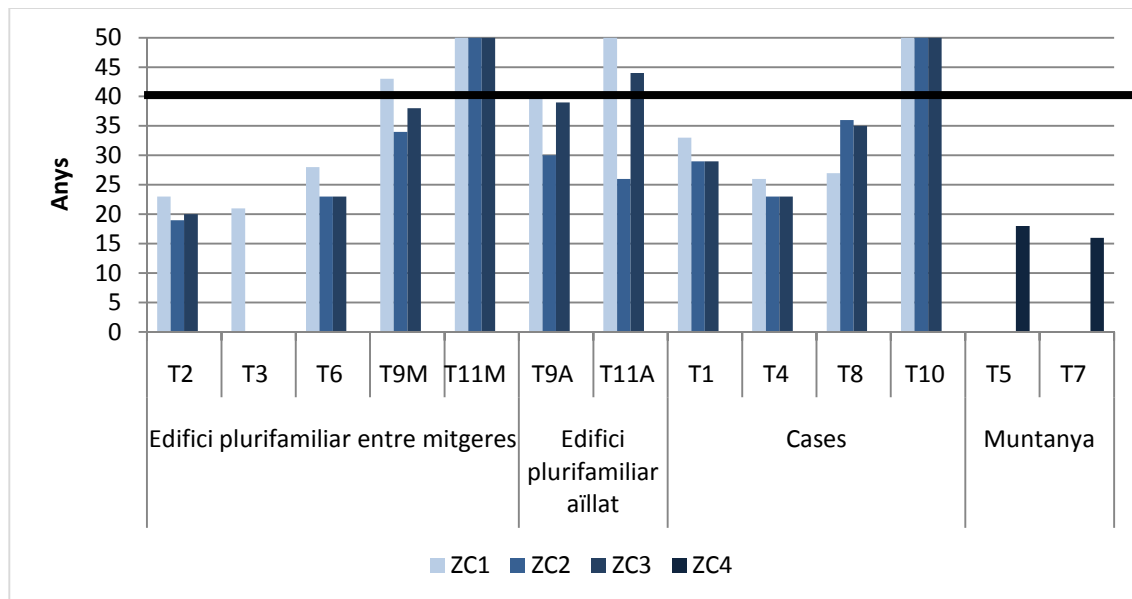


Figura 4.4-10 Temps (anys) en el que TIR (Taxa Interna de Retorn) és igual a 0. Escenari CTE

A continuació és presenta l'ordre de prioritats de les tipologies que amortitzen més ràpidament la inversió. Els següents resultats són la mitjana ponderada del temps de retorn de totes les zones climàtiques tenint en compte el número d'habitatges de cada zona climàtica.

Taula 4.4-4 Ordre de prioritats de les tipologies segons els anys de retorn de la inversió. Escenari CTE

	Tipologia	Temps de retorn (Anys)
Habitatges muntanya	T7	16
	T5	18
Habitatges construïts abans normativa 79	T3	21
	T2	21
	T4	24
	T6	26
	T1	30
Habitatges construïts després de la normativa del 79 i del 87	T8	33
	T9A	35
	T11A	36
	T9M	38
Habitatges plurifamiliar entre mitgeres i unifamiliar construïts després de la normativa del 87.	T11M	>50
	T10	>50

L'ordre de prioritats no coincideix exactament amb el que s'ha trobat anteriorment segons l'indicador EEC_{global} . De fet, l'única variació és amb el T11A (plurifamiliar aïllat post-87) que té un EEC superior al T9A (plurifamiliar aïllat post-79) i més alt que T8 (unifamiliar post-79).

Aquestes diferències es donen perquè l'indicador EEC està fet sobre l'estalvi en demanda i el temps de retorn sobre el consum estalviat. Tal i com es va explicar en el capítol anterior, el consum pot ser més baix que la demanda perquè només un 28% dels habitatges disposen d'equips de refrigeració.

Així, amb aquest escenari, el temps de retorn en les tipologies més antigues (T1 a T7) i que serien les tipologies prioritàries per invertir en una rehabilitació es troba entre 16 i 30 anys.

Els temps de retorn són alts, però cal tenir en compte que la vida útil d'un habitatge també és elevat. És difícil predir un temps de vida útil general per als edificis ja que aquest depèn, entre d'altres, del manteniment que s'hagi dut a terme en l'edifici. Però és evident, que els edificis poden arribar a tenir una vida útil superior, fins i tot als 100 anys. És clar que, per edificis existents la determinació de la vida útil és encara més difícil perquè depèn de l'any de construcció. Així, la vida útil residual d'un edifici s'entén com el període de temps que va des del dia que es fa l'actuació en l'edifici fins que arriba el dia de la deconstrucció.

En un estudi realitzat per la Comissió Europea (Nemry, 2009), prenen com a vida útil residual dels edificis residencials, 40 anys com a màxim. Així si el temps vida residual de les diferents tipologies és superior al temps de retorn, la inversió resultaria econòmicament raonable.

4.4.2 Escenari DEC.

L'escenari que reflexa les exigències normatives del Decret d'Ecoeficiència, només considera l'aïllament de façanes, la millora de les finestres i la limitació del factor solar de les finestres.

4.4.2.1 Reducció en la demanda de calefacció i refrigeració

Cal tenir en compte que les tipologies plurifamiliars construïdes després de la normativa del 87 no tenen cap reducció en la demanda de calefacció ni de refrigeració. Això és degut a que l'única mesura aplicable a aquestes tipologies seria l'aïllament de façanes, però el gruix d'aïllament necessari per arribar a la U límit del DEC (0,70 W/m²K) és igual a 0,004 m. Aquesta mesura no correspon a cap mida comercial d'aïllament, i per tant, no es pot portar a terme. Així aquestes tipologies no tenen potencial d'estalvi amb aquest escenari.

A la següent figura es pot veure el resultat obtingut si es fa una mitja ponderada del percentatge d'estalvi en la demanda de calefacció en funció del percentatge d'habitatges que hi ha a cada zona climàtica.

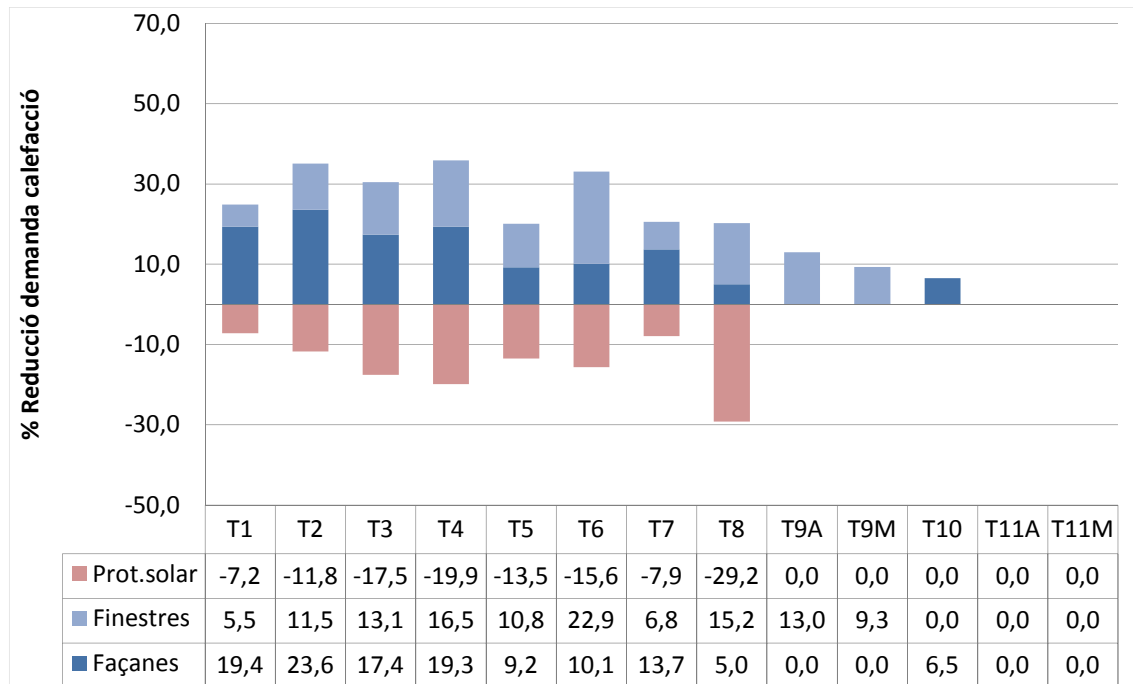


Figura 4.4-11 Percentatge de reducció de la demanda de calefacció per tipologies, i mesures. Mitja ponderada segons el número d'habitatges per zona climàtica. Escenari DEC.

En el cas de la calefacció és obvi que la limitació del factor solar de les finestres a 0.35 és una mesura del tot ineficient per reduir la demanda de calefacció. Si es redueix el factor solar, els guanys solars també es redueixen i per tant, la demanda de calefacció augmenta.

Les tipologies més actuals, a partir de la T9 disposen de persianes. Això fa que el factor solar de les finestres ja compleixi amb la normativa que marca el Decret d'Ecoeficiència. Però a més, amb les persianes s'aconsegueix també una reducció en la U de la finestra. Això pot compensar en un cert grau les pèrdues per calefacció.

En qualsevol cas, el Decret d'Ecoeficiència, no especifica com s'ha d'aconseguir el valor de 0,35 en el factor solar de la finestra. Per tant, a l'hora de simular les altres tipologies només s'ha tingut en compte que el factor solar de la finestra era 0,35, sense cap altre afectació a altres paràmetres relacionats amb la transmissió tèrmica de la finestra.

Les tipologies construïdes després de la normativa del 87, no han de canviar la finestra per adequar-se als límits marcats amb el decret perquè ja són força similars. I més encara si es considera l'efecte positiu de les persianes.

Per tant, es conclou que tant l'aïllament de façanes com la millora de les finestres, millora la demanda de calefacció. Però que la limitació del factor solar, no millora gens, al contrari, empitjora i molt, la demanda en calefacció.

Si es representen en un gràfic els resultats en quant a kWh estalviats en la demanda de calefacció s'obté que les tipologies que estalvien més energia en calefacció, gràcies a l'aïllament dels diferents tancaments i la millora de les finestres, són les de muntanya, T5 i T7, i també les cases unifamiliars més antigues T1 i T4. És a dir, en valor absolut de demanda (kWh/any), les tipologies amb més demanda també són les que poden arribar a estalviar més.

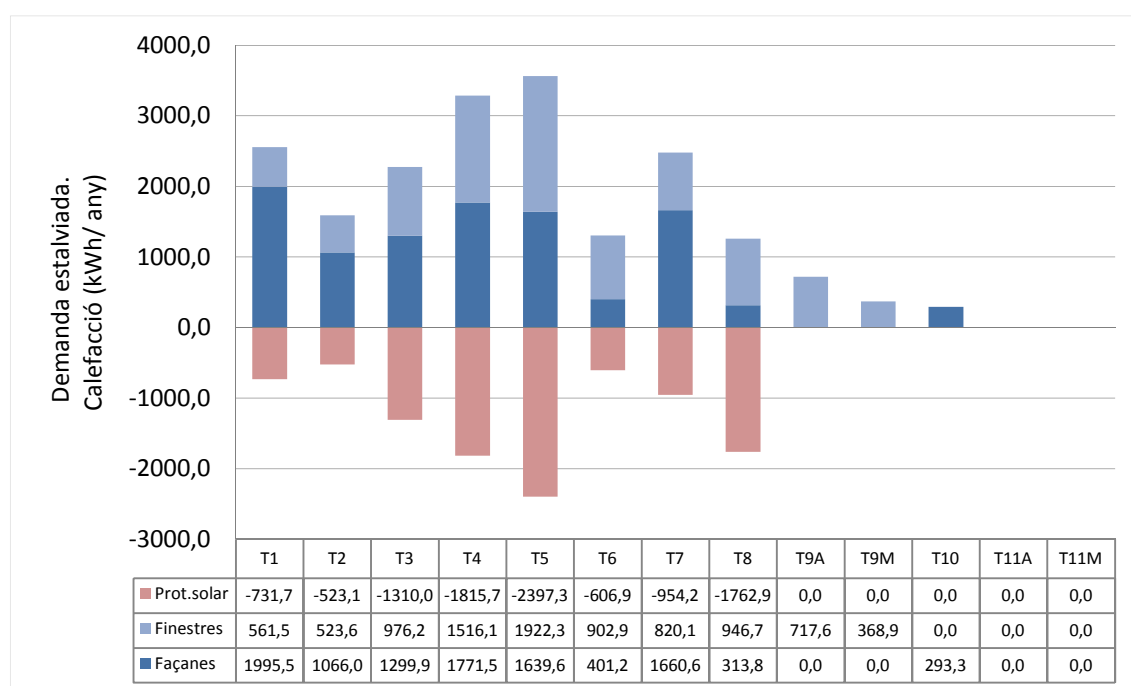


Figura 4.4-12 Energia estalviada en la demanda de calefacció per tipologies, i mesures. Mitja ponderada segons el número d'habitatges per zona climàtica. Escenari DEC.

Les mesures que estalvien més energia en calefacció són l'aïllament de façanes i la millora de finestres.

A continuació es presenten els resultats globals per refrigeració.

A la següent figura es pot veure el resultat obtingut si es fa una mitja ponderada dels estalvis aconseguits per la refrigeració en funció del percentatge d'habitatges que hi ha a cada zona climàtica.

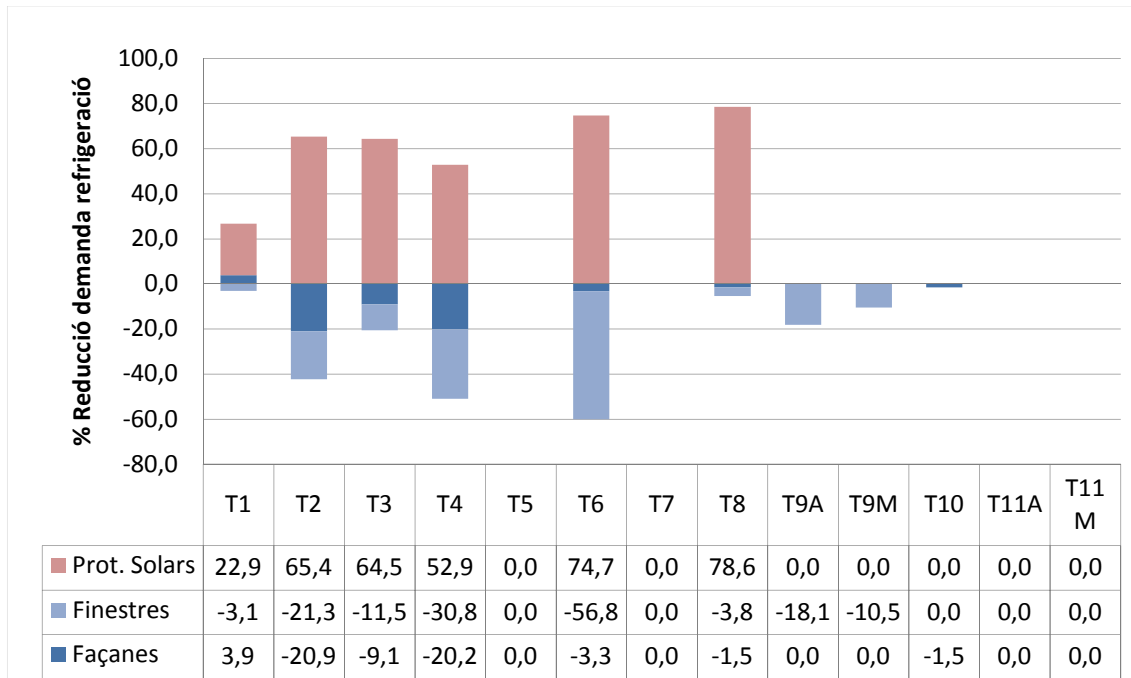


Figura 4.4-13 Percentatge de reducció de la demanda de refrigeració per tipologies, i mesures. Mitja ponderada segons el número d'habitatges per zona climàtica. Escenari DEC.

Algunes de les mesures són contraproductives per aconseguir un estalvi en la demanda de refrigeració. De fet, només la limitació del factor solar a 0,35 de les finestres, és una mesura positiva en l'estalvi de la demanda de refrigeració. La reducció del factor solar de les finestres fa que els guanys solars a l'estiu també disminueixin i això implica una reducció important en la demanda de refrigeració.

De forma anàloga a com s'ha fet per calefacció, a continuació es representen en un gràfic els resultats en quant a kWh estalviats en la demanda de refrigeració.

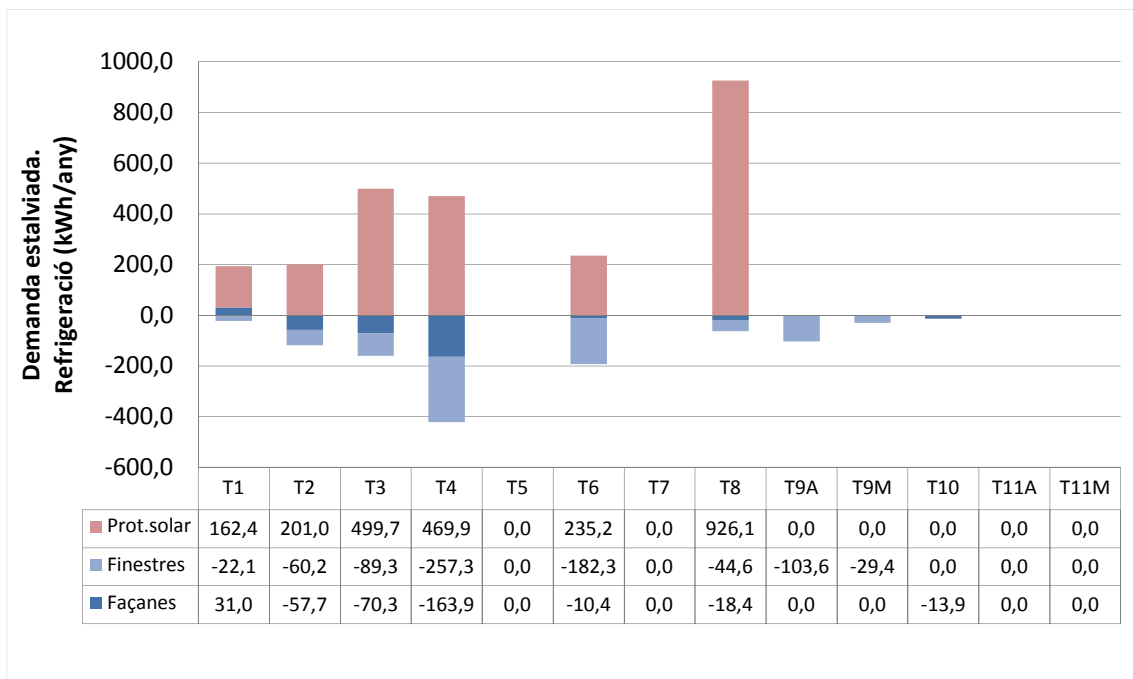


Figura 4.4-14 Energia estalviada en la demanda de refrigeració per tipologies, i mesures. Mitja ponderada segons el número d'habitatges per zona climàtica. Escenari DEC.

En aquest cas, la majoria de les tipologies tenen estalvi net positiu. Cal recordar que les tipologies de muntanya no tenen demanda en refrigeració.

A continuació es presenten els resultats globals per la demanda de calefacció i refrigeració.

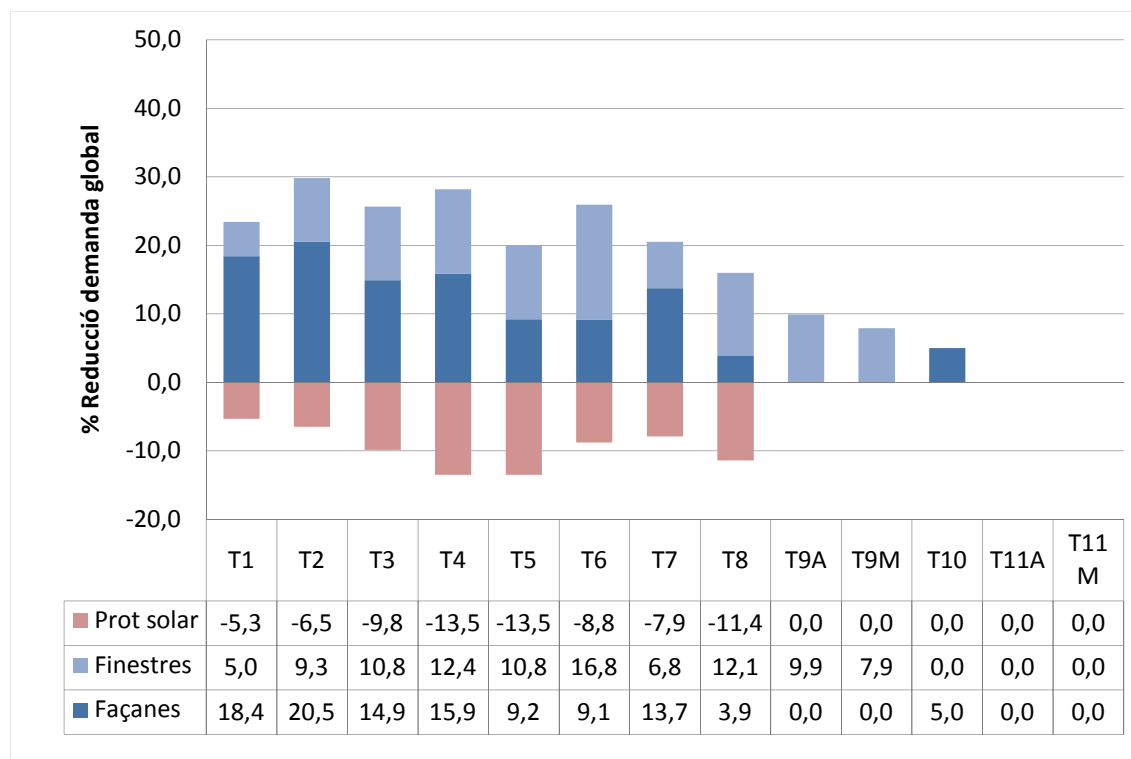


Figura 4.4-15 Percentatge de reducció de la demanda global per tipologies, i mesures. Mitja ponderada segons el número d'habitatges per zona climàtica. Escenari DEC.

L'estalvi global de les mesures considerades sempre és positiu excepte en el cas de la limitació del factor solar. Les mesures més eficients des d'un punt de vista d'estalvi coincideixen amb les d'estalvi en calefacció, ja que és aquest l'ús majoritari. Per tant, les mesures que estalvien més kWh són:

- l'aïllament de façana
- la millora de finestres

En el cas de les tipologies més antigues, construïdes abans de la introducció de cap normativa tèrmica, es pot arribar a un estalvi global d'entre 15 i 25%. Però si no es considerés la limitació del factor solar, aleshores el percentatge d'estalvi podria arribar entre un 25 i un 30% .

En quant als kWh estalviats en la demanda global per tipologia, els resultats són força similars als de calefacció, ja que com s'ha dit anteriorment, la demanda de refrigeració és molt inferior a la de calefacció.



Figura 4.4-16 Demanda global estalviada per a cada mesura i tipologia. Mitja ponderada segons el número d'habitatges per zona climàtica. Escenari DEC.

4.4.2.2 Estudi econòmic

A continuació es presenten els costos associats a l'aplicació de cada mesura.

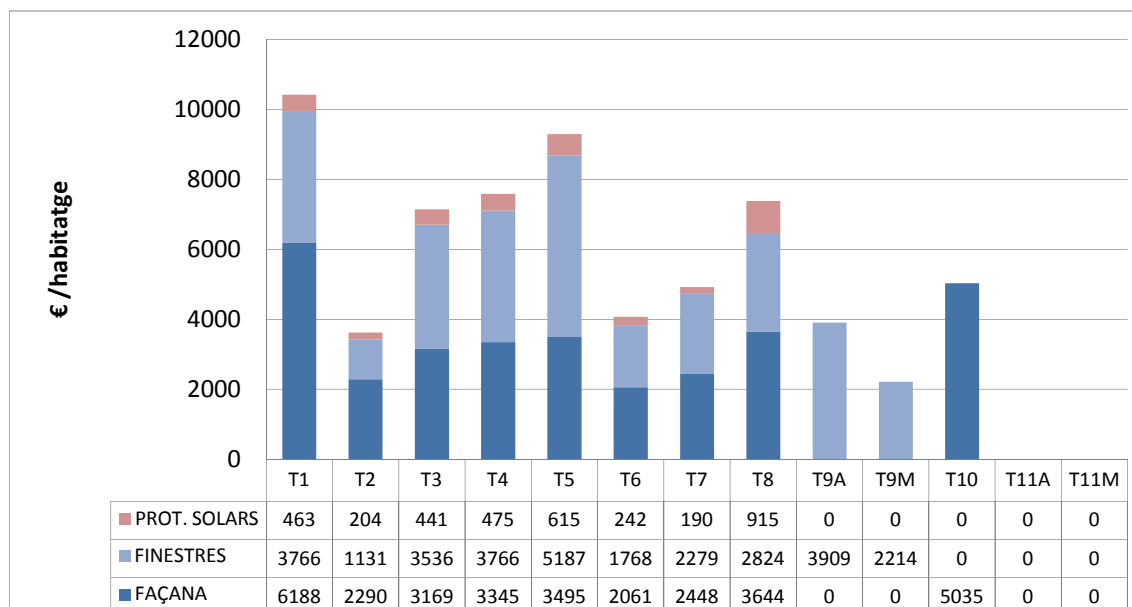


Figura 4.4-17 Inversió per habitatge per a cada tipologia d'edifici. Mitja ponderada en funció del número d'habitatges per zona climàtica. Escenari DEC.

Si s'agrupen les diferents tipologies d'edificis en: habitatges plurifamiliars entre mitgeres, habitatges plurifamiliars aïllats, cases adossades, habitatges muntanya, aleshores la gràfica anterior seria:

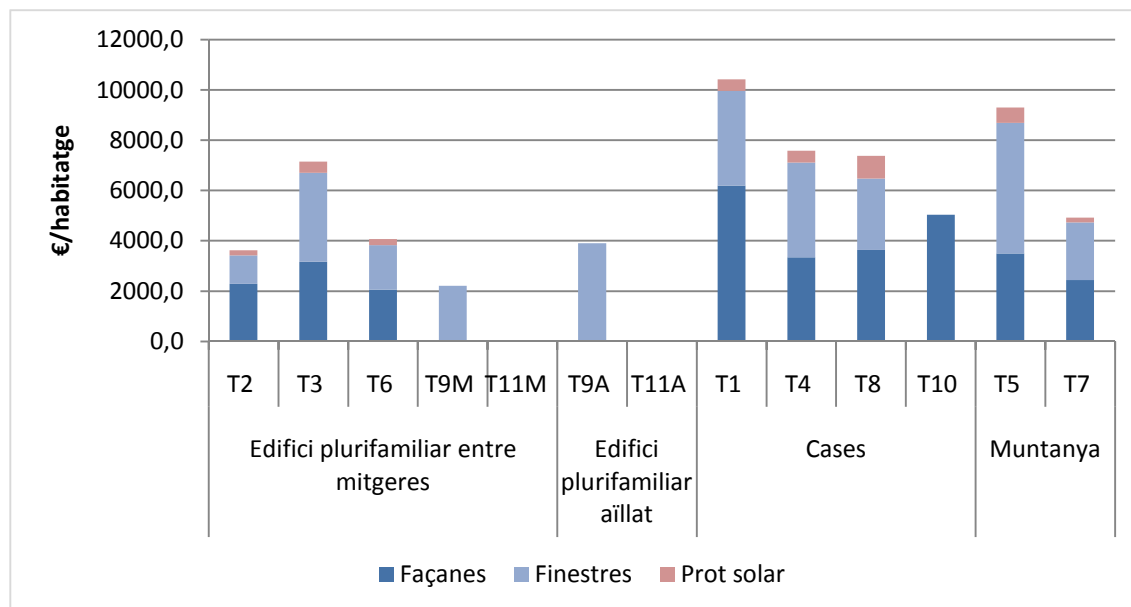


Figura 4.4-18 Inversió per habitatge agrupats per tipologia d'edifici similars. Mitja ponderada en funció del número d'habitatges per zona climàtica. Escenari DEC.

Per aquest escenari, el cost associat als habitatges unifamiliars també és superior al dels habitatges en edificis plurifamiliars. Generalment, aquest cost disminueix a mesura que les tipologies són més actuals. La inversió més important és per l'aïllament de façanes i finestres. Les proteccions solars que redueixen el factor solar de la finestra a 0.35 es molt baix en relació a les altres dues mesures.

A l'hora de calcular el EEC (Energia Estalviada – cost) de les mesures considerades en aquest escenari, no s'ha tingut en compte el de les proteccions solars per limitar el factor solar. El motiu és que no té sentit considerar una acció que té un cost, per petit que sigui, si l'estalvi global és negatiu.

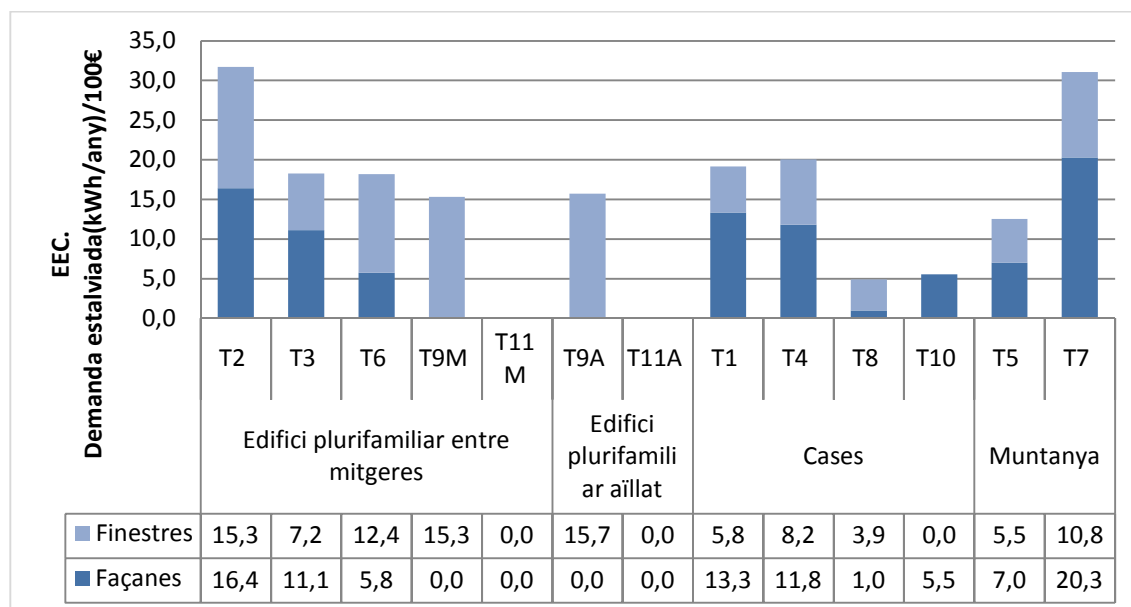


Figura 4.4-19 Indicador EEC normalitzat per cada mesura i tipologia edifici. Mitja ponderada segons número d'habitatges per zona climàtica. Escenari DEC

Si el que es vol és prioritzar les tipologies que han de rebre ajuts per a la seva rehabilitació, l'ordre segons el seu EEC global és el següent:

Taula 4.4-5 Valors de EEC global per tipologia. Escenari DEC

	Tipologia	EEC (kWh estalviats per 100€ invertits)
Habitatges construïts abans normativa 79	T2	31,71
	T7	31,04
	T4	20,05
	T1	19,17
	T3	18,28
	T6	18,17
Plurifamiliar post – normativa 79	T9A	15,71
	T9M	15,33
Casa unifamiliar muntanya	T5	12,53
Cases unifamiliars post – normativa 79 i 87	T10	5,88
	T8	4,89
Plurifamiliar post – normativa 87	T11A	
	T11M	

En aquest cas l'ordre per prioritzar les tipologies que han de ser rehabilitades, no coincideix amb el de l'escenari CTE. Tot i que també es pot concloure que les tipologies on les accions de millora suposen un estalvi són les més antigues construïdes abans de l'aparició de la normativa tèrmica del 79, excepte la casa unifamiliar de muntanya que té un EEC global més baix perquè l'estalvi en calefacció és menor que en l'escenari CTE, ja que la U límit de façana és 0,7 per totes les zones climàtiques, també la ZC4 de muntanya. A l'escenari CTE, això no és així i la U límit per aquesta zona climàtica és més baixa (0.57), i per tant, l'estalvi és superior. Per aquest mateix motiu, la T7 (plurifamiliar muntanya) perd el primer lloc de la taula a favor de la T2 (plurifamiliar construïda abans de 1940).

Els tres últims grups (sense tenir en compte l'habitatge unifamiliar de muntanya, T5) corresponen als habitatges construïts després de la normativa del 79 i del 87. Les tipologies plurifamiliars construïdes després de la normativa del 87 no tenen EEC ja que no es pot aplicar cap mesura de millora.

Si el que es vol és prioritzar les accions que s'hauran de fer sobre cada tipologia per a la seva rehabilitació, cal analitzar el EEC de cada mesura per a cada tipologia. A la següent taula es mostra l'ordre de prioritats de les accions de millora en funció del valor de l'indicador EEC_i de cada mesura. El color més vermell significa la prioritats més alta i el verd la més baixa.

Taula 4.4-6 Valors de EEC_i promig per a cada mesura per ordre de prioritats

	Façanes	Finestres
T1	13,3	5,8
T2	16,4	15,3
T3	11,1	7,2
T4	11,8	8,2
T5	7,0	5,5
T6	5,8	12,4
T7	20,3	10,8
T8	1,0	3,9
T9A	0,0	15,7
T9M	0,0	15,3
T10	5,9	0,0

Es pot veure com per les tipologies més antigues de la T1 a la T7, excepte la T6, la prioritat més alta és per l'aïllament de façana, seguit per la millora de finestres.

Com ja es va explicar en l'escenari CTE, per la tipologia T6, (habitatge plurifamiliar entre mitges pre-normatives), la millora de les finestres és l'acció prioritària, ja que en aquesta tipologia la U de les façanes és $1.06 \text{ W/m}^2\text{K}$ força inferior a la resta de tipologia pre - normativa 79, així el factor d'aïllament de façanes perd importància en aquesta tipologia. Al mateix temps, les finestres empitjoren respecte la resta de tipologies pre-normativa 79 perquè el marc de la finestra és metàl·lic i fins a la tipologia T7, els marcs eren de fusta, això fa que la U global de la finestra sigui superior a la T6 que a la resta de tipologies construïdes abans de la normativa del 79. Per aquest motiu, les accions en la millora de finestres tenen més importància a la T6 que a les altres tipologies.

Per les tipologies post normativa 79, (T8 i T9), on els tancaments exteriors i les cobertes ja disposaven de cert nivell d'aïllament, l'única millora possible és l'augment de l'aïllament en façanes.

Per últim, en el cas de les tipologies més actuals, post normativa 87 (T10), on les finestres són més similars a les que marca la normativa, a més tenen persianes que fan reduir la U de la finestra, les accions més eficients passen per augmentar l'aïllament de les façanes.

A continuació es presenten els resultats obtinguts en quant al temps de retorn necessari per recuperar la inversió en la rehabilitació de cada tipologia d'edifici i per zona climàtica. S'ha calculat el temps necessari per a que la taxa interna de retorn (TIR) sigui zero, considerant una tipus del 4%.

En aquest cas, sí que es consideren les proteccions solar, perquè s'avalua l'estalvi en el consum global, i es vol posar de manifest com la mesura de les proteccions solars és del tot contraproductiu si és una limitació per totes les zones climàtiques i en totes les èpoques de l'any.

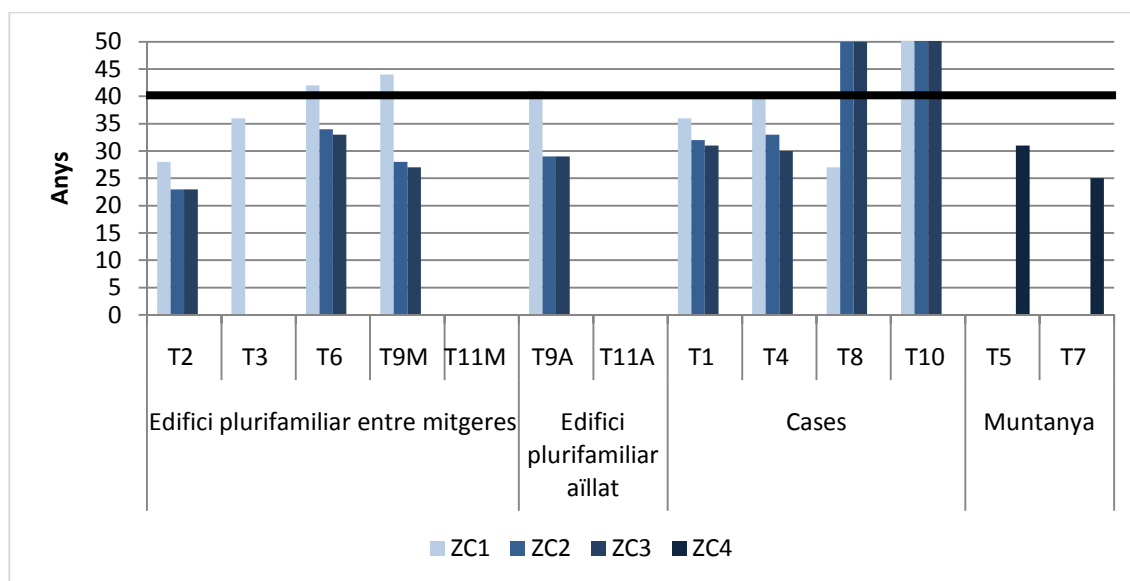


Figura 4.4-20 Temps (anys) en el que TIR (Taxa Interna de Retorn) es igual a 0. Escenari DEC

El temps de retorn de la inversió és força més alt que en l'escenari CTE, en totes les tipologies i zones climàtiques és superior als 20 anys, en totes les tipologies, especialment per les tipologies T3 i T5, on augmenta fins un 70%.

A continuació és presenta l'ordre de prioritat de les tipologies que amortitzen més ràpidament la inversió. Els següents resultats són la mitja ponderada del temps de retorn de totes les zones climàtiques tenint en compte el número d'habitatges de cada zona climàtica.

Taula 4.4-7 Ordre de prioritats de les tipologies segons els anys de retorn de la inversió. Escenari DEC.

	Tipologia	Temps de retorn (Anys)
Habitatges construïts abans normativa 87	T2	25
	T7	25
	T5	31
	T1	33
	T4	34
	T9A	34
	T9M	35
	T3	36
	T6	39
Habitatges unifamiliars construïts després de normativa 79 i 87	T8	44
	T10	50

L'ordre de prioritats, en aquest cas, tampoc coincideix exactament amb el que s'ha trobat anteriorment segons l'indicador EEC_{global} . Això és degut, en primer lloc, perquè, tal i com s'ha comentat a l'escenari CTE, el càlcul de l'indicador EEC es basa en l'energia estalviada a la demanda, i el càlcul del temps de retorn es basa en el cost de l'energia estalviada al consum. A més, cal afegir, que en el cas del temps de retorn, s'ha inclòs el cost de les proteccions solars per limitar el factor solar a 0,35 i en el càlcul de l'EEC, aquesta mesura s'ha obviat perquè no tenia sentit considerar EEC negatius.

Per l'escenari DEC, el temps de retorn més baix seria pels habitatges construïts abans de la normativa tèrmica catalana del 87, els valors estarien entre 25 i 39 anys. Aquests valors són més alts que per l'escenari CTE i són més propers al valor límit de 40 anys de vida residual útil de l'edifici.

4.4.3 Escenari EFIC

Abans de presentar els resultats de l'escenari EFIC, cal definir les mesures que s'aplicaran en aquest escenari.

4.4.3.1 Definició de l'escenari

Segons els resultats obtinguts en l'escenari CTE i en l'escenari DEC, les mesures més eficients són:

Taula 4.4-8 Taula de millores de l'escenari EFIC

Millora	Escenari més exigent	Observacions
Millora de les finestres	DEC / CTE	Segons la tipologia, hi ha algun cas on l'escenari més exigent és CTE
Aïllament de coberta	CTE	
Aïllament de façana	DEC / CTE	Per la zona climàtica 1 i 2, l'escenari més limitant és DEC, per la 3 i 4, CTE
Aïllament de forjats interiors	CTE	
Limitació del factor solar	DEC	Només s'aplicarà a l'estiu.

Taula 4.4-9 Valors límits de la U (W/m²K) segons zona climàtica. Escenari EFIC

ESCENARI	EFIC				
	Limitació	ZC1	ZC2	ZC3	ZC4
Façana		0,70	0,70	0,66	0,57
Coberta		0,41	0,41	0,38	0,35
Forjat		1,20	1,20	1,20	1,20
Finestres		*	*	*	*
Elements d'ombra estacional. (Estiu)		0,35	0,35	0,35	0,35

Taula 4.4-10 Valors límits de la U finestra (W/m²K) segons zona climàtica i tipologia. Escenari EFIC

Tipologia	ZC1	ZC2	ZC3	ZC4
T1	2,90 – 3,30	2,90 – 3,30	2,50 -3,30	2,60 – 3,10
T2				
T4				
T5				
T7				
T3	2,60 – 3,30	2,6 – 3,30	2,2 – 3,30	2,20 – 3,10
T6				
T8				
T9A				
T9M				

4.4.3.2 Reducció en la demanda de calefacció i refrigeració

A la següent figura es pot veure el resultat obtingut si es fa una mitja ponderada del percentatge d'estalvi en la demanda de calefacció en funció del percentatge d'habitatges que hi ha a cada zona climàtica.

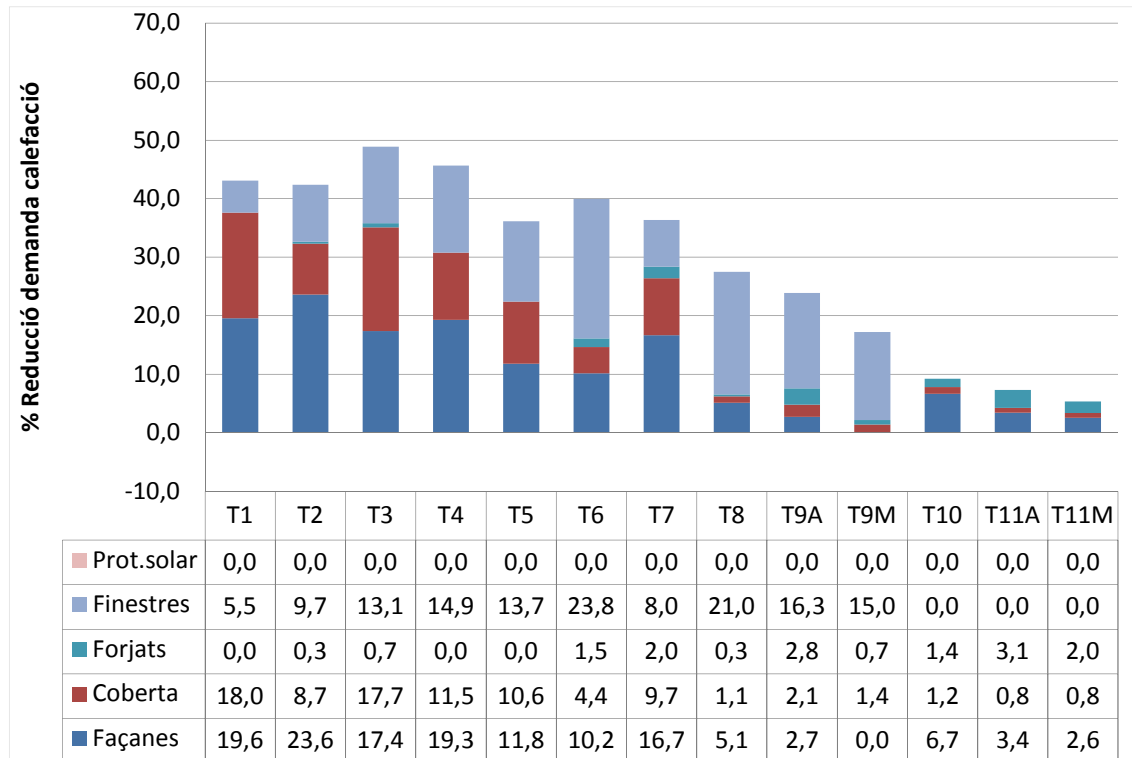


Figura 4.4-21 Percentatge de reducció de la demanda de calefacció per tipologies, i mesures. Mitja ponderada segons el número d'habitatges per zona climàtica. Escenari EFIC.

La limitació del factor solar de les finestres, instal·lant proteccions solars, no té cap estalvi perquè cal recordar que només actuaran a l'estiu, ja que es tracta de proteccions solars mòbils o estacionals. De la mateixa manera que pels altres escenaris, s'observa que el percentatge d'estalvi té tendència a anar baixant a mesura que les tipologies són més actuals.

De forma anàloga als altres escenaris, si es representen en un gràfic els resultats en quant a kWh estalviats en la demanda de calefacció s'obté que, les tipologies que estalvien més energia en calefacció gràcies a l'augment de l'aïllament dels diferents tancaments i la millora de les finestres són les de muntanya, T5 i T7, i també les cases unifamiliars més antigues T1 i T4. És a dir, en valor absolut de demanda (kWh/any), les tipologies amb més demanda també són les que poden arribar a estalviar més.

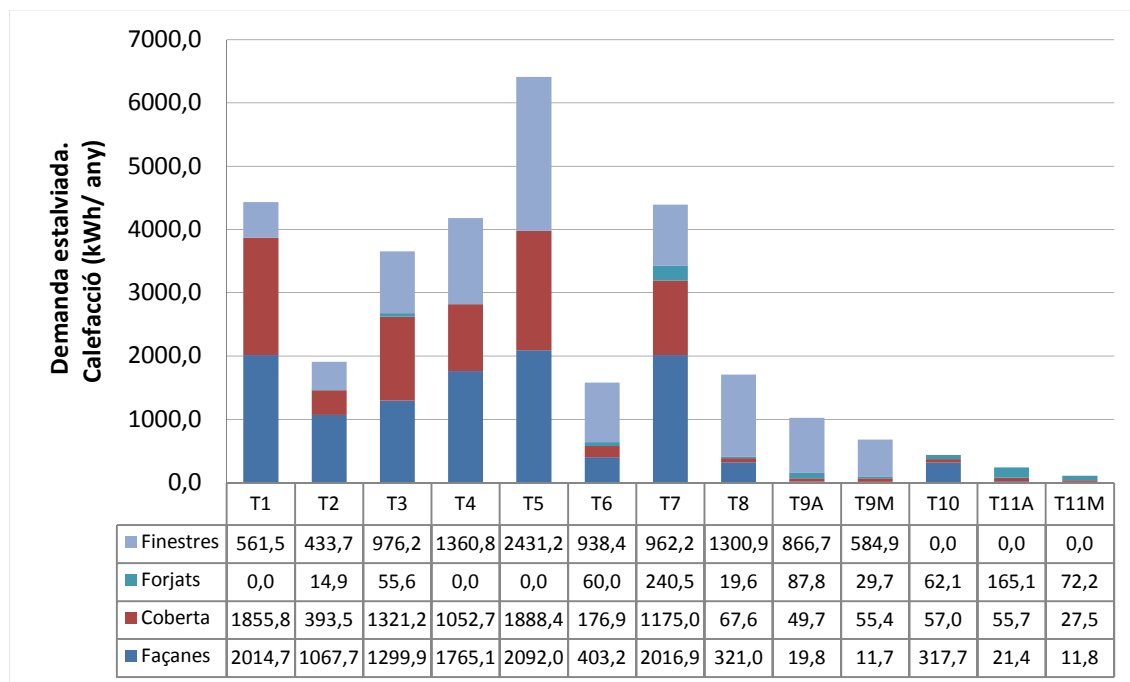


Figura 4.4-22 Energia estalviada en la demanda de calefacció per tipologies, i mesures. Mitja ponderada segons el número d'habitatges per zona climàtica. Escenari EFIC.

Es pot veure com les mesures que estalvien més energia en calefacció són l'aïllament de façanes, cobertes i la millora de finestres.

A continuació es presenten els resultats globals per refrigeració.

A la següent figura es pot veure el resultat obtingut si es fa una mitja ponderada dels estalvis aconseguits per la refrigeració en funció del percentatge d'habitatges que hi ha a cada zona climàtica.

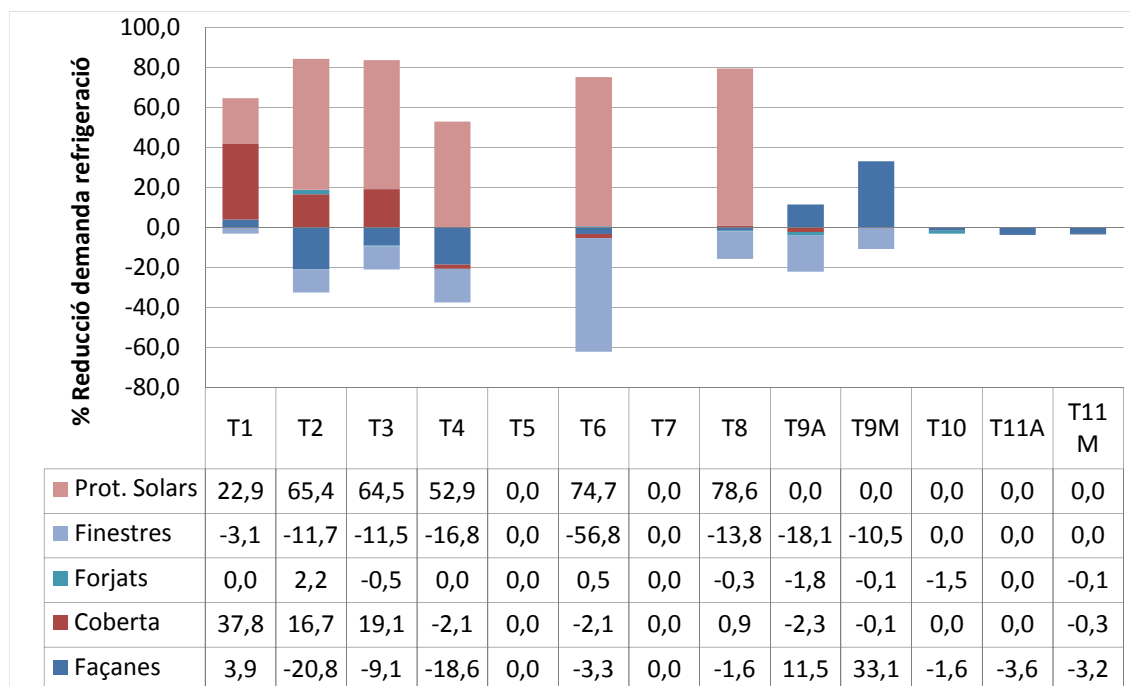


Figura 4.4-23 Percentatge de reducció de la demanda de refrigeració per tipologies, i mesures. Mitja ponderada segons el número d'habitatges per zona climàtica. Escenari CTE.

En el cas de la refrigeració, s'observa el mateix que passava amb l'escenari CTE i DEC. Les proteccions solars és la mesura que implica un estalvi més alt en la demanda de refrigeració.

Com ja s'ha dit varies vegades, segons LIDER, la demanda de refrigeració per les zones climàtiques estudiades és molt baixa, això fa que si es considera l'estalvi global les mesures aplicades per reduir la demanda global tenen un efecte positiu.

De forma anàloga a com s'ha fet per calefacció, a continuació es representen en un gràfic els resultats en quant a kWh estalviats en la demanda de refrigeració.

En aquest cas totes les tipologies fins a la T8 tenen estalvi net positiu en refrigeració. Cal recordar que les tipologies de muntanya no tenen demanda en refrigeració.

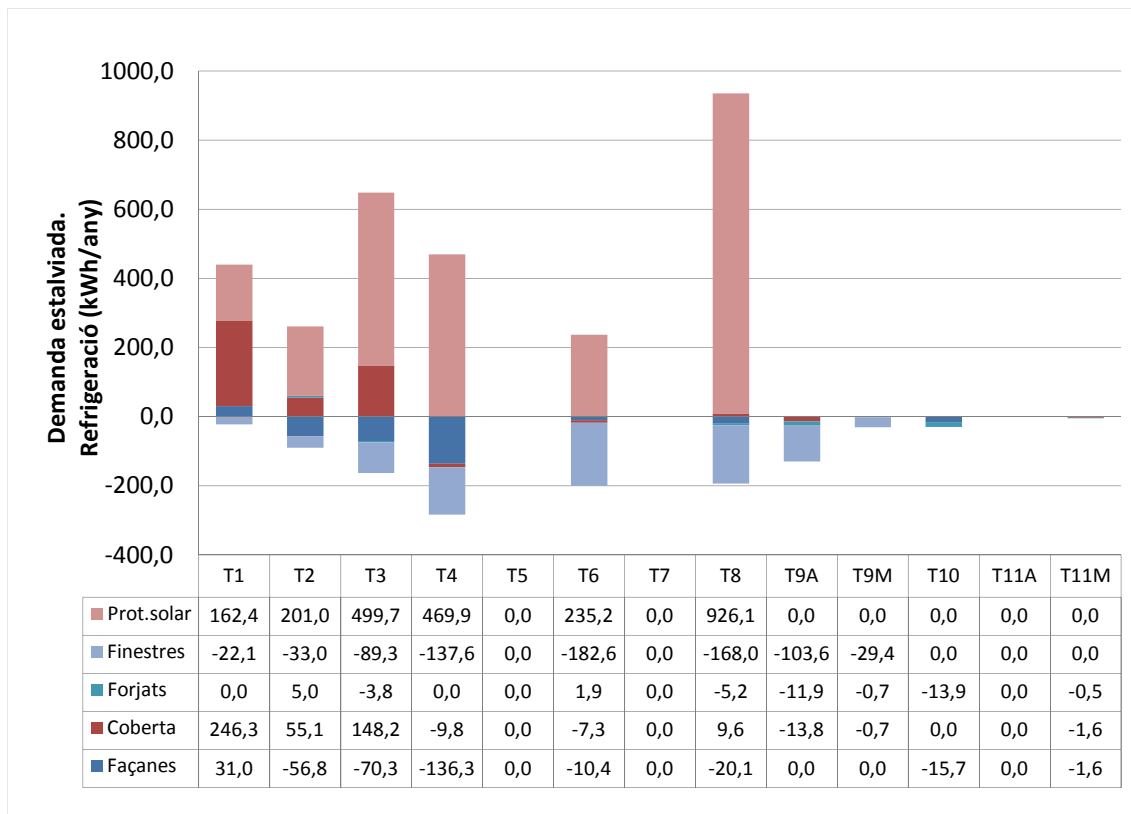


Figura 4.4-24 Energia estalviada en la demanda de refrigeració per tipologies, i mesures. Mitja ponderada segons el número d'habitatges per zona climàtica. Escenari EFIC.

A continuació es presenten els resultats globals per la demanda de calefacció i refrigeració.

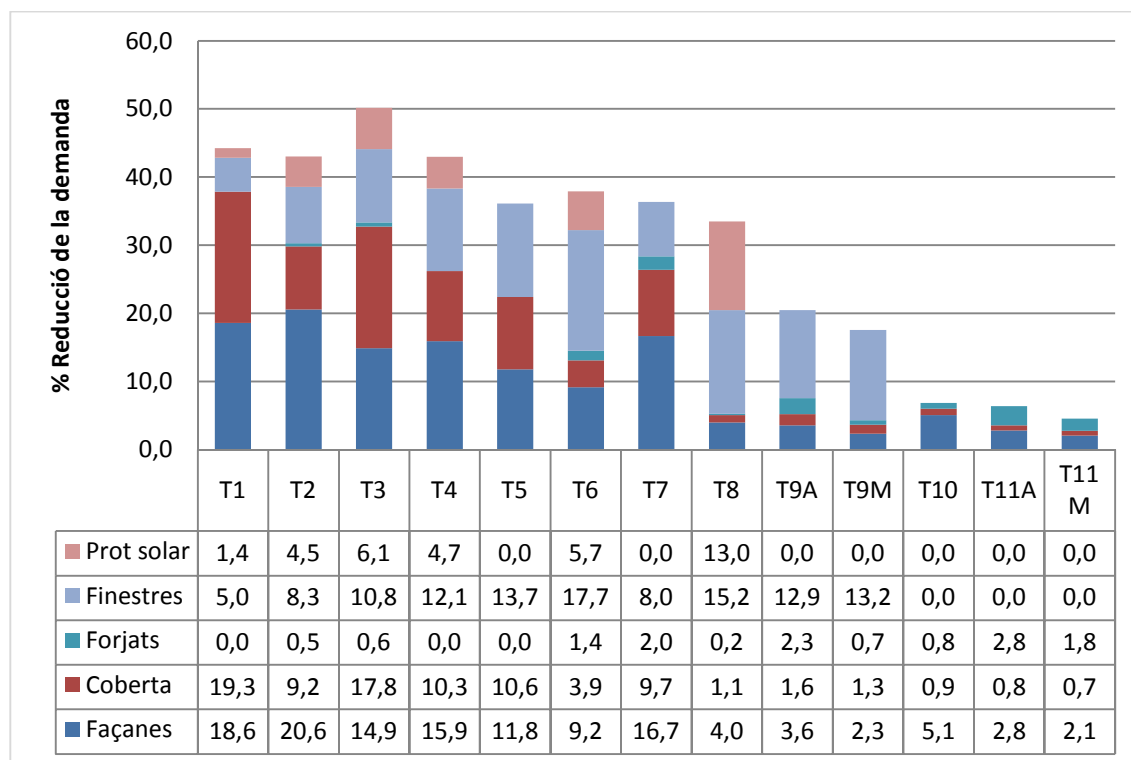


Figura 4.4-25 Percentatge de reducció de la demanda global per tipologies, i mesures. Mitja ponderada segons el número d'habitatges per zona climàtica. Escenari EFIC.

Segons l'escenari EFIC, l'estalvi pot arribar en el cas de les tipologies més antigues, les que corresponen al període de construcció abans de l'entrada en vigor de la normativa tèrmica del 79 (T1 a T7), a estalvis entre un 35 i un 50% en la demanda global de calefacció i refrigeració. Això vol dir que l'estalvi global ha augmentat entre un 10 i un 15 % respecte l'escenari CTE i fins un 100% respecte els estalvis aconseguits amb l'escenari DEC, és a dir, l'estalvi aconseguït amb l'escenari EFIC és el doble que el que es podia aconseguir amb el DEC per les tipologies més antigues.

En quant als kWh estalviats en la demanda global per tipologia, els resultats són força similars als de calefacció, ja que com s'ha dit anteriorment, la demanda de refrigeració és molt inferior a la de calefacció.

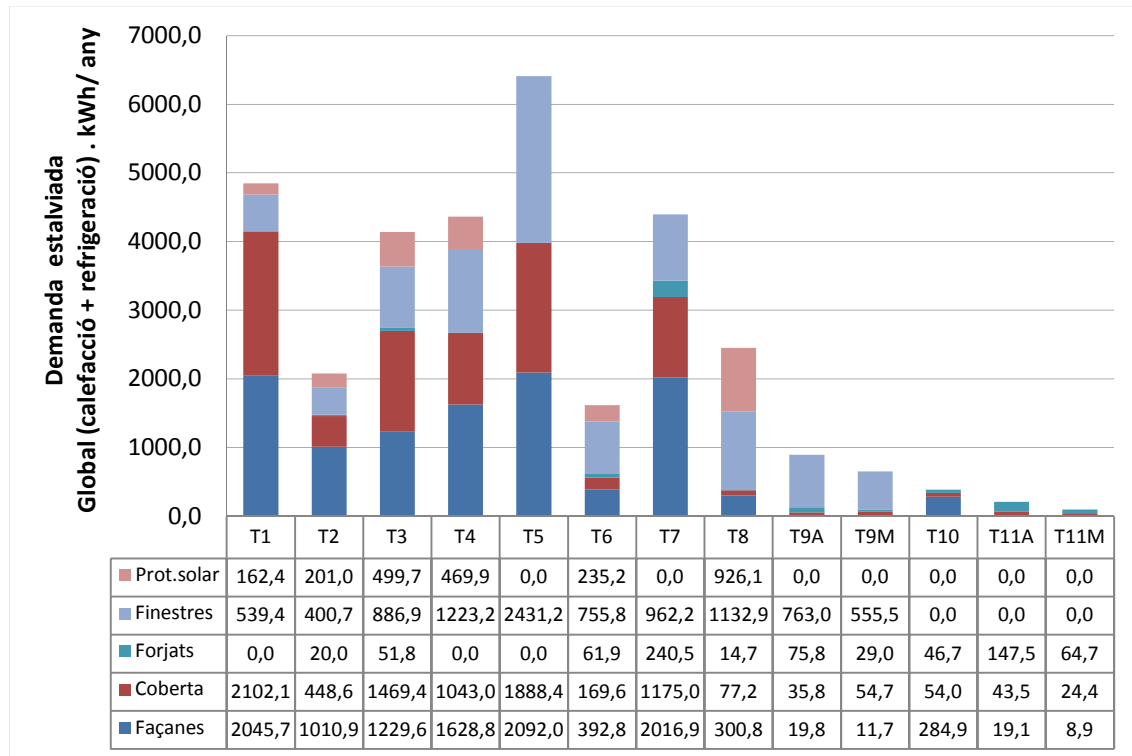


Figura 4.4-26 Demanda global estalviada per a cada mesura i tipologia. Mitja ponderada segons el número d'habitatges per zona climàtica. Escenari EFIC.

4.4.3.3 Estudi econòmic

A continuació es presenten els costos associats a l'aplicació de cada mesura.

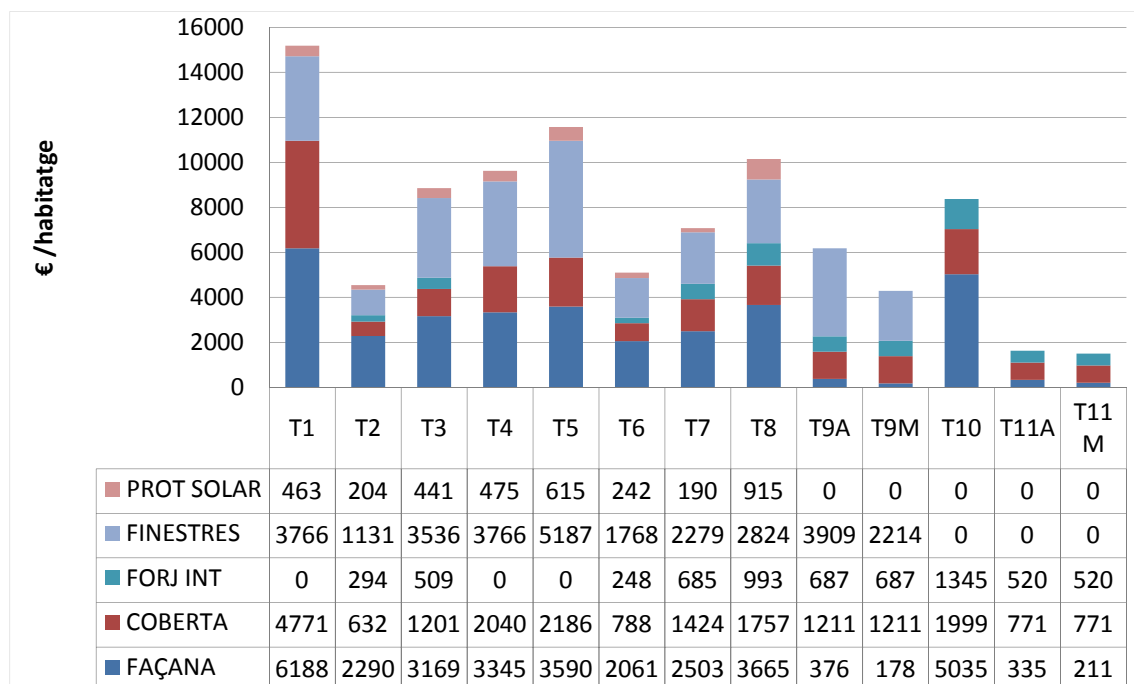


Figura 4.4-27 Inversió per habitatge per a cada tipologia d'edifici. Mitja ponderada en funció del número d'habitatges per zona climàtica. Escenari EFIC.

Si s'agrupen les diferents tipologies d'edificis en: habitatges plurifamiliars entre mitgeres, habitatges plurifamiliars aïllats, cases adossades, habitatges muntanya, aleshores la gràfica anterior seria:

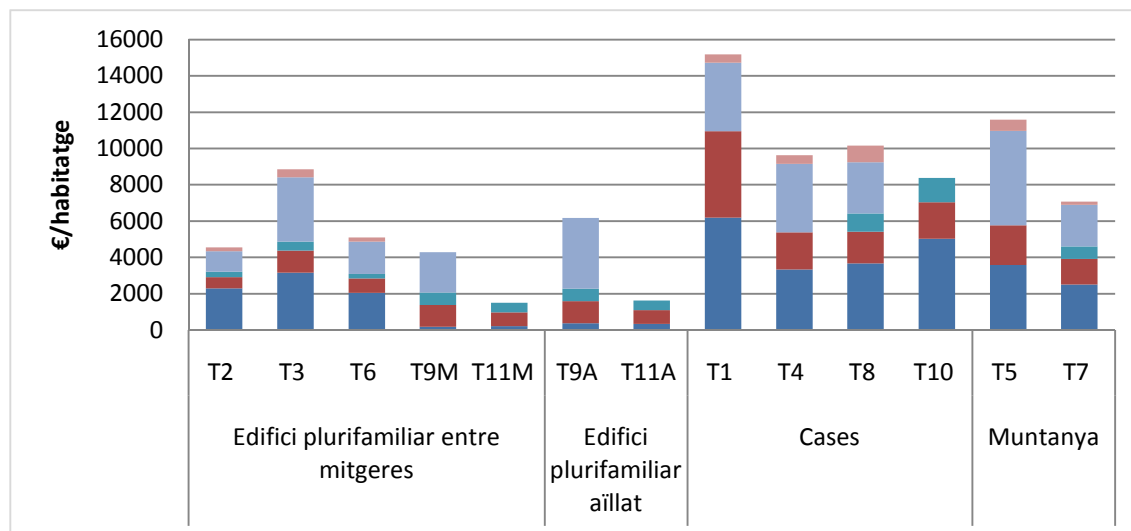


Figura 4.4-28 Inversió per habitatge agrupats per tipologia d'edifici similar. Mitjana ponderada en funció del nombre d'habitadges per zona climàtica. Escenari EFIC.

Les mesures més costoses són la millora de les finestres i l'aïllament de façana i l'aïllament de coberta. La instal·lació de proteccions solars per l'estiu que limitin el factor solar de les finestres i l'aïllament del forjat que separa espais condicionats d'espais no condicionats suposen un percentatge molt baix del total de la inversió per habitatge

Els resultats obtinguts per l'indicador ECC, es poden veure al següent gràfic:

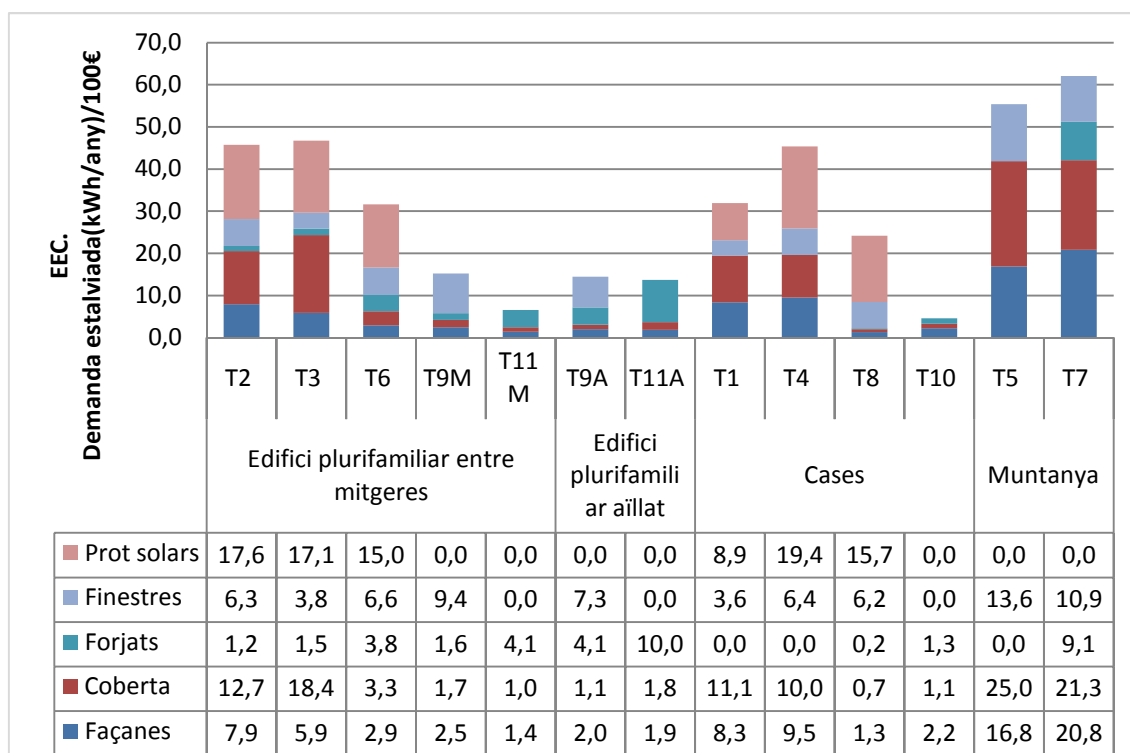


Figura 4.4-29 Indicador EEC normalitzat per cada mesura i tipologia edifici. Mitjana ponderada segons nombre d'habitadges per zona climàtica. Escenari EFIC

Si el que es vol és prioritzar les tipologies que han de rebre ajuts per a la seva rehabilitació, l'ordre segons el seu EEC global és el següent:

Taula 4.4-11 Valors de EEC global per tipologia. Escenari EFIC

	Tipologia	EEC (kWh estalviats per 100€ invertits)
Habitatges muntanya	T7	62,1
	T5	55,4
Habitatges construïts abans normativa 79	T3	46,7
	T2	45,7
	T4	45,3
	T1	31,9
	T6	31,6
	T8	24,1
Habitatges construïts després de la normativa 79 i els plurifamiliars aïllats post – normativa 87	T9M	15,2
	T11A	14,9
	T9A	14,5
Habitatges entre mitgeres i unifamiliars construïts després de la normativa del 87	T11M	7,1
	T10	4,9

Les tipologies on les accions de millora suposen un estalvi superior són les tipologies situades a zones climàtiques amb severitat d'hivern més alta (T5 i T7). En segon lloc, les tipologies més antigues construïdes abans de l'aparició de la normativa tèrmica del 79. Dintre d'aquest grup, resulta més eficient invertir en les tipologies plurifamiliars més antigues (T3 i T2). Els dos últims grups corresponen als habitatges construïts després de la normativa del 79 i del 87. Entre aquests dos grups és més eficient, en general, invertir en els habitatges construïts després de la normativa del 79. Tot i que el plurifamiliar aïllat post – 87 (T11A) té un EEC molt similar a la tipologia T9A (plurifamiliar aïllat post-79).

Si el que es vol és prioritzar les accions que s'hauran de fer sobre cada tipologia per a la seva rehabilitació, cal analitzar el EEC de cada mesura per a cada tipologia. A la següent taula es mostra l'ordre de prioritats de les accions de millora en funció del valor de l'indicador EEC_i de cada mesura. El color més vermell significa la prioritats més alta i el verd la més baixa.

Taula 4.4-12 Valors de EEC_i promig per a cada mesura per ordre de prioritats. Escenari EFIC

	Façanes	Coberta	Forjats	Finestres	Prot. Solars
T1	8,3	11,1	0,0	3,6	8,9
T2	7,9	12,7	1,2	6,3	17,6
T3	5,9	18,4	1,5	3,8	17,1
T4	9,5	10,0	0,0	6,4	19,4
T5	16,8	25,0	0,0	13,6	0,0
T6	2,9	3,3	3,8	6,6	15,0
T7	20,8	21,3	9,1	10,9	0,0
T8	1,3	0,7	0,2	6,2	15,7
T9A	2,0	1,1	4,1	7,3	0,0
T9M	2,5	1,7	1,6	9,4	0,0
T10	2,3	1,1	1,4	0,0	0,0
T11A	2,1	2,4	10,0	0,0	0,0
T11M	1,5	1,1	4,5	0,0	0,0

Es pot veure com per les tipologies més antigues de la T1 a la T4, la prioritat més alta és per l'aïllament de coberta i la instal·lació de proteccions solars (estacionals, només a l'estiu), seguit per l'aïllament de façanes i la millora de finestres. Per les tipologies de muntanya, la instal·lació de proteccions solars no té sentit perquè no hi ha demanda de refrigeració, així en aquestes tipologies la mesures més eficients són l'aïllament de coberta i façana i per últim la millora de finestres.

Per la tipologia T6, la limitació del factor solar a l'estiu, i la millora de finestra són les mesures prioritàries.

Per les tipologies post normativa 79, (T8 i T9), on els tancaments exteriors i les cobertes ja disposaven de cert nivell d'aïllament, les accions més eficients són en primer lloc, la millora de les finestres i la instal·lació de protectors solars d'estiu a la T8, perquè no disposa de persianes, i després l'augment de l'aïllament en façanes i forjat.

Per últim, en el cas de les tipologies més actuals, post normativa 87 (T10 i T11), on les finestres són més similars a les que marca la normativa, a més tenen persianes que fan reduir la U de la finestra i els aïllaments de cobertes i façanes també, les accions més eficients passen per augmentar l'aïllament dels forjats interiors que separen els espais condicionats del que no ho són.

A continuació es presenten els resultats obtinguts en quant al temps de retorn necessari per recuperar la inversió en la rehabilitació de cada tipologia d'edifici i per zona climàtica. S'ha calculat el temps necessari per a que la taxa interna de retorn (TIR) sigui zero, considerant una tipus del 4%.

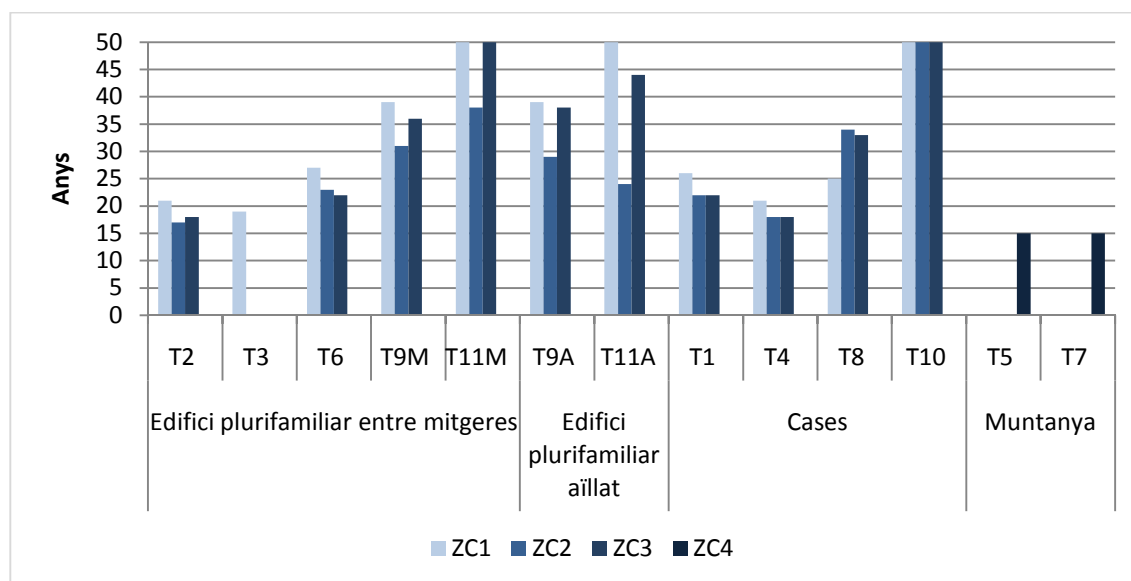


Figura 4.4-30 Temps (anys) en el que TIR (Taxa Interna de Retorn) és igual a 0. Escenari EFIC

A continuació és presenta l'ordre de prioritats de les tipologies que amortitzen més ràpidament la inversió. Els següents resultats són la mitja ponderada del temps de retorn de totes les zones climàtiques tenint en compte el número d'habitatges de cada zona climàtica.

Taula 4.4-13 Ordre de prioritats de les tipologies segons els anys de retorn de la inversió. Escenari CTE

	Tipologia	Temps de retorn (Anys)
Habitatges muntanya	T7	15
	T5	15
Habitatges construïts abans normativa 79	T3	19
	T2	19
	T4	19
	T1	23
	T6	25
	T8	31
Post – normativa 79	T9A	34
	T9M	35
	T11A	35
Post – normativa 87	T11M	43
	T10	50

Així, amb aquest escenari, el temps de retorn en les tipologies més antigues (T1 a T7) i que serien les tipologies prioritàries per invertir en una rehabilitació es troba entre 15 i 25 anys.

Els temps de retorn per aquestes tipologies s'han reduït respecte el dels escenaris CTE i DEC. Per tant, es verifica que el conjunt de mesures per reduir la demanda de calefacció i refrigeració són més eficients en l'escenari EFIC que en l'escenari CTE i molt més que en l'escenari DEC.

4.4.4 Comparació d'escenaris CTE, DEC i EFIC

A continuació es presenten els resultats obtinguts en quant a l'estalvi en la demanda global (calefacció i refrigeració) per tots els escenaris:

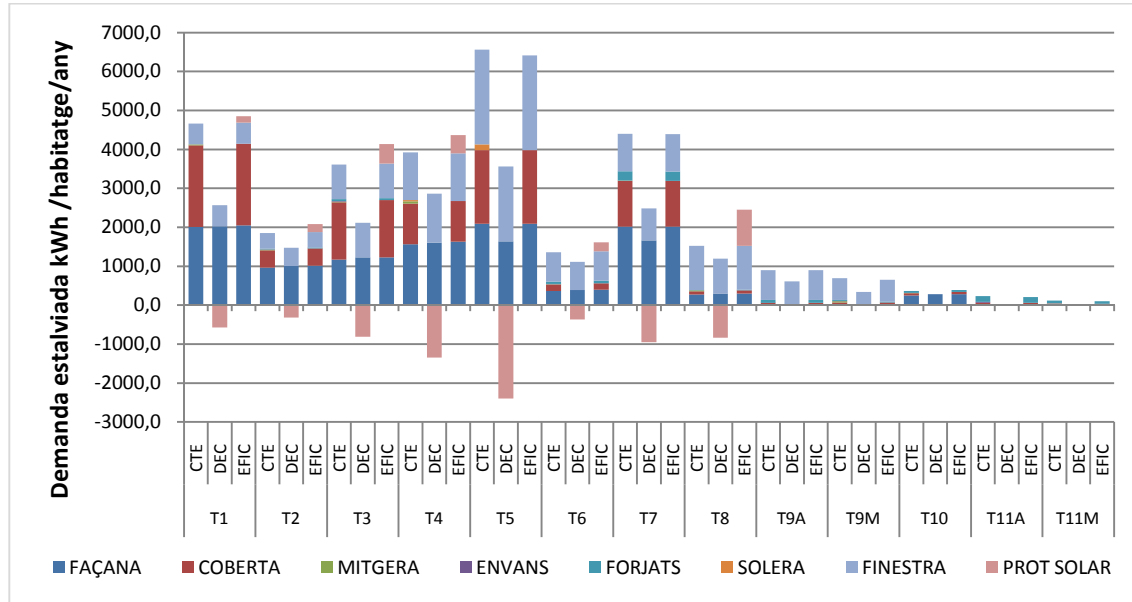


Figura 4.4-31 Estalvi global per tipologia, per a cada mesura i escenari.

A la majoria de tipologies l'estalvi aconseguit amb els escenaris CTE i EFIC és molt similar, i fins i tot, lleugerament superior a l'escenari DEC, excepte per a les tipologies de muntanya. L'efecte positiu de les proteccions solars que limiten el factor solar només a l'estiu, fa que l'estalvi aconseguit per l'escenari EFIC sigui superior al CTE, malgrat en l'escenari EFIC no s'ha tingut en compte l'aïllament de mitgeres, soleres i envans. Per tant, es confirma que l'aïllament d'aquests tipus de tancaments no suposa un estalvi significatiu en quant a la demanda global de calefacció i refrigeració.

En quant a la inversió per habitatge per totes les tipologies i per tots els escenaris, els resultats obtinguts es poden veure a la següent figura:

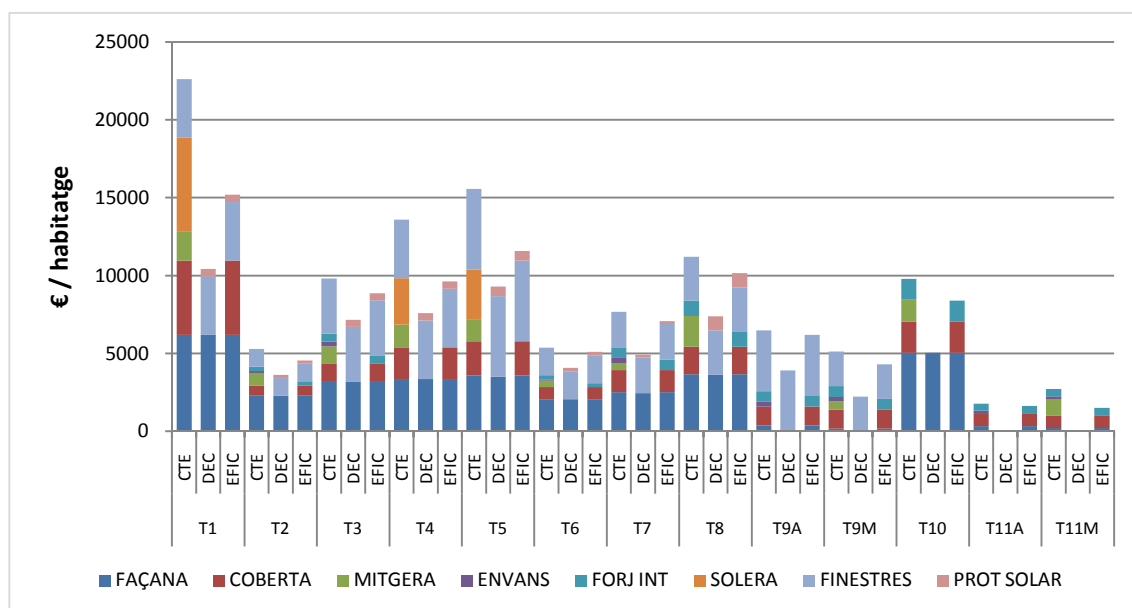


Figura 4.4-32 Inversió per habitatge, per tipologia i per a cada mesura i escenari.

La inversió per habitatge de l'escenari EFIC sempre és més baix, entre un 10 i un 35% segons la tipologia, que el de l'escenari CTE.

A continuació es presenten els resultats en quant a temps de retorn de la inversió per a tots els escenaris. S'ha calculat el temps en anys en que el TIR (taxa interna de retorn) es fa 0.

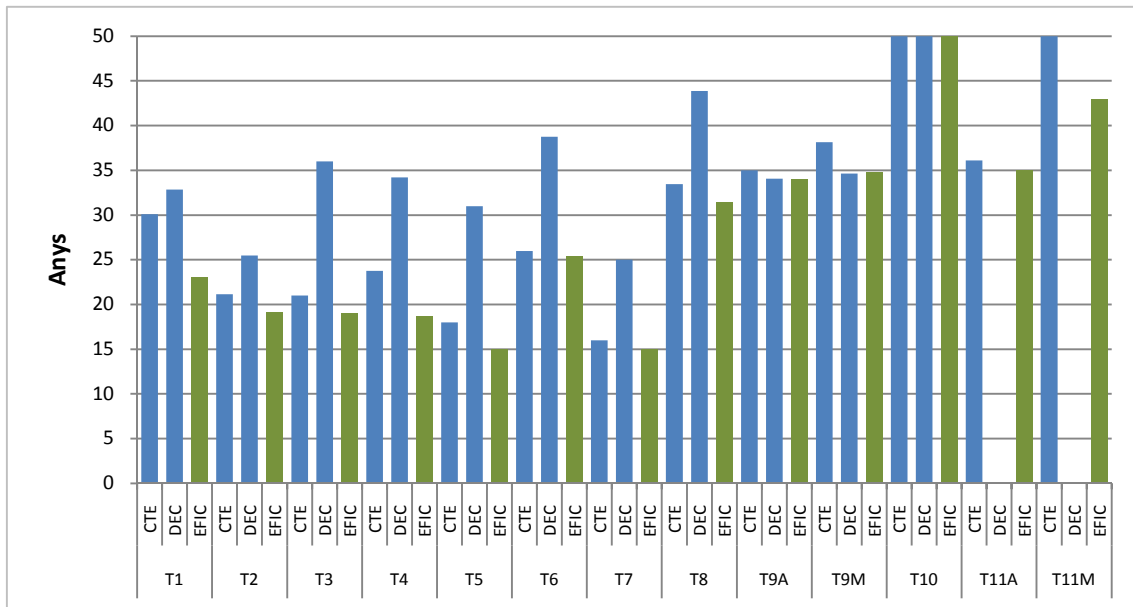


Figura 4.4-33 Temps de retorn de la inversió, per tipologia i per a cada mesura i escenari.

Per l'escenari EFIC el temps de retorn de la inversió es redueix entre un 3 i un 25% segons la tipologia.

Per les tipologies antigues, construïdes abans de la normativa del 79, el temps de retorn sempre és inferior als 25 anys, sent de 15 anys per les tipologies de muntanya.

4.4.5 Potencial tècnic d'estalvi per l'escenari EFIC.

En quant al potencial tècnic d'estalvi energètic, tenint en compte el número d'habitatges total del parc de Catalunya al 2005, l'escenari EFIC podria arribar a reduir un 33% la demanda energètica de calefacció i refrigeració.

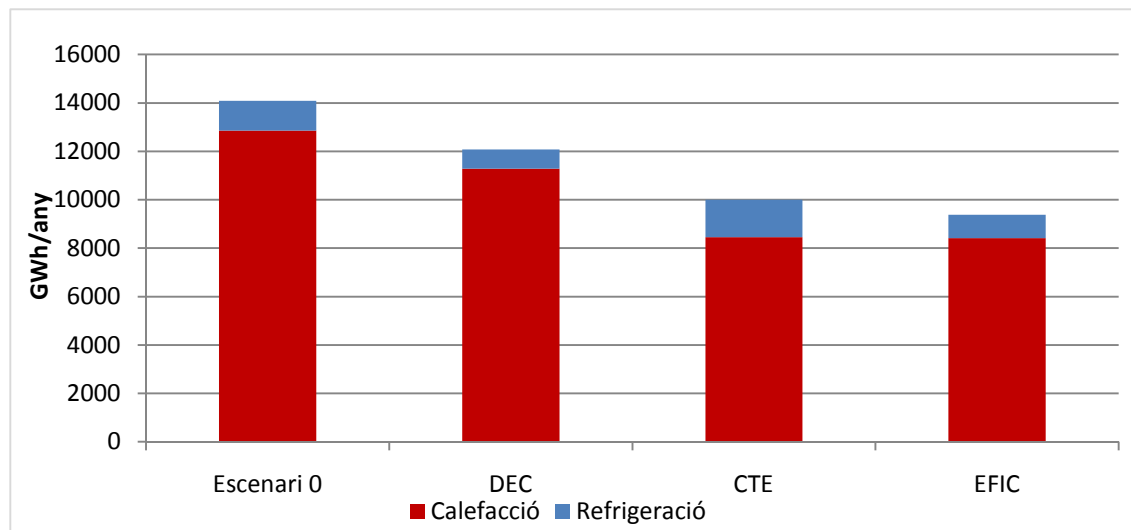


Figura 4.4-34 Demanda de calefacció i refrigeració global per a cada escenari. Any 2005

Taula 4.4-14 Estalvi de cada escenari respecte escenari 0. Any 2005

Escenari	Calefacció %	Refrigeració %	Total %
DEC	12,2	35,5	14,3
CTE	34,3	-26,8	29,0
EFIC	34,6	21,0	33,4

En quant al consum, l'estalvi podria arribar al 34% global

Taula 4.4-15 Consum energètic dels habitatges de Catalunya, aplicant les mesures d'estalvi de cada escenari. (GWh/any)

	Calefacció	Refrigeració	Total
Escenari 0 2005	13.378	137	13.515
DEC	11.739	88	11.827
CTE	8.794	174	8.968
EFIC	8.755	108	8.864

En quant a les emissions, considerant les mateixes hipòtesis que en el càlcul de les emissions de l'escenari 0, l'estalvi podria arribar també al 34% respecte a les emissions de l'escenari 0 al 2005 i es podrien estalviar 991 ktCO₂/any per l'escenari EFIC

Taula 4.4-16 Emissions de CO₂ dels habitatges de Catalunya, aplicant les mesures d'estalvi de cada escenari. (kt CO₂/any)

	Calefacció	Refrigeració	Total
Escenari 0 2005	2.852	25	2.877
DEC	2.503	16	2.519
CTE	1.875	32	1.907
EFIC	1.867	20	1.886

4.4.6 Estalvi segons escenari EFIC considerant 50.000 habitatges nous per any i un percentatge de rehabilitació del 2% anual fins al 2015.

Tenint en compte les hipòtesis de construcció d'habitatge nou i de rehabilitació fins l'any 2015, la demanda energètica del parc d'habitatges de Catalunya seria el que es pot veure a la següent taula:

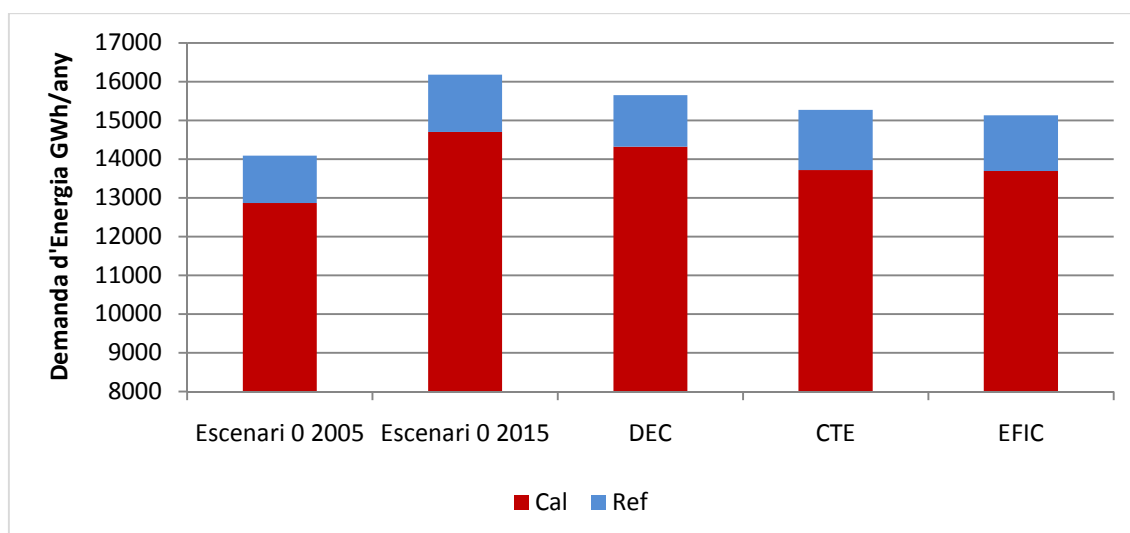


Figura 4.4-35 Demanda de calefacció i refrigeració global per a cada escenari. 2% de rehabilitacions per any i 50.000 habitatges nous per any.

L'escenari EFIC pot arribar a estalviar un 6,5 % de la demanda dels habitatges de Catalunya al 2015 respecte a la demanda que tindria si no s'apliqués cap mesura de rehabilitació. El percentatge d'estalvi d'aquest escenari millora en gairebé un punt el millor escenari normatiu, CTE.

Taula 4.4-17 Estalvi de cada escenari i zona climàtica respecte l'escenari 0. Any 2015. 2% de rehabilitacions per any i 50.000 habitatges nous per any. Resultat en %

Zona climàtica	ZC 1		ZC 2		ZC 3		ZC 4		TOTAL		
Tipologia	Cal	Ref	Cal	Ref	Cal	Ref	Cal	Ref	Cal	Ref	Total
Sense mesures	-13,1%	-21,2%	-16,1%	-21,4%	-15,1%	-21,4%	0,0%	-	-14,3%	-21,3%	-14,9%
DEC	2,5%	15,3%	2,6%	6,2%	2,8%	4,4%	1,6%	-	2,6%	10,3%	3,3%
CTE	6,9%	-5,7%	6,3%	-5,0%	7,1%	-1,4%	7,9%	-	6,7%	-4,6%	5,6%
EFIC	7,3%	2,4%	6,4%	3,3%	7,0%	3,6%	7,3%	-	6,9%	2,9%	6,5%

En quant al consum, es pot arribar a aconseguir un 6,7% d'estalvi, 0.4 punts per sobre que el millor escenari normatiu.

Taula 4.4-18 Consum energètic en calefacció i refrigeració del parc d'habitatges de Catalunya al 2015 segons escenaris. (GWh/any)

Zona climàtica	ZC 1		ZC 2		ZC 3		ZC 4		TOTAL		
Tipologia	Cal	Ref	Cal	Ref	Cal	Ref	Cal	Ref	Cal	Ref	Total
Escenari 0 2005	5.438	68	6.051	42	1.441	27	422	0	13.351	137	13.488
Escenari 0 2015	6.173	229	7.024	142	1.658	92	431	0	15.286	463	15.749
DEC	6.017	194	6.842	133	1.612	88	424	0	14.895	415	15.310
CTE	5.747	242	6.585	149	1.540	93	397	0	14.268	484	14.752
EFIC	5.725	223	6.573	137	1.542	89	399	0	14.239	449	14.688

En quant a les emissions es pot arribar a aconseguir un estalvi d'un 6,8% de les emissions respecte les emissions de l'escenari sense mesures al 2015. S'aconseguirien estalviar 226 kt CO₂/any a l'any 2015, és a dir, un 34% de les emissions que preveu el Pla de l'energia de Catalunya pel 2015.

Taula 4.4-19 Emissions de CO₂ degudes al consum en calefacció i refrigeració del parc d'habitatges de Catalunya al 2015 segons escenaris. (kt CO₂/any)

Zona climàtica	ZC 1		ZC 2		ZC 3		ZC 4		TOTAL		
Tipologia	Cal	Ref	Cal	Ref	Cal	Ref	Cal	Ref	Cal	Ref	Total
Escenari 0 2005	1.159	12	1.290	8	307	5	90	0	2.846	25	2.871
Escenari 0 2015	1.316	42	1.498	26	353	17	92	0	3.259	85	3.344
DEC	1.283	36	1.459	24	344	16	90	0	3.175	76	3.252
CTE	1.225	45	1.404	27	328	17	85	0	3.042	89	3.131
EFIC	1.220	41	1.401	25	329	16	85	0	3.036	83	3.118

4.4.7 Impacte econòmic tenint en compte tot el parc d'habitatges

Taula 4.4-20 Inversió per la rehabilitació del parc d'edificis de Catalunya fins el 2015

TIPOLOGÍA	INVERSIÓ ECONÒMICA (M€)		
	CTE	DEC	EFIC
T1 Casa rural pre-guerra	440	203	296
T2 Casc antic fins 40	182	124	156
T3 Eixample 40	203	148	184
T4 Casa post guerra	587	328	416
T5 Casa muntanya	34	20	25
T6 Postguerra ciutat	1.256	954	1.197
T7 Edificis habitatges muntanya	28	18	25
T8 Adossada post 79	175	115	159
T9A Post 79	9	5	8
T9M Post 79	128	55	107
T10 Adossada post 87	320	99	273
T11A Post 87	7	0.0	7
T11M Post 87	214	0.0	118
TOTAL	3.582	2.071	2.971

De la taula anterior s'observa que si es rehabilitessin el 2% anual de tots els habitatges de Catalunya fins el 2015 i seguint els requisits de l'escenari

- EFIC caldria una inversió de **2900 M€** per aconseguir un estalvi de **226 kt CO₂/any**. Això vol dir un cost de 13 €/kg CO₂ estalviat, si s'imputa tot el cost de la inversió en un anys i **0,33 €/kg CO₂ estalviat /any** considerant un temps de vida útil residual de l'edifici igual a 40 anys.

Recordem que, pels altres escenaris, segons els resultats presentats al capítol anterior.

- CTE caldria una inversió de **3600 M€** per aconseguir un estalvi de **213 kt CO₂ /any**. Això vol dir un cost de 17 €/kg CO₂ estalviat si s'imputa tot el cost de la inversió en un anys i **0,45 €/kg CO₂ estalviat /any** considerant un temps de vida útil residual de l'edifici igual a 40 anys
- DEC caldria una inversió de **2070 M€** per aconseguir un estalvi en les emissions de **92 kt CO₂/any** en el cas de l'escenari DEC. Això vol dir un cost de 22 €/kg CO₂ estalviat si s'imputa tot el cost de la inversió en un anys i **0,55 €/kg CO₂ estalviat /any** considerant un temps de vida útil residual de l'edifici igual a 40 anys

Per tant, és clar que amb l'escenari EFIC s'aconseguiria reduir les emissions de CO₂ a un cost més baix que el millor dels escenaris normatius.

4.5 Conclusions

Segons els resultats anteriors, es conclou que:

- Segons l'indicador desenvolupat EEC (Energia estalviada – cost), les mesures més eficients des d'un punt de vista estalvi energètic – cost són: la millora de les finestres, la limitació del factor solar a l'estiu, l'aïllament de coberta, façanes i forjats interiors (que separen espais condicionats d'espais no condicionats).
- Segons l'indicador desenvolupat EEC (Energia estalviada –cost) l'aïllament dels tancaments tipus envans, mitgeres i soleres no són gaire eficients. És a dir, reben una puntuació inferior a 5, segons l'escala de qualificació definida a la metodologia.
- Per tant, es proposa que les normatives tèrmiques, tant l'estatal com la catalana, podrien millorar fent èmfasi en l'aplicació de les mesures més eficients: millora de les finestres, limitació del factor solar a l'estiu, aïllament de cobertes, façanes i forjats interiors que separin espais condicionats dels que no estan condicionats). També haurien de tenir en compte les diferents zones climàtiques.
- S'han trobat les següents deficiències o limitacions en les normatives estudiades:
 - La normativa actual estatal, CTE, considera l'aïllament dels tancaments tipus: envans, soleres i mitgeres. Segons l'indicador, EEC, l'aïllament d'aquests tipus de tancament no suposa un estalvi significatiu però sí un cost afegit a la inversió total en l'habitatge. Això fa que el temps de retorn de la inversió augmenti considerablement.
 - La normativa catalana, DEC, no té en consideració l'aïllament de tancaments com coberta i forjats interiors. L'aïllament d'aquest tipus de tancament suposa un estalvi important en la demanda global de l'habitatge.
 - La normativa catalana limita el factor solar de les finestres a 0,35 sigui quina sigui la zona climàtica i el percentatge de vidre. Aquest fet, fa que la demanda de calefacció augmenti considerablement perquè es redueixen els guanys solars. Per tant, es proposa que el factor solar es limiti només a l'estiu.
 - La normativa catalana no diferencia entre les diferents zones climàtiques per a establir el límit de la U dels tancament façana o de les finestres. Això fa que en les zones climàtiques 3 i 4, els límits de l'escenari DEC siguin menys restrictius que els de l'escenari CTE.
- Si es tenen en compte només les accions de millora eficients dels escenaris CTE i DEC, aleshores l'estalvi aconseguit és equivalent al que s'aconsegueix amb l'escenari CTE, però el cost associat pot arribar a ser fins un 30% inferior per les tipologies més antigues. Això fa que el temps de retorn de la inversió, també es redueixi considerablement per aquest escenari, EFIC, fins un 25% per aquestes tipologies.

- Segons l'escenari més eficient, EFIC, l'ordre de prioritats, segons el temps de retorn, per a la rehabilitació dels habitatges és el següent:

Taula 4.5-1 Ordre de prioritats de les tipologies segons els anys de retorn de la inversió. Escenari EFIC

	Tipologia	Temps de retorn (Anys)
Habitatges muntanya	T7	15
	T5	15
Habitatges construïts abans normativa 79	T2	19
	T3	19
	T4	19
	T1	23
	T6	25
	T8	32
Post – normativa 79	T9A	34
	T9M	35
	T11A	50
Post – normativa 87	T11M	>50.0
	T10	>50.0

- I les mesures més eficients per a cada tipologia segons l'escenari EFIC són les següents

Taula 4.5-2 Valors de EECi promig per a cada mesura per ordre de prioritats. Escenari EFIC

	Façanes	Coberta	Forjats	Finestres	Prot. Solars
T1	8,3	11,1	0,0	3,6	8,9
T2	7,9	12,7	1,2	6,3	17,6
T3	5,9	18,4	1,5	3,8	17,1
T4	9,5	10,0	0,0	6,4	19,4
T5	16,8	25,0	0,0	13,6	0,0
T6	2,9	3,3	3,8	6,6	15,0
T7	20,8	21,3	9,1	10,9	0,0
T8	1,3	0,7	0,2	6,2	15,7
T9A	2,0	1,1	4,1	7,3	0,0
T9M	2,5	1,7	1,6	9,4	0,0
T10	2,3	1,1	1,4	0,0	0,0
T11A	2,1	2,4	10,0	0,0	0,0
T11M	1,5	1,1	4,5	0,0	0,0

Finalment, cal dir que aquests resultats proporcionen elements per orientar a l'elaboració de polítiques destinades a recolzar la implementació d'aquestes mesures amb instruments com subvencions. Malgrat això, la decisió sobre quines mesures cal portar a terme per a cada edifici individual hauria de basar-se en una avaluació prèvia que tingui en compte la situació individual de l'edifici.

- Segons el potencial tècnic d'estalvi, tenint en compte, tot el parc d'habitatges de Catalunya al 2005, l'escenari EFIC suposaria un 34% d'estalvi en les emissions .
- Tenint en compte un 2% de rehabilitacions anuals i una construcció de 50000 habitatges/anys fins el 2015, per l'escenari EFIC caldria una inversió de 2900 M€ per aconseguir un estalvi de 226 kt CO₂/any, és a dir un 34% de l'estalvi que preveu el Pla d'energia de Catalunya(DTI, 2006). A més, aquest escenari suposa un cost de 13 €/kg CO₂ estalviat. Cal recordar que aquest cost era de 17€ per l'escenari CTE i 22 € per l'escenari DEC si s'imputa tot el cost d'inversió en un any. Si es reparteix el cost entre tots els anys de vida útil residual de l'edifici (suposant 40 anys) el cost seria: 0,33 per EFIC, 0,45 per CTE i 0,55 per DEC.

IV. CERTIFICACIÓ ENERGÈTICA D'EDIFICIS

Introducció

Com ja s'ha explicat en el capítol 2, existeix una altra metodologia, no oficial, de certificació energètica d'edificis que és un dels resultats del projecte europeu CEPEC¹².

Al projecte han participat diverses entitats catalanes: Agència d'Energia de Barcelona, Barcelona Regional, Col·legi d'Arquitectes de Catalunya i Sistemes Avançats d'Energia Solar Tèrmica, SCCL i col·labora la Universitat Politècnica de Catalunya mitjançant la realització de part d'aquesta tesi doctoral. El consorci internacional el completen: European Photovoltaic Industry Association, Berliner Energieagentur GmbH, City of Malmö, HSB Malmö i Skane Energy Agency. El projecte està coordinat per Barcelona Regional i ha de dur a terme cinc accions (Ivancic & Salom, 2005):

1. Ordenança Fotovoltaica a Barcelona i l'avaluació d'aquesta mesura a altres ciutats
2. **Etiquetatge i qualificació Energètica a edificis de la Ciutat de Barcelona i Malmö**
3. Contractació de Serveis Energètics Integrals amb garantia d'estalvi
4. Monitorització del Pla de Millora Energètica de Barcelona i comprovació de les polítiques energètiques a altres ciutats participants
5. Difusió de resultats

Com a resultat de la segona acció, s'ha desenvolupat una metodologia de certificació energètica d'edificis, d'ara i endavant, CEPEC. L'autora d'aquesta tesi ha participat de forma activa en el desenvolupament i validació d'aquesta metodologia col·laborant amb els responsables del projecte. De fet, el co-director d'aquesta Tesi doctoral, el Dr. Eng. Alex Ivancic, és el responsable i coordinador del projecte.

La metodologia de certificació desenvolupada dins aquest projecte pretén ser una metodologia fiable però de fàcil utilització pels usuaris que utilitzaran aquesta eina. El sistema de qualificació és similar però no equivalent al que proposa la proposta de Real Decret de Certificació Energètica d'edificis, és a dir, la qualificació es fa mitjançant una lletra en funció del percentatge d'estalvi respecte l'edifici de referència, però a CEPEC es tenen en compte més usos com els equips, la il·luminació i altres aspectes qualitius.

¹² CEPEC. Comprehensive Energy Planning in European Cities, fou aprovat pel Programa Europeu ALTENER de la DG TREN de la Comissió Europea, a la convocatòria del 2002, i rep un cofinançament europeu del 50% del seu pressupost. ALTENER Z/02 – 072/2002

Les tasques a realitzar per l'obtenció de l'eina de certificació han estat les següents:

Taula 4.5-3 Tasques metodologia de certificació CEPEC

Tasca	Contingut
1	Definició de conceptes bàsics
2	Identificació de la metodologia tècnica
3	Anàlisi del procés administratiu de promoció d'un edifici + reflexió de la certificació energètica
4	Revisió d'experiències alienes
5	Revisió i anàlisi d'eines existents
6	Definició conceptual de l'eina
7	Recopilació d'inputs per al desenvolupament de l'eina
8	Confecció de l'eina
9	Proves de coherència, depuració d'errors
10	Propostes simplificació, optimització del procés
11	Proves de consistència i sensibilitat davant simplificacions
12	Document de protocol de l'aplicació
13	Proves de l'eina prototip CEPEC
14	Valoració de recursos necessaris per l'aplicació de la metodologia

L'autora d'aquesta tesi ha participat de forma activa en totes les tasques excepte la 2, la 3, la 7 i la 8.

A banda de participar activament en la majoria de les tasques, era la responsable de les tasques 4, 5, 6.1 (determinació de la demanda energètica de l'edifici), 12.1 (protocol de determinació de la demanda) i 13. Els resultats del treball de les tasques 4 i 5, revisió d'experiències alienes i revisió i anàlisi d'eines existents, s'han presentat en el capítol 2 de la present tesi (Marc General). Els resultats de la resta de treballs on l'autora d'aquesta tesi era la responsable, es presenten en aquesta part de la tesi.

L'esquema de la metodologia de treball de les tasques que es desenvoluparan en aquest quart bloc del document es presenten a la següent taula. En els propers capítols s'especificarà amb més detall les metodologies de cada tasca.

Taula 4.5-4 Esquema de la metodologia.

Tasca	Contingut
6	Definició conceptual de l'eina.
6.1	Escollir software per avaluar la demanda de calefacció i refrigeració de l'edifici
6.1.1	Definició dels softwares de càlcul de demanda energètica que es volen comparar.
6.1.2	Avaluació qualitativa dels softwares. Definició de la Taula de criteris per comparar els diferents softwares.
6.1.3	Avaluació de la fiabilitat dels resultats dels softwares estudiats.
8	Confecció de l'eina
11	Proves de consistència i sensibilitat davant simplificacions.
11.1	Determinar les simplificacions assumibles per introduir l'edifici al software

Tasca	Contingut	
		de càlcul de la demanda de calefacció i refrigeració escollit al punt anterior.
13	Proves de l'eina prototip CEPEC.	
	13.1	Selecció de la mostra d'edificis a avaluar
	13.2	Selecció dels grups avaluadors
	13.2	Certificació dels edificis amb CEPEC

Així doncs, en el capítol 5, s'exposaran els resultats obtinguts en l'elecció del software per determinar la demanda de calefacció i refrigeració de l'edifici. En el capítol 6, es presentaran els resultats obtinguts de les proves de consistència i sensibilitat davant simplificacions en el càlcul de la demanda. En el capítol 7, es presentarà l'eina definitiva de forma resumida i els resultats obtinguts de les proves de l'eina pilot CEPEC. Al capítol 8, es presenten els resultats de la comparació de les dues eines CEPEC i CALENER VyP.

Finalment, al capítol 9 s'avaluarà com afecta a la metodologia oficial de certificació, CALENER VyP, diferents paràmetres com el tipus de font energètica o la zona climàtica entre d'altres.

5 Metodologia de certificació energètica CEPEC. Càlcul de la demanda

5.1 Introducció

El càlcul de la demanda és el primer pas en el procés de certificació energètica d'un edifici. No es pot perdre de vista l'objectiu principal d'aquest estudi perquè el que es pretén, no és dimensionar els equips que hauran de subministrar la demanda de calefacció i refrigeració de l'edifici, sinó avaluar de forma relativa la demanda energètica d'un edifici comparant-la amb un de referència, tal i com demana la legislació. Això vol dir que, l'exactitud¹³ dels resultats no és el punt més important a tenir en compte a l'hora decidir quin és el software més adequat. Aspectes com la facilitat a l'hora d'introduir les singularitats de l'edifici, dades relatives a materials, tipus de tancaments, dades climatològiques, etc... prenen importància. Evidentment, la fiabilitat¹⁴ dels resultats obtinguts també és un punt crític a tenir en compte.

Els resultats obtinguts han estat integrats en els treballs realitzats pel Foro de Simulación Energética en la Edificación (Macias & Garrido, 2005) . Aquest foro sorgeix de la inquietud provocada en diferents usuaris de programes de simulació energètica davant l'aprovació del nou Codi Tècnic de l'Edificació, en el que s'estableix un programa com eina pel càlcul de la demanda energètica d'un edifici (LIDER) quan s'aplica l'opció general, així com l'eina per la qualificació energètica, CALENER en l'aplicació de la Directiva 2002/91/CE. Aquest Foro està format, de forma completament desinteressada, per més de 15 professionals provinents de diferents sectors públics i privats relacionats amb l'àmbit energètic en l'edificació.

5.2 Objectiu

L'objectiu principal d'aquest capítol és escollir el software que determini la demanda energètica de l'edifici per a la metodologia de certificació CEPEC, en funció dels criteris qualitius i de fiabilitat dels resultats establerts en el següent punt.

¹³ Exactitud: Proximitat entre el resultat obtingut i el valor real.

¹⁴ Fiabilitat: Grau de concordança entre els resultats obtinguts si s'aplica de forma repetitiva el mètode.

5.3 Metodologia

Els softwares estudiats són: LIDER, TRNSYSlite i CODYBA i s'han escollit pels següents motius:

- LIDER: software elaborat pel Ministerio de Vivienda per assegurar el compliment de la normativa vigent sobre consum energètic en edificis (CTE). Malgrat aquest és el programa oficial que es cedeix de forma gratuïta als professionals interessats, no serà l'únic que es podrà utilitzar. Qualsevol altre programa que passi un procés d'acreditació realitzat per l'organisme competent serà apte per ser utilitzat. Cal dir que LIDER no és un software de simulació de demanda, sinó de compliment de normativa. LIDER realitza una simulació dinàmica per determinar la demanda energètica de l'edifici objecte i la compara amb l'edifici de referència. Els resultats mensuals de la demanda són accessibles per l'usuari, però no de forma directa, sinó en un arxiu que es pot exportar a un full de càlcul i que es troba en la carpeta "Resultados". Aquesta carpeta es pot trobar en la carpeta general d'instal·lació del software. A les versions inicials de LIDER, quan es va començar aquest estudi, els resultats sí que eren visibles i accessibles per l'usuari de forma directa, però en les versions funcionals es van eliminar de la interfície i només es dona un resultat percentual respecte l'edifici de referència. Això va fer que es plantegés la possibilitat de deixar de considerar LIDER com a software per obtenir les dades de demanda. Però, com s'ha dit, aquestes dades continuen estant disponibles i per tant, no es va desestimar LIDER com una opció.

Els altres softwares estudiats que podrien ser utilitzats de forma opcional, si passessin el procés d'acreditació són:

- TRNSYSlite: Versió simplificada del software de simulació TRNSYS. Aquest és un dels softwares més prestigiosos en quant a simulació energètica d'edificis, però també de més grau de complexitat. És per això que la versió simplificada de TRNSYS resulta una eina interessant per la seva simplicitat i fiabilitat.
- CODYBA: Programa, desenvolupat per CETHIL (INSA – Lyon Thermal Center (CET)) sense cap ajuda estatal. La disponibilitat del software així com la fluida relació amb els creadors del software van fer que es considerés com a tercer software objecte d'estudi.

Els resultats que apareixen en aquest capítol relatius a la simulació dels edificis obtinguts pels softwares TRNSYS, ENERGY+, RADTHERM, DOE i TRACE han estat cedits pels integrants del Foro de simulación energética de edificios de forma desinteressada, com ja s'ha explicat anteriorment.

El mètode escollit per a realitzar la selecció pretén avaluar:

- Els aspectes qualitius com la facilitat d'ús, necessitat i introducció de dades, interpretació de resultats, existència o no de llibreries Standard i d'usuari que puguin ser modificables, etc.
- La fiabilitat dels resultats obtinguts pels diferents programes utilitzant la metodologia BESTEST de validació d'eines de simulació que es troba descrita en l'estàndard 140-2001 de l'ASHRAE. (ASHRAE, 2001) També es va estudiar la resposta dels softwares sobre dues tipologies d'edifici (habitatge i oficines).

Per poder avaluar tant la fiabilitat dels resultats com els aspectes qualitius es fa necessari un coneixement profund dels softwares.

Cal dir que durant la realització d'aquest treball el software LIDER no estava completament desenvolupat. Al començament es va treballar amb la versió CTE2001, posteriorment amb LIDER + EG (Entrada gràfica) i finalment amb l'última versió de LIDER que ja té l'entrada gràfica integrada. En el procés d'aprenentatge d'aquest software es va col·laborar amb els creadors per identificar errors i aportar suggerències per ser incorporades, en la mesura del possible, a l'última versió del software. Algunes de les qüestions plantejades als responsables del desenvolupament de LIDER han estat integrades al manual d'usuari que LIDER incorpora. (LIDER, 2006).

En quant a TRNSYSlite, es va comptar amb la col·laboració dels distribuïdors de TRNSYS a Espanya, l'empresa AIGUASOL per solucionar les dificultats que anaven sorgint. A l'Annex B.1 es fa una breu descripció dels punts més rellevants per a cada un dels softwares avaluats.

A continuació es presenta la metodologia utilitzada per valorar els softwares de forma qualitativa i també la fiabilitat dels resultats obtinguts.

5.3.1 Valoració qualitativa

Per l'avaluació dels aspectes qualitius s'han definit una sèrie de criteris segons tres nivells d'importància: 1, 2 i 3 de més a menys important. Cada nivell té diferents graus d'acompliment i per tant de puntuació. Els valors de puntuació es defineixen a la **Taula 5.3-1**.

Taula 5.3-1 Valors de puntuació dels criteris d'avaluació

Nivell	Puntuació	Criteri
Nivell 1	12	Qualitat pràcticament imprescindible o preferent.
	6	Qualitat molt interessant.
	3	Poc interessant, pot ser un inconvenient.
	NA	No Apte
Nivell 2	6	Qualitat pràcticament imprescindible o preferent.
	3	Qualitat molt interessant.
	1	Poc interessant, pot ser un inconvenient.
	NA	No Apte
Nivell 3	3	Qualitat pràcticament imprescindible o preferent.
	2	Qualitat molt interessant.
	1	Poc interessant, pot ser un inconvenient.
	NA	No Apte

Taula 5.3-2 Criteris d'avaluació dels softwares.

CONCEPTE	OBSERVACIONS	NIVELL	PUNTS
1.- ACCESSIBILITAT/ DISPONIBILITAT/ PRESTACIONS GENERALS			
1.1 COST PROMOTOR			
Disposició lliure	Free-ware, shareware, programes institucionals	1	12
Disposició lligada negociació	Adquisició de llicència multi us, etc.		6
Disposició limitada	Sistema de lloguer per temps, etc.		3
Adquisició costosa	Més de 150€		NA
1.2 QUALIFICACIÓ DE L'USUARI			
Usuari no especialista	No requereix més formació que l'estudi de l'ajuda i/o manual	2	6
Usuari especialista	Requereix curset o consultes externes.		3
Usuari molt especialitzat	En la pràctica, només dedicat a això; consultor extern		1
1.3 IDIOMA			
Català/castellà		3	3

CONCEPTE	OBSERVACIONS	NIVELL	PUNTS
1.- ACCESSIBILITAT/ DISPONIBILITAT/ PRESTACIONS GENERALS			
Altres	Si no hi ha possibilitat de modificació		NA
1.4 SISTEMA OPERATIU			
Windows		1	12
Altres sense Windows			NA
1.5 EDIFICI DE REFERENCIA			
Generació automàtica		1	12
Generació semiautomàtica			6
No genera			3
1.6 FORMA DE CàLCUL			
Hora- hora tot l'any		1	12
Mensuals			3
Només càlculs estacionals	Extrapolant resultats.		NA
1.7 ENTRADA DE DADES			
Directa de CAD		1	12
Variable gràfica - numèrica			6
Gràfica			6
Numèrica			3
1.8 FRIENDLINESS			
Alta ergonomia	Us intuïtiu	2	6
Mitja ergonomia			3
Poc ergonòmic	Farragós i lent		1
1.9 EXPORTABILITAT ALTRES PROGRAMES			
Format compatible amb altres programes		2	6
Format no compatible			3
1.10 AJUDA A L'USUARI			
Ofereix ajuda sobre funcionament		2	6
Ofereix ajuda sobre alternatives			3
Només té manual			1
Críptic, sense cap ajuda			NA
CONCEPTE	OBSERVACIONS	NIVELL	PUNTS
2.- VARIABLES DE CàLCUL			
2.1 ZONES			
Multizona	Sempre es pot considerar com una zona.	1	12
Unizona			6
2.2 CLIMA I ENTORN			

CONCEPTE	OBSERVACIONS	NIVELL	PUNTS
1.- ACCESSIBILITAT/ DISPONIBILITAT/ PRESTACIONS GENERALS			
2.2.1 ORIENTACIONS			
Permet totes les orientacions.	Entrada per graus, múltiples façanes	1	12
Permet orientacions bàsiques	Només 8 o 6 orientacions		6
Orientacions predeterminades			NA
2.2.2 RADIACIO I CONDICIONS EXTERIORS			
Dades específiques de Barcelona		1	12
Entrada manual de dades			3
No dades de Barcelona	Necessita d'altres fonts externes.		NA
2.2.3 OMBRES			
Pròpies + projectades	Calcula les projectades per cossos sortints, ràfecs,.. + entorn	1	12
Projectades o pròpies			6
Introducció d'ombres calculades a banda			3
No considera ombres			NA
2.3 CONDICIONS INTERIORS			
2.3.1 PERFILS D'USOS (ocupació)			
Perfil d'usos predeterminat per tipologia		2	6
Permet establir perfils d'usos			3
No considera usos			NA
2.3.2 TEMPERATURES INTERIORS			
Permet definir-les acuradament	Dia/nit	2	6
Permet definir-les globalment	Mensualment		3
Valors predeterminats	Estacionalment		1
2.4 VOLUM I GEOMETRIA			
2.4.1 PLANTES			
Admet plantes diferents	Admet geometries complexes (àtics, etc.)	1	12
No admet plantes diferents	Associa l'edifici a un prisma poc complex.		NA
2.4.2 COBERTES			
Admet geometries complexes	Diverses vessants, diversos tipus	1	12
Admet només geometries simples	Només coberta plana, a dues aigües, etc.		3
2.4.3 PATIS			
Patis caracteritzables	Amb coberta transparent, descoberts, etc.	1	12
Admet l'existència de patis			6
No admet patis			NA
2.4.4 COMPOSICIÓ INTERIOR			
Admet definició acurada dels interiors	Masses i volums per càlcul d'inèrcia.	1	12

CONCEPTE	OBSERVACIONS	NIVELL	PUNTS
1.- ACCESSIBILITAT/ DISPONIBILITAT/ PRESTACIONS GENERALS			
Considera estadísticament els interiors	Atorga pesos per m2, etc.		6
No considera la composició interior			NA
2.5 TRANSFERÈNCIA ENERGÈTICA			
2.5.1 GUANYES PER RADIACIÓ			
Factor solar vidre variable	Es poden establir diversos, a gust de l'usuari	1	12
Proteccions mòbils	Persianes, tendals, lames mòbils, etc.		12
Proteccions fixes	Lames fixes		12
Consideració ubicació fusteria	A cara exterior o interior de façana es bastant diferent		6
Admet/reconeix finestres inclinades	Considerant orientació i inclinació.		6
No admet proteccions solars			NA
2.5.2 TRANSMISSIÓ - TIPUS TANCAMENT			
Tancaments verticals variables	Diferents solucions constructives de façana	1	12
Cobertes variables	Diferents solucions constructives de coberta		12
Tancaments amb "no exterior"	Mitgeres, sobre locals o aparcaments, etc.		12
Tancaments a patis			12
2.5.3 TRANSMISSIÓ - COMPOSICIÓ TANCAMENT			
Tipus de vidre variable	Senzill, doble, de baixa emissivitat	1	12
Aïllants tèrmics mòbils	Porticons, cortines, etc.		6
Considera colors superfícies	Temperatura sol-aire		6
Libreria ampliable de solucions	Molt directe		12
Libreria de materials lliure	Permet compondre els tancaments, més feina, més exacte		12
Considera ponts tèrmics			12
Sense llibreria			3
Libreries no ampliables/no adequades			NA
2.5.4 SISTEMES DE CAPTACIÓ			
Admet i calcula sistemes passius	Galeries, captació per façana, murs captadors, etc.	1	12
CONCEPTE	OBSERVACIONS	NIVELL	PUNTS
3.- RESULTATS			
3.1 RESULTATS BÀSICS			
Dades anuals i mensuals, diàries, etc.		1	12
Dades mensuals			6
Dades només anuals o estacionals			3
Sense dades anuals			NA
3.2 FORMAT DELS RESULTATS			

CONCEPTE	OBSERVACIONS	NIVELL	PUNTS
1.- ACCESSIBILITAT/ DISPONIBILITAT/ PRESTACIONS GENERALS			
Numèrics i gràfics		1	12
Només numèrics			6
Només gràfics			3
3.3 COMPARA AMB L'EDIFICI REFERÈNCIA			
Sí		1	12
No			3

5.3.2 Valoració fiabilitat dels resultats

Els tres softwares estudiats estan validats segons metodologia BESTEST. La Metodologia BESTEST de validació d'eines de simulació, es troba descrita en l'estàndard 140-2001 de l'ASHRAE (ASHRAE, 2001)

Cal però, tenir en compte, que TRNSYSlite és una versió simplificada de TRNSYS i que és aquest últim el que està validat segons la metodologia BESTEST, però com el motor de càlcul és el mateix, s'entén que la validació també seria vàlida per TRNSYSlite.

Això implica que els resultats obtinguts per aquests softwares estan dintre dels intervals acceptats dels resultats obtinguts per altres programes que també estan validats segons aquesta metodologia. Evidentment, això no vol dir que els resultats siguin idèntics entre si, sinó que els marges d'error o de variabilitat entre els resultats són acceptables. Per tant, la fiabilitat dels resultats dels tres softwares ja està demostrada per nombrosos estudis realitzats. (Noël, 2004) (Neymark, 2001) (Simonin, 2001) (Molina J. , 2006).

El propòsit de la metodologia BESTEST és la creació d'un patró uniforme de casos inconfusibles per a la comparació de diferents softwares i programes de diagnòstic. No tots els programes requereixen la mateixa informació d'entrada, així que aquest mètode està dissenyat de manera que permet comprovar diferents softwares de simulació d'edificis segons el nivell de complexitat de modelatge

La metodologia consisteix en seguir una sèrie de tests que van numerats del 195 (el més senzill) fins al 990 (el més realista) i comparar els resultats.

La geometria bàsica dels edificis és una zona rectangular sense particions interiors.

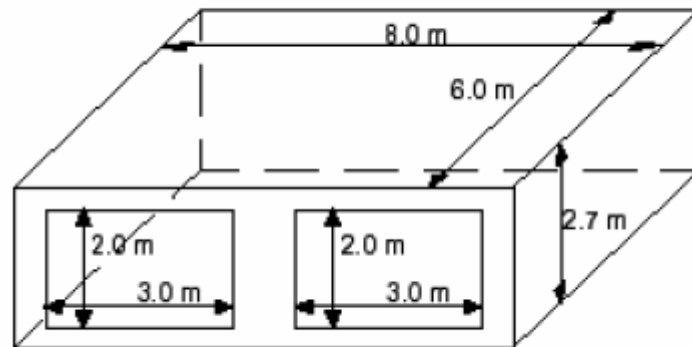


Figura 5.3-1 Geometria bàsica dels casos segons metodologia BESTEST

Els casos que es presenten a continuació són els de les sèries 600 i 900. Els casos de la sèrie 600 correspon a edificis de baixa inèrcia tèrmica i els de la sèrie 900 a alta inèrcia tèrmica.

Aquests són els casos on es poden comparar els resultats obtinguts pels tres softwares, TRNSYS, LIDER i CODYBA.

Taula 5.3-3 Resum dels paràmetres dels casos de les sèries 600 i 900 de la metodologia BESTEST.

Test	Setpoint			Càrrega interna Sí =200 W	Renovació aire Renovacions /hora	Emissivitat		Absorció ona curta		Vidre		Ombra	Inèrcia
	Nº	C	R			V	Int	Ext	Int	Ext	m ²		
600	20	27	-	Si	0,5	0.9	0.9	0.6	0.6	12	S	No.	Baixa
610	20	27	-	Si	0,5	0.9	0.9	0.6	0.6	12	S	1 m horitz.	Baixa
620	20	27	-	Si	0,5	0.9	0.9	0.6	0.6	6,6	E,O	No.	Baixa
630	20	27	-	Si	0,5	0.9	0.9	0.6	0.6	6,6	E,O	1 m horitz.	Baixa
640	20	27	-	Si	0,5	0.9	0.9	0.6	0.6	12	S	No	Baixa
900	20	27	-	Si	0,5	0.9	0.9	0.6	0.6	12	S	No	Alta
910	20	27	-	Si	0,5	0.9	0.9	0.6	0.6	12	S	1 m hortiz.	Alta
920	20	27	-	Si	0,5	0.9	0.9	0.6	0.6	6.6	E,O	No	Alta
930	20	27	-	Si	0,5	0.9	0.9	0.6	0.6	6.6	E,O	1 m hortiz.	Alta
940	20	27	-	Si	0,5	0.9	0.9	0.6	0.6	12	S	No	Alta
950	-	27	V	Si	0,5	0.9	0.9	0.6	0.6	12	S	No	Alta

C: Calefacció
R: Refrigeració
V: Ventilació
Or: Orientació
Int: Interior
Ext: Exterior

Cal dir que en molts casos s'han hagut de fer suposicions perquè alguns softwares no permeten modificar els paràmetres corresponents per avaluar cada cas concret.

El cas més evident és LIDER. Aquest és un software tancat que no permet modificar molts dels paràmetres. És per aquest motiu que la metodologia BESTEST no és vàlida per un usuari extern, però sí pels desenvolupadors de l'eina, que poden "jugar" amb tots els paràmetres del software. Per aquest motiu els resultats obtinguts amb LIDER seran els referenciats a l'informe (Molina J. , 2006) que corresponen només a les sèries 600 i 900. Aquests resultats són suficients per demostrar la fiabilitat dels resultats del software LIDER.

Amb l'objectiu de testejar els tres softwares en un cas pràctic, es va fer la simulació energètica de dues tipologies d'edificis (habitatges i oficines). A l'Annex B.3 es presenten les característiques geomètriques i d'ús dels dos edificis estudiats. Amb aquest cas es pretenia comprovar els resultats obtinguts i avaluar la dificultat de la introducció de les dades dels softwares.

5.4 Resultats i discussió

Les taules de criteris completades per cada un dels softwares estudiats es presenten en el punt 5.4.1. La valoració quantitativa dels resultats obtinguts es presenten en el punt 5.4.2.1.

5.4.1 Valoració qualitativa

A l'annex B.2 es presenta la taula completa amb la valoració quantitativa per a cada software. A continuació, es presenta la taula resum amb les puntuacions finals per categories.

Taula 5.4-1 Valoració qualitativa dels tres softwares. Taula resum

CONCEPTE	LIDER	TRNSYSLITE	CODYBA
TOTAL 1. ACCESSIBILITAT/ DISPONIBILITAT/ PRESTACIONS GENERALS	66	52	52
TOTAL 2. VARIABLES DE CàLCUL	265	189	234
TOTAL 3. RESULTATS	30	27	27
TOTAL	361	268	313

Segons aquests resultats el software més adient, segons els aspectes qualitatius és LIDER seguit de CODYBA i, per últim, TRNSYSLITE. Cap dels tres softwares té algun concepte considerat invalidant.

5.4.2 Valoració de la fiabilitat dels resultats.

5.4.2.1 Resultats BESTEST

Els resultats obtinguts per cada software estan extrets de les publicacions referenciades (Molina J. , 2006)] pel que fa a LIDER i TRNSYS i (Noël, 2004) pel que fa a CODYBA.

A continuació es presenten els gràfics pels casos de la sèrie 600 de baixa inèrcia.

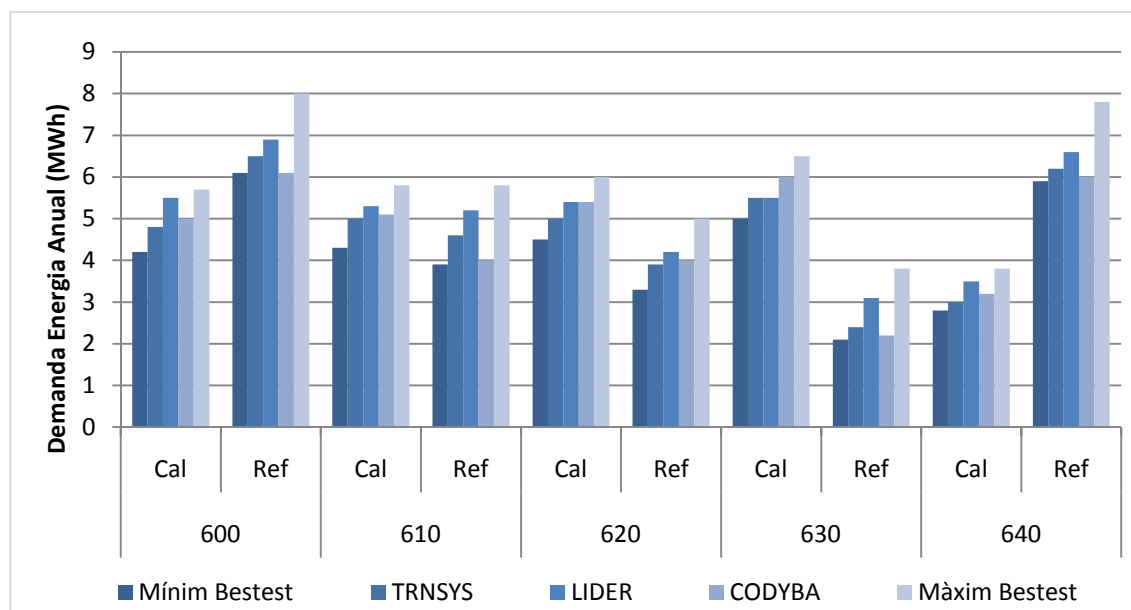


Figura 5.4-1. Resultats obtinguts pels softwares LIDER, TRNSYS i CODYBA pels casos de la sèrie 600 de baixa inèrcia.

En els casos d'edificis amb tancaments de baixa inèrcia tèrmica, els resultats obtinguts pels tres softwares en quant a demanda d'energia anual, tant per calefacció com per refrigeració, es troben entre els valors mínims i màxims obtinguts amb altres softwares validats mitjançant metodologia BESTEST. Per tant, en aquests casos els resultats obtinguts tant per TRNSYS (i per tant, per TRNSYSlite), LIDER i CODYBA es poden considerar fiables

A continuació es presenten els gràfics pels casos de la sèrie 900 d'alta inèrcia.

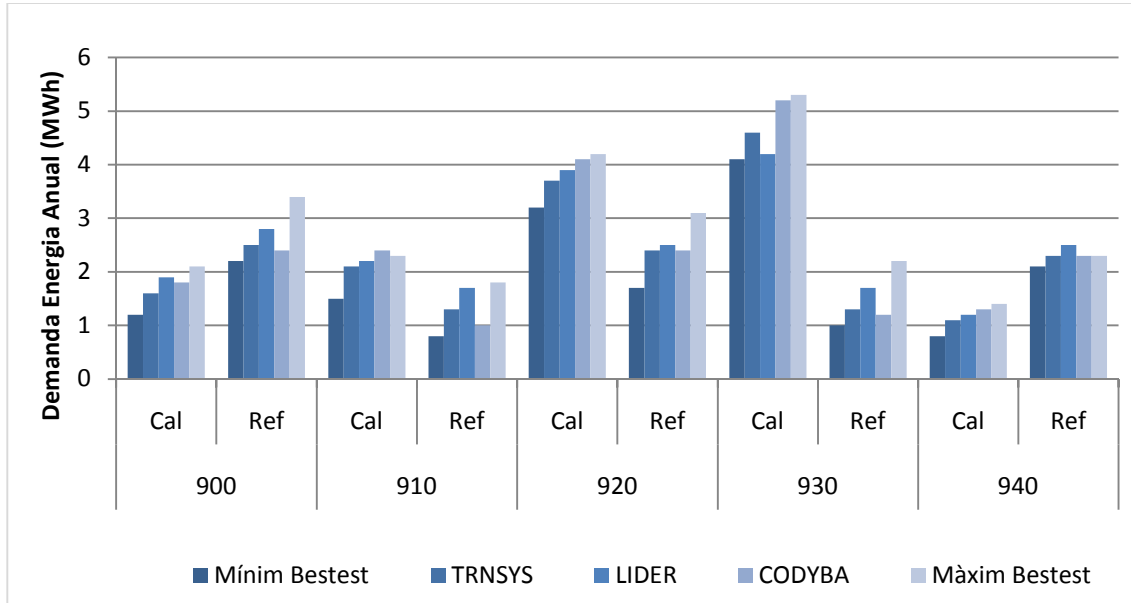


Figura 5.4-2. Resultats obtinguts pels softwares LIDER, TRNSYS i CODYBA pels casos de la sèrie 900 d'alta inèrcia.

De forma anàloga, en els casos d'edificis amb tancaments d'alta inèrcia tèrmica, els resultats obtinguts pels tres softwares en quant a demanda d'energia anual, tant per calefacció com per refrigeració, es troben entre els valors mínims i màxims obtinguts amb altres softwares validats mitjançant metodologia BESTEST. Per tant, en aquests casos, també els resultats obtinguts tant per TRNSYS (i per tant, per TRNSYSlite), LIDER i CODYBA es poden considerar fiables. Només cal destacar que pel cas 940 la demanda de refrigeració obtinguda per LIDER és lleugerament superior al valor màxim, però aquesta diferència és pràcticament menyspreable.

5.4.2.2 Resultats edifici residencial i edifici d'oficines

L'edifici escollit té una superfície total de 900 m² dividits en tres plantes i està orientat nord-sud. Cada planta té 5 espais corresponents a les quatre orientacions de la zona perimetral de la planta més una zona interior.

A la següent imatge es pot veure la representació gràfica obtinguda pel software LIDER.

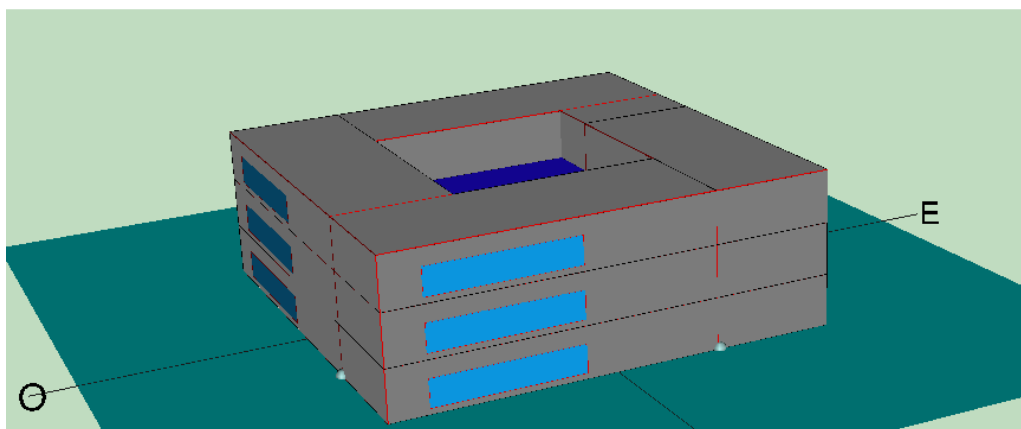


Figura 5.4-3. Edifici residencial i d'oficines.

A l'Annex B.3 s'explica en detall les dades utilitzades per a cada programa en funció de les seves particularitats d'ús i els resultats obtinguts. A continuació s'exposen els resultats i les conclusions a les que s'han arribat.

Segons el CTE en el seu DB-HE1, el règim de calefacció correspon als mesos de gener, febrer i desembre i el règim de refrigeració als mesos de juny, juliol, agost i setembre. Per aquest motiu, només es grafiquen els resultats dels mesos citats anteriorment.

Tenint en compte la composició dels tancaments utilitzats (modificant en funció de les possibilitats de la llibreria de TRNSYSlite), les càrregues internes i condicions d'ús definides segons CTE, els resultats obtinguts per l'edifici d'habitatges i l'edifici oficines són els següents:

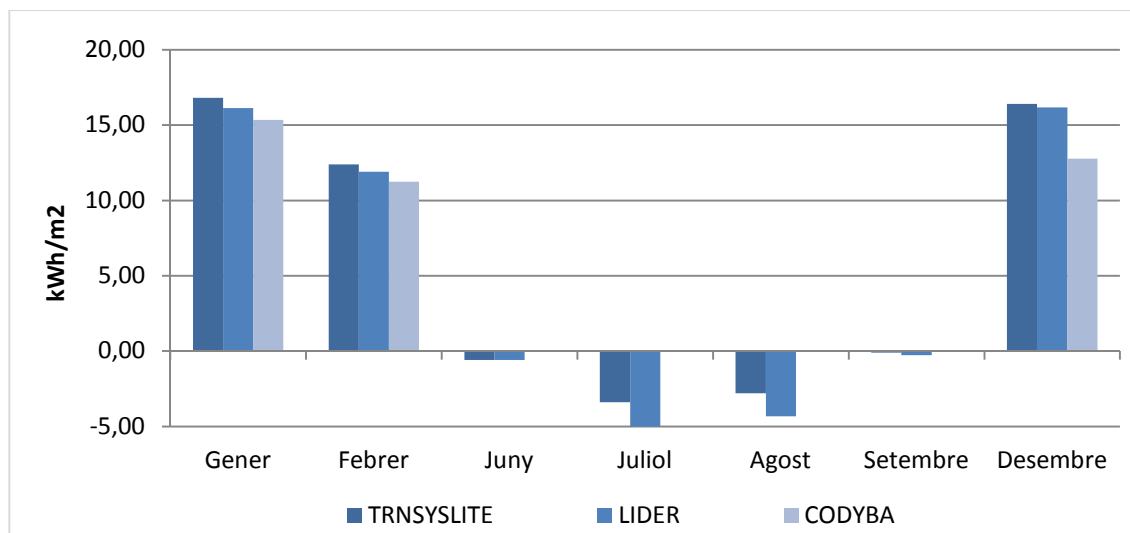


Figura 5.4-4. Demanda de refrigeració i calefacció per l'edifici habitatge.

Com es pot veure a figura anterior, la demanda de refrigeració de la simulació CODYBA és nul·la. Evidentment, això és un error provocat, probablement, pel desconeixement en la utilització del software. Després de consultar els desenvolupadors sense èxit, es va decidir deixar de considerar a CODYBA com una possibilitat.

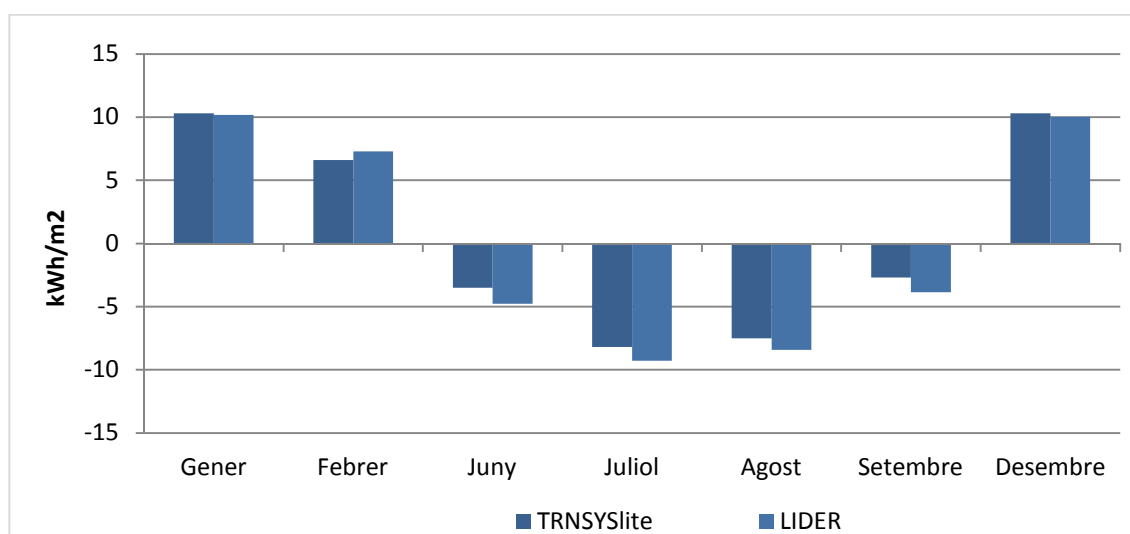


Figura 5.4-5. Demanda de refrigeració i calefacció per l'edifici oficines.

Els resultats obtinguts amb altres softwares, segons dades dels participants del FORO (Macias & Garrido, 2005) són els següents:

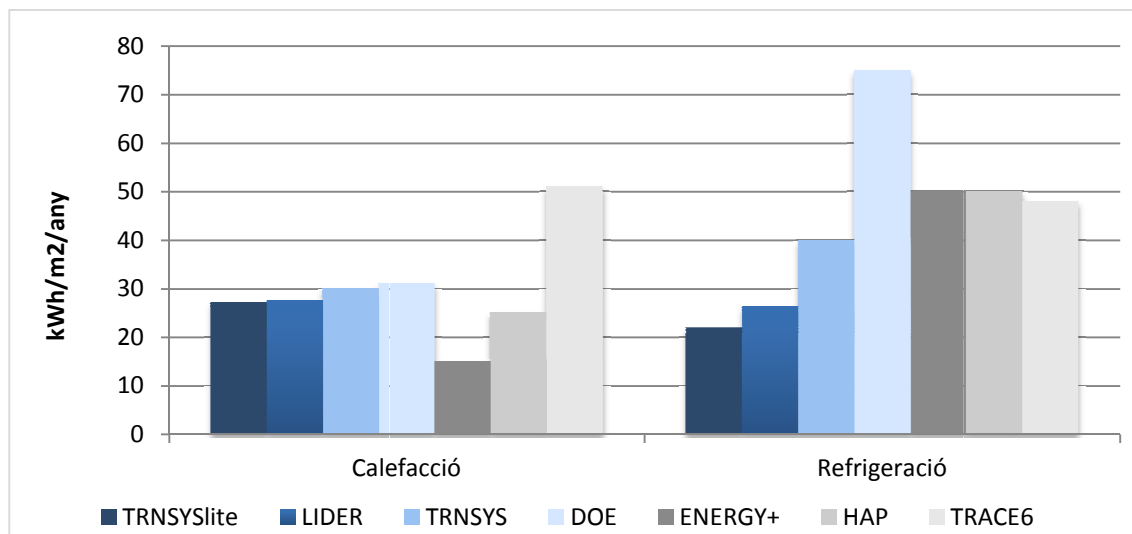


Figura 5.4-6. Demanda de refrigeració i calefacció per l'edifici oficines segons els softwares estudiats pels membres del FORO.

Els resultats són força variables amb tots els softwares, sobretot pel que fa referència a la demanda de refrigeració. La demanda anual de calefacció segons TRNSYSLITE, LIDER, TRNSYS i DOE és molt similar. En canvi, per refrigeració els valors obtinguts per DOE es disparen i poden, fins i tot, duplicar o triplicar els obtinguts per TRNSYSLITE i LIDER. Un dels factors clau que pot explicar la variabilitat en els resultats obtinguts és el número de persones implicades en la introducció de dades. Cada software ha estat utilitzat per persones diferents excepte LIDER i TRNSYSLITE, que han estat els softwares utilitzats per l'autora d'aquesta tesi.

Cal destacar que LIDER i TRNSYSLITE (que són els dos softwares que es vol comparar) obtenen valors molt similars. És per aquest motiu que, donat que tots els softwares comparats han estat validats mitjançant la metodologia Bestest, com s'ha vist anteriorment, s'accepta que els resultats són fiables i que la variabilitat en els resultats depèn, bàsicament, de factors externs, com la introducció de dades, suposició de paràmetres, i hipòtesis considerades. Aquests factors hauran de ser considerats i estudiats en el desenvolupament de la metodologia de certificació.

En quant a la dificultat en la introducció de les dades de l'edifici, cal dir que LIDER és bastant més complicat que TRNSYSLITE o CODYBA. Però el fet que la introducció sigui geomètrica permet un anàlisi més detallat de l'edifici. També es considera molt rellevant el fet que LIDER sigui el software de referència per al compliment del DB-HE1 en la seva opció general. Així no cal tornar a introduir les dades geomètriques i constructives per obtenir la qualificació energètica de l'edifici i per tant, el temps total necessari per obtenir aquesta qualificació serà menor.

5.5 Conclusions.

El software escollit per a determinar la demanda d'energia de l'edifici objecte de certificació és LIDER. Aquest és el software que obté més qualificació en la valoració qualitativa i la valoració sobre la fiabilitat dels resultats també és positiva.

A la següent taula s'indica de forma molt resumida les diferències més importants per cada un dels punts tractats i els que han fet que fos LIDER l'opció escollida

Taula 5.5-1 Taula resum característiques del TRNSYSlite, LIDER i CODYBA

criteri	LIDER	TRNSYSlite	CODYBA
Idioma	Castellà	Anglès o alemany	Francès, possibilitat de traducció
Introducció dades geomètriques	Complicat. Es necessita formació per poder dominar el software.	Molt fàcil. Definició de la superfície de tancaments, façanes i finestres.	Molt fàcil. Definició de la superfície de tancaments, façanes i finestres.
Dades climàtiques	Dades climàtiques de totes les capitals de província d'Espanya. Les altres ciutats es defineixen segons severitat climàtica a l'hivern i a l'estiu	Només 4 zones clima fins ara (Catalunya). Pensat per Alemanya, per tant s'ha "d'enganyar" al programa en quant les zones climàtiques.	Difícil si no es disposa de les dades de la localitat en qüestió.
Entorn de l'edifici	Sí ho considera	No ho considera	Sí ho considera
Definició de càrregues internes	Pre-definides pel programa en funció del tipus d'ús. Tancat, no es pot modificar.	A definir per l'usuari. Cap limitació. Definició segons horaris. Només existeixen dos tipus d'ús: residencial i oficines	A definir per l'usuari. Cap limitació. Definició segons horaris. Els perfils d'usos és per un dia o per una setmana
Tancaments	Existeix llibreria standard de materials. També llibreria que pot definir l'usuari introduint nous materials i tancaments.	Llibreria pre-definida, pensada per Alemanya. Possibilitat d'introduir nous tancaments, però no oberta a l'usuari	Existeix llibreria però l'usuari pot definir tan tipus de materials com de tancaments
Resultats	Dóna com a resultat la demanda tèrmica en funció dels espais i tancaments. Compara els resultats amb els de l'edifici de referència que calcula de forma automàtica. No dóna els resultats de la simulació horària. Es pot fer estudi multizona.	Simulació mensual i anual per hores. Molt detallat i complet: Temperatures, demandes tèrmiques i radiacions. No calcula edifici de referència de forma automàtica, però no és gens complicat fer-ho. Tracta l'edifici de forma global (no és multizona)	No calcula edifici de referència de forma automàtica, però no és gens complicat fer-ho. La demanda total s'ha de calcular a part. La representació gràfica és correcta però no gaire intuïtiva Tracta l'edifici de forma global (no és multizona, tot i que existeix una versió multizona)

6 Proves de consistència i sensibilitat davant simplificacions.

Una vegada s'ha escollit el software que calcularà la demanda energètica, LIDER, el següent pas és determinar quines simplificacions són assumibles des del punt de vista d'introducció geomètrica de l'edifici sense que això afecti, de forma significativa, els resultats obtinguts. La introducció geomètrica de l'edifici és la part que pren més temps en el procés de certificació. És per això que, si es vol que el procés d'obtenció de la qualificació de l'edifici sigui àgil, és en aquest punt on s'hauran d'enfocar els esforços per simplificar i estalviar el temps de dedicació.

6.1 Objectiu

L'objectiu principal d'aquest capítol és determinar quines simplificacions en la introducció geomètrica de l'edifici són assumibles sense perdre consistència en els resultats.

6.2 Metodologia

S'han definit 7 casos, per cada un s'ha simulat l'edifici tenint en compte una de les simplificacions que es volen estudiar. Aquestes simplificacions són les següents:

- No incloure les separacions entre les zones comuns (no habitades) i els habitatges (habitats).
- No incloure les separacions entre habitatges
- No incloure les separacions dins els habitatges (envans)
- No incloure l'encaix de les finestres
- Modificació del tipus de tancament de les divisions interiors dels habitatges (envans).

6.2.1 Dades de l'edifici objecte d'estudi

L'edifici és una promoció de 150 habitatges per a joves, inclou 4 locals comercials i un pàrking. L'edifici està situat al Carrer Tucuman de Barcelona. La documentació ha estat cedida pel Patronat d'Habitatge de Barcelona.

Sobre un basament comú de planta baixa, se situen tres blocs de forma similar que contenen la totalitat dels habitatges. Aquestes peces distribueixen els apartaments a través d'un passadís central, afavorint sempre les orientacions sud-oest i sud-est.

L'alçada total de l'edifici és de P.B.+5. En els àmbits de separació dels blocs, a planta baixa, es disposen dos grans patis.

A continuació es mostra una imatge de l'edifici, on es pot veure les divisions interiors i la localització de les finestres.

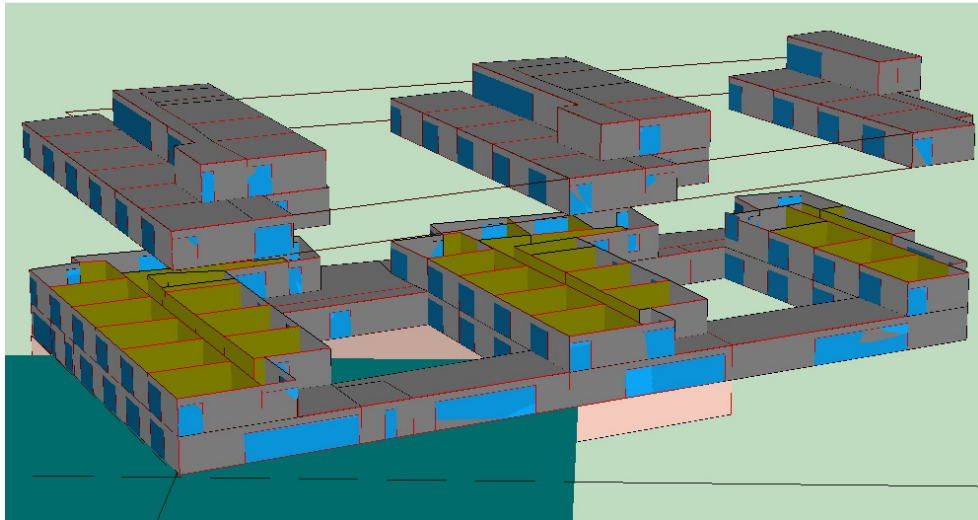


Figura 6.2-1 Imatge de l'edifici objecte d'estudi

Les proves de consistència i sensibilitat es realitzaran sobre el bloc C de l'edifici plurifamiliar objecte d'estudi.

La composició dels tancaments de l'edifici s'especifiquen a l'Annex B.4.

6.2.2 Definició de casos.

S'han definit un total de 7 casos on s'inclou, cada vegada, una de les simplificacions que es volen considerar. Aquests estan definits a les **Taula 6.2-1**.

Per avaluar la consideració o no de la separació entre habitatges, les separacions interiors dels habitatges i la separació entre zones comunes (no habitades) i zones habitades s'han definit els casos 1, 2, 3. Per estudiar la influència en la introducció o no de l'encaix en les finestres, s'ha definit el cas 4. Per últim, per estudiar la influència de la variació entre diferents tipus de divisions interiors (envans) segons la definició de tancaments, s'han definit els casos 5, 6 i 7. El cas 5 correspondria a l'opció detallada, on es defineix l'edifici completament. Tos els casos es referencien a aquest per poder determinar les desviacions.

Taula 6.2-1 Definició de casos

Cas	Envans	Separació habitatges	Separació zones comunes	Encaix finestres
1	-	-	-	X
2	-	-	X	X
3	-	X	X	X
4	-	X	X	-
5	Opció 1	X	X	X
6	Opció 2	X	X	X
7	Opció 3	X	X	X

On:

-: No considerat
X: Considerat

6.3 Resultats i discussió

6.3.1 Casos 1, 2, 3.

S'han simulat 3 casos diferents, introduint o eliminant una variable cada vegada, per veure la seva influència respecte els resultats finals i a la desviació entre els resultats de l'opció simplificada i detallada. El cas 5 és el cas amb el que es comparen la resta, ja que aquest és el més complet. En tots els casos s'ha inclòs l'encaix de les finestres.

Taula 6.3-1 Resultats de demanda d'energia anual pels casos 1, 2, 3 i 5

Cas	Envans	Separació habitatges	Separació zones comunes	Resultats (kWh/m ² /any)		
				Calefacció	Refrigeració	Edifici
Nº						
1	-	-	-	19,20	17,03	Obj
				22,22	18,70	Ref
2	-	-	X	16,49	13,32	Obj
				19,29	14,35	Ref
3	-	X	X	15,99	13,37	Obj
				17,94	14,56	Ref
5	X	X	X	17,10	12,25	Obj
				17,52	14,61	Ref

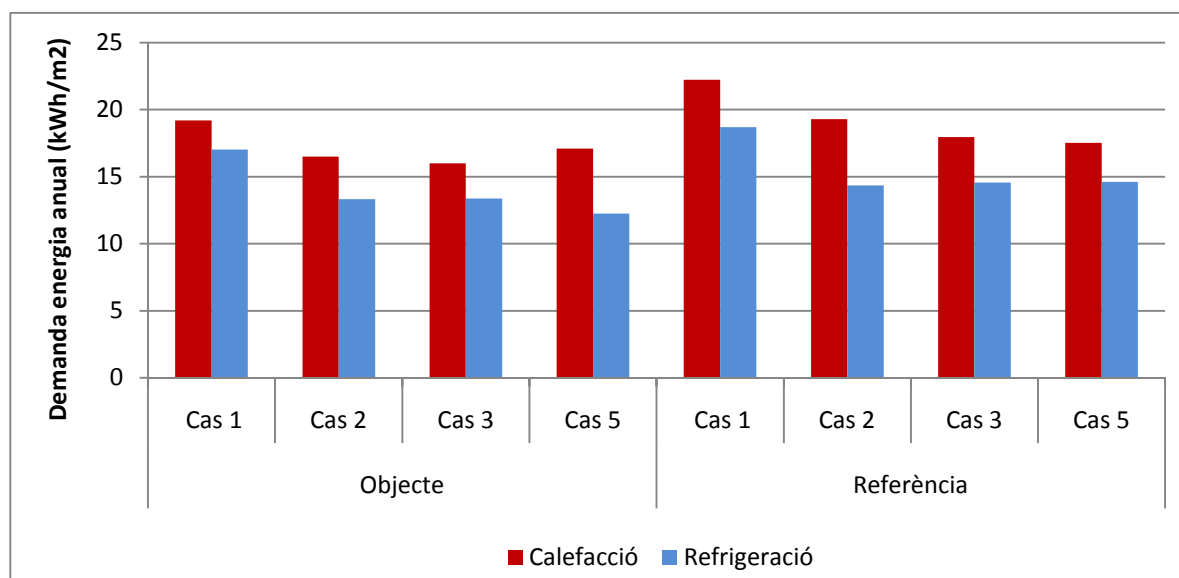


Figura 6.3-1 Comparació de resultats de la demanda de calefacció i refrigeració. Casos 1, 2, 3 i 5

La separació entre les zones habitades i les zones comunes (no habitades i per tant, no condicionades) implica una disminució en la superfície condicionada i una disminució en la demanda de calor i de fred. Si es considera la planta com un únic espai tots els seus tancaments són exteriors i per tant les pèrdues per aquests són més importants. Si es considera la separació entre espais habitats i no habitats, els tancaments dels espais habitats no tenen perquè ser tots exteriors, també n'hi haurà que són compartits amb espais no habitats, això fa que les pèrdues tèrmiques per aquests

tancaments siguin inferiors i per tant, la demanda d'energia per compensar aquestes pèrdues també ho serà.

La separació entre habitatges (cas 3) no suposa una variació significativa en els resultats, ja que s'està separant espais habitats i per tant les condicions de contorn dels tancaments compartits són les mateixes. Es podria pensar que la inèrcia dels tancaments interiors podria tenir una influència més alta, però els resultats obtinguts mostren que aquesta diferència no és gaire significativa. El mateix passa amb la separació dels diferents espais d'un habitatge. (cas 5)

Les desviacions dels resultats respecte al cas 5 (opció detallada) són les que es poden veure a la següent taula, expressades en %.

Taula 6.3-2 Resultats de les desviacions dels resultats respecte el cas 5 pels casos 1, 2 i 3.

Cas	Envans	Separació habitatges	Separació zones comunes	RESULTATS desviacions (%)		
				Calefacció	Refrigeració	Edifici
1	-	-	-	12,28	39,02	Obj
				26,83	27,99	Ref
2	-	-	X	3,57	8,73	Obj
				10,10	1,78	Ref
3	-	X	X	6,49	9,14	Obj
				2,40	0,34	Ref

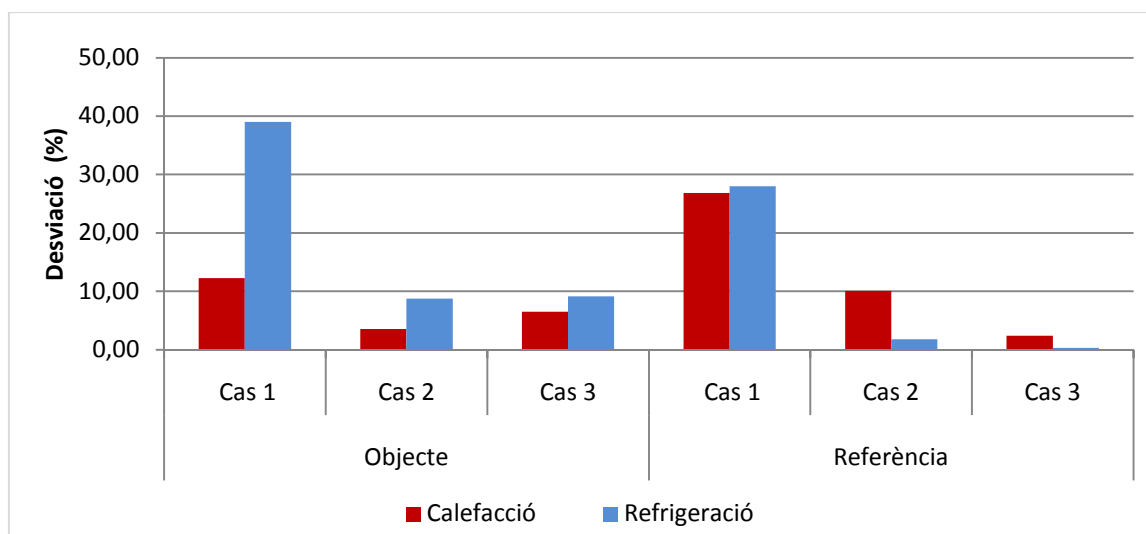


Figura 6.3-2 Desviacions en % dels resultats obtinguts pels casos 1, 2 i 3 respecte el cas 9 (opció detallada)

Segons els resultats obtinguts es pot concloure que la separació entre les zones comunes (no habitades) i els habitatges (habitats) és del tot imprescindible per tenir uns resultats amb una desviació inferior al 10% respecte a l'opció detallada. Ara bé, incloure la separació entre habitatges i la separació entre els diferents espais de l'habitatge (envà interior) fa que els resultats es desviïn respecte l'opció detallada (Cas 5) un 10% com a màxim en la demanda de refrigeració. Aquesta desviació es pot considerar assumible respecte el guany en el temps d'introducció de l'edifici.

En quant al temps d'introducció i simulació de cada cas, els resultats es troben a la següent taula.

Taula 6.3-3 Temps d'introducció i simulació dels casos 1, 2 i 3

Cas	Envans	Separació habitatges	Separació zones comunes	Temps (minuts)	
				Introducció	Simulació
Nº					
1	-	-	-	30	5
2	-	-	X	40	5
3	X	-	X	60	7
5	X	X	X	70	15

El cas 2, on només s'introdueixen la separació entre espais habitats i no habitats, suposa un estalvi d'un 40% en el temps d'introducció i més d'un 60% en el temps de simulació. Aquests percentatges no són generalitzables a qualsevol edifici, però el que sí que queda clar és que l'estalvi en el temps de dedicació respecte a l'obtenció dels resultats de la demanda és molt important.

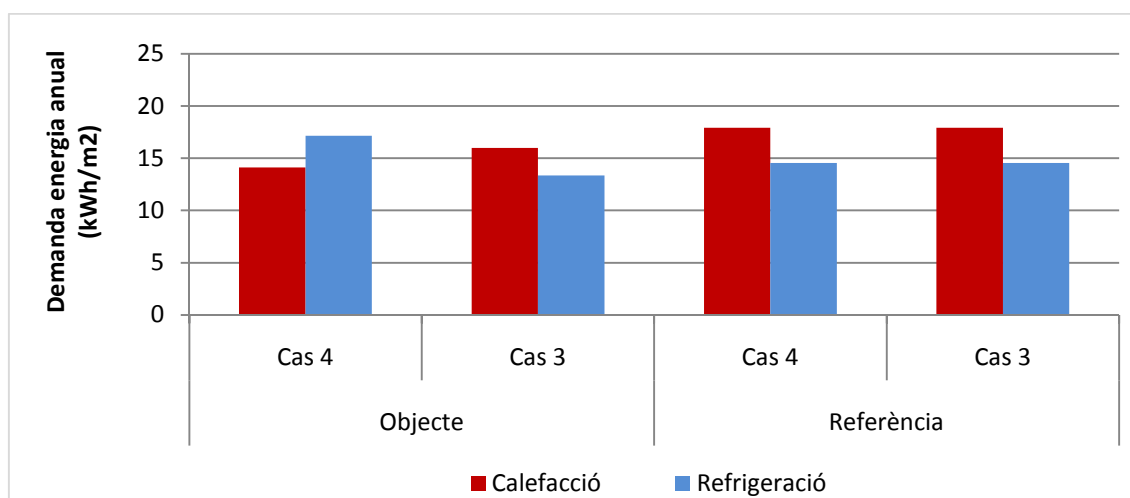
S'ha vist anteriorment que la desviació en els resultats en el cas número dos, era inferior a un 10%. Per tant, si es considera l'estalvi de temps i la desviació de resultats, és clar que, aquesta simplificació és perfectament assumible i recomanable.

6.3.2 Cas 4

S'ha simulat el cas 4, on no s'inclou l'encaix de les finestres. S'han comparat els resultats amb el cas 3, per veure la desviació en els resultats.

Taula 6.3-4 Resultats de demanda d'energia anual pels casos 4 i 5.

CAS	Encaix finestres	Envans	Separació habitatges	Zones comunes	RESULTATS (kWh/m ² /any)		
					Calefacció	Refrigeració	Edifici
Nº							
4	-	-	X	X	14,11	17,15	Obj
					17,94	14,56	Ref
3	X	-	X	X	15,99	13,37	Obj
					17,94	14,56	Ref

**Figura 6.3-3** Demanda calefacció – refrigeració en funció de introducció de l'encaix a finestres.

L'efecte de l'encaix de les finestres en quant a la refrigeració s'explica per la disminució dels guanys solars en el cas que el vidre estigui reculats respecte la façana, ja que la incidència dels raigs del sol és inferior i més a l'estiu quan el sol va més alt. És per aquest motiu que la demanda en refrigeració disminueix si les finestres estan reculades respecte la façana.

En l'edifici de referència no hi ha cap variació, ja que l'edifici de referència de LIDER no considera l'encaix, per tant la demanda no varia.

Les desviacions respecte al cas 7 (Veure **Taula 6.2-1**), on es considera la separació entre habitatges, la separació zones comunes i l'encaix de les finestres són les següents:

Taula 6.3-5 Resultats de les desviacions dels resultats respecte el cas 3 pel cas 4.

Cas	Encaix finestres	Envans	Separació habitatges	Zones comuns	RESULTATS (%)		
					Calefacció	Refrigeració	Edifici
Nº							
4	-	-	X	X	11,76	28,27	Obj
					0,00	0,00	Ref

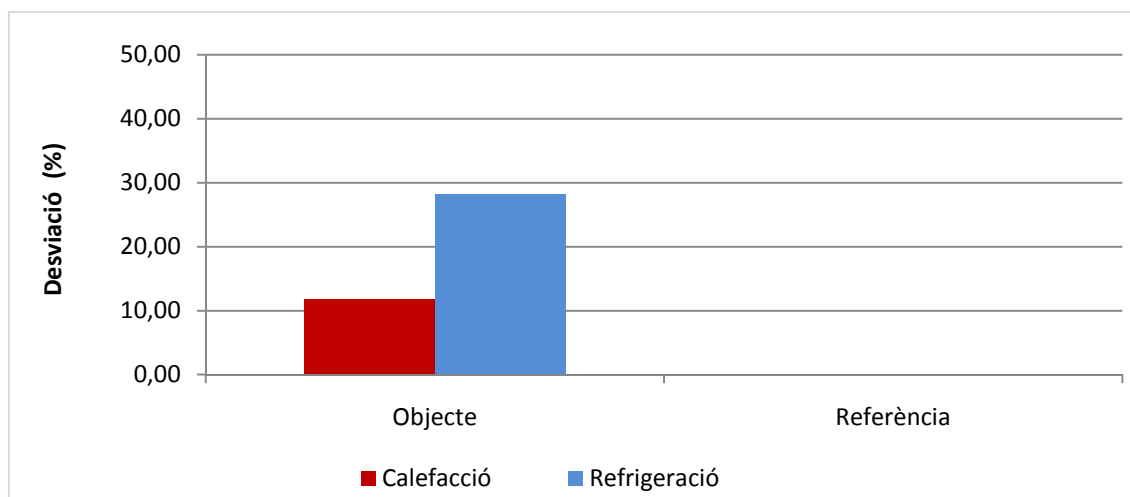


Figura 6.3-4 Desviacions en % dels resultats obtinguts per cas 4 respecte el cas 3

Les desviacions dels resultats respecte el cas 3, on s'inclou l'encaix de les finestres, són importants, sobretot en el cas de refrigeració. Per tant, es creu necessari la introducció dels encaixos en la definició de les finestres.

6.3.3 Casos 5, 6 i 7.

S'han simulat 3 casos diferents, variant en cada cas la composició de l'envà interior. S'ha pres el cas 5 per a comparar la resta de resultats. L'opció 1 correspon a un envà estàndard amb maó foradat de gruix 0,04, l'opció 2 correspondria a un envà amb més inèrcia perquè el maó seria de 0,07 i l'opció 3 correspon a un envà tipus pladur, amb menys inèrcia tèrmica que els anteriors.

Taula 6.3-6 Resultats de demanda d'energia anual pels casos 5, 6 i 7.

Cas	Envà			RESULTATS (kWh/m ² /any)			
	Nº	Opció 1	Opció 2	Opció 3	Calefacció	Refrigeració	Edifici
5	X	-	-		17,10	12,25	Obj
					17,50	14,61	Ref
6	-	X	-		17,07	12,14	Obj
					17,52	14,47	Ref
7	-	-	X		17,13	12,38	Obj
					17,57	14,76	Ref

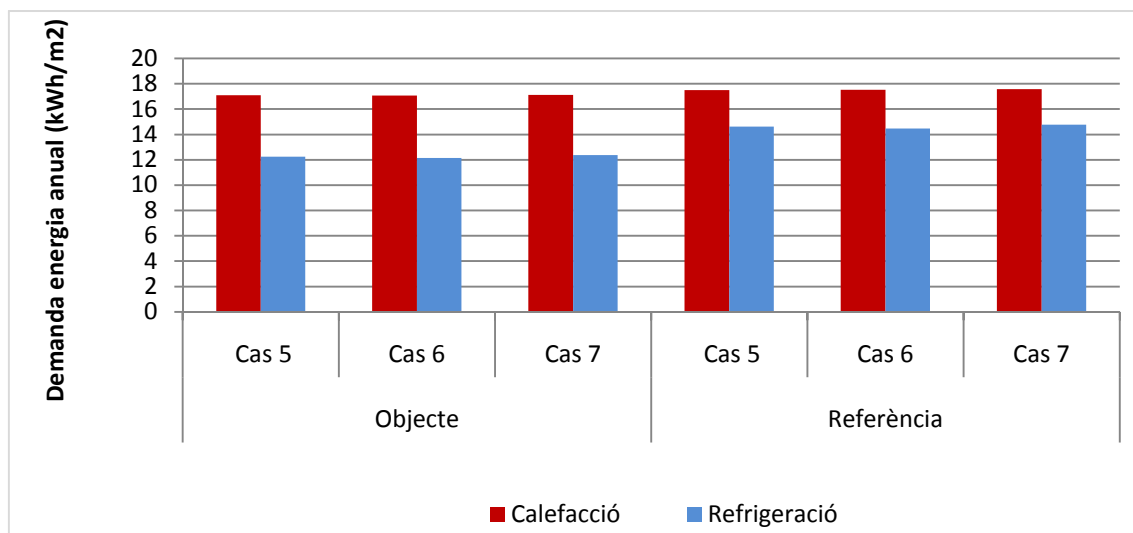


Figura 6.3-5 Demanda calefacció – refrigeració en funció de la composició dels envans interiors. Tucuman

Les desviacions respecte al cas 5 són les següents:

Taula 6.3-7 Resultats de les desviacions dels resultats respecte el cas 5 pels casos 6 i 7.

CAS	ENVÀ			RESULTATS (kWh/m ² /any)			
	Nº	Opció 1	Opció 2	Opció 3	Calefacció	Refrigeració	Edifici
6	-	X	-		0,18	0,90	Obj
					0,11	0,96	Ref
7	-	-	X		0,18	1,06	Obj
					0,40	1,03	Ref

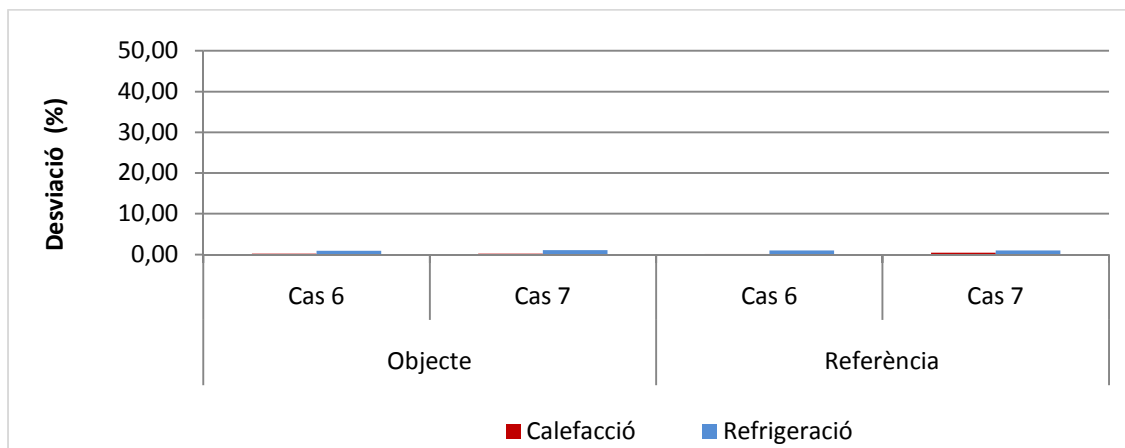


Figura 6.3-6 Desviacions en % dels resultats obtinguts per cada cas respecte el cas 5

Les desviacions obtingudes són inferiors a un 1%, per tant es pot concloure que la variació en la composició dels envans interiors no té cap influència en quant a la desviació dels resultats. Això reforça la conclusió de que no és necessari introduir les divisions interiors dels habitatges (envans).

6.4 Conclusions

Com a conclusions d'aquest capítol, s'ha determinat que les simplificacions assumibles a l'hora de la introducció geomètrica de l'edifici són les següents:

- No cal introduir la separació interior dels habitatges (envans)
- No cal introduir la separació entre habitatges.

Per altra banda, no es pot simplificar:

- La introducció de les separacions entre espais habitats i no habitats.
- La definició exacta de les finestres incloent l'encaix.

Al considerar la planta com un únic espai tots els seus tancaments són exteriors i per tant les pèrdues tèrmiques que es produeixen per aquests tancaments són més altes que per un tancament interior d'un espai no condicionat, i per tant, la demanda de calefacció i refrigeració també. Per altra banda, la separació entre espais habitats no afecta de forma significativa als resultats perquè les condicions de confort tèrmic en dos espais habitats són les mateixes i, per tant, les pèrdues són nul·les o menyspreables ja que la inèrcia tèrmica d'aquests tancaments no influeix de forma significativa en els resultats de la simulació de la demanda energètica.

En quant a la definició de les finestres, aquesta ha de ser prou acurada, incloent l'encaix de les mateixes respecte la façana. Els guanys solars produïts per les finestres són determinants en la demanda, sobretot, de refrigeració. Per tant, qualsevol paràmetre que afecti aquest guany influirà de forma significativa els resultats.

7 Proves de l'eina prototip CEPEC.

7.1 Objectiu

L'objectiu d'aquest capítol és provar la metodologia CEPEC de certificació energètica d'edificis, valorant els resultats obtinguts amb diferents projectes constructius reals obtinguts del Patronat i del Col·legi d'Arquitectes.

7.2 Metodologia

La metodologia utilitzada és la descrita en el document "Protocol per la qualificació energètica d'edificis d'ús majoritari: residencial, aplicant la metodologia CEPEC" elaborat en el marc del projecte CEPEC. (Veure Annex C) Al final d'aquest punt es farà una descripció resumida de la metodologia, per tal de guiar al lector d'aquesta tesi en la comprensió dels resultats que es presenten.

Per avaluar la consistència de l'eina, és a dir, la independència dels resultats en funció de qui introdueixi les dades, es va decidir que els mateixos edificis serien avaluats per dos grups de treball independents. Per avaluar la facilitat d'ús de l'eina es va fer un grup de testeig per persones que no coneixien l'eina. Es va elaborar el "Protocol per la qualificació energètica d'edificis d'ús majoritari: residencial, aplicant la metodologia del projecte europeu CEPEC" per poder introduir les dades amb facilitat i es va fer un qüestionari on s'havia d'especificar, el temps necessari per introduir totes les dades i les dificultats que s'havien trobat.

En funció de les disponibilitats de projectes reals, els edificis escollits per fer les proves de l'eina prototip es van escollir seguint els següents criteris:

Taula 7.2-1 Criteris selecció edificis

Criteri	
Titularitat:	Promoció pública / privada
Ús:	Residencial
Tipus:	Plurifamiliar
Localització:	Barcelona i rodalies.

En funció d'aquests criteris es van escollir els següents edificis:

- Edifici Tucuman (Bloc C): promoció pública. Localització: Barcelona
- Edifici Sancho d'Avila. Promoció pública. Localització Barcelona
- Edifici Vilanova. Promoció privada. Localització: Vilanova i la Geltrú
- Edifici Piera. Promoció privada. Localització: Piera

El procés de certificació consta de 4 etapes definits a la següent taula:

Taula 7.2-2 Etapes del procés de certificació CEPEC

Etapa	Definició
A	Interpretació de la documentació de l'edifici
B	Introducció al LIDER de l'edifici de objecte
C	Simulació amb LIDER de l'edifici objecte
D	Introducció al programa de certificació de les dades necessàries

Per avaluar la influència en el resultat de la persona responsable de la introducció de l'edifici es van fer dos grups de treball. El primer format per membres de la UPC i el segon format per membres de l'associació d'arquitectes AUS. D'aquesta forma es pretén estudiar si el resultat obtingut en la certificació és similar independentment de la persona responsable de la introducció de les dades.

Per avaluar la facilitat d'ús de l'eina es va encarregar a un grup d'estudiants, inexperts en la utilització de l'eina que introduïssin les dades dels edificis sota la supervisió de l'autora d'aquesta tesi. Així doncs els participants en aquesta etapa van ser:

Taula 7.2-3 Responsables en la introducció de dades

Equip	Responsable de la introducció		
	Formació	Grau d'expertesa	Grup
Sancho d'Avila	Estudiant Enginyeria Tèc. Industrial	Baix	UPC
Tucuman	Enginyer Industrial	Alt	UPC
Vilanova	Enginyer Industrial	Alt	UPC
	Arquitecte	Mig	AUS
Piera	Estudiant Enginyeria Tèc. Industrial	Baix	UPC
	Arquitecte	Mig	AUS

7.2.1 Metodologia CEPEC

L'objectiu de la metodologia és obtenir una qualificació energètica de l'edifici que ens permeti conèixer quina és la bondat energètica de l'immoble mitjançant la comparació respecte amb un edifici de referència.

L'esquema de la qualificació és el que ve resumit en el diagrama de blocs:

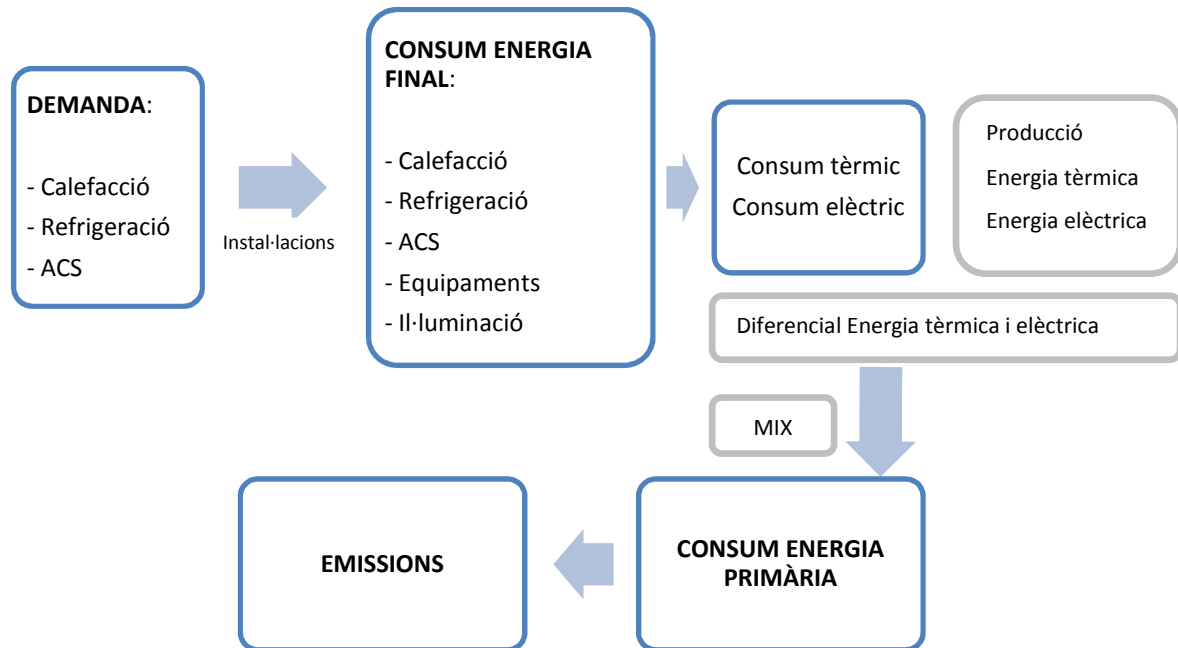


Figura 7.2-1 Esquema de la metodologia CEPEC

La qualificació es basa en la comparació de l'edifici objecte amb un edifici anomenat de referència mitjançant una avaluació numèrica de l'estalvi en termes d'energia i una valoració qualitativa. Per a l'avaluació de l'estalvi energètic de l'edifici s'utilitzen les següents eines:

- Un model matemàtic, implementat en un programa d'ordinador que calcula una sèrie de característiques energètiques de l'edifici (demanda ACS, consum per usos, consum energia final, emissions de CO₂) i compara l'edifici objecte amb l'edifici de referència, donant una qualificació en funció del percentatge d'estalvi segons el consum en energia primària.
- Un programa de simulació dinàmica, LIDER, per obtenir la demanda en refrigeració i calefacció (dades que seran inputs del model matemàtic comentat anteriorment). El programa tindrà una connexió directa amb el model comentat en el punt anterior.

7.2.1.1 Determinació demanda

Com es pot veure en el diagrama el primer pas en la metodologia és la determinació de la demanda en els blocs de calefacció, refrigeració (a través del programa LIDER) i ACS.

En la determinació de la demanda s'afegeixen els següents aspectes qualitatius:

- Possibilitat de ventilació natural per habitatges passants (entre façanes exteriors) a més del 70% d'habitatges
- Possibilitat de ventilació natural entre façana exterior i pati no cobert a més del 70% d'habitatges

- Possibilitat de ventilació natural entre façana exterior i pati cobert a més del 70% d'habitatges
- Xemenies multi-conducte ("shunt") amb tiratge millora a més del 70% d'habitatges
- Galeries o hivernacles a més del 70% d'habitatges
- Murs trombe o murs captadors amb vidre a més del 70% d'habitatges

7.2.1.2 Determinació consum

El consum per unitat de superfície de l'edifici serà determinat pel següent sumatori:

En el cas del consum de calefacció, el consum de refrigeració i el d'ACS, aquest es determinarà a partir de la demanda i amb el coneixement dels rendiments dels equips associats.

El consum d'equipaments i il·luminació "es determinaran mitjançant un mètode de càlcul".

Com mostra l'esquema presentat anteriorment, el consum energètic es pot classificar en dos tipus d'energia:

- Energia tèrmica en kWh/m² any
- Energia elèctrica en kWh/m² any

En cas de que l'edifici objecte no disposi d'instal·lacions (calefacció o refrigeració) per al tractament de la demanda, es considerarà que es satisfà el 100% de la demanda amb els equips que té assignat l'edifici de referència.

7.2.1.3 Energia Final – Emissions

Les Energies Finals considerades són les següents:

- GLP
- Gas Natural
- Electricitat
- Solar Tèrmica
- Generació elèctrica sense emissions

Electricitat: Tota l'energia elèctrica utilitzada es considerarà consumida de la xarxa amb les característiques del mix elèctric de Catalunya.

El mix de referència es fixa en un determinat any de referència i com a resultat de la monitorització del PMEB¹⁵. Cada 5 anys aquest s'anirà revisant i modificant.

Solar tèrmica: Segons Ordenança Solar de Barcelona

Generació elèctrica sense emissions de CO₂: Les instal·lacions que es consideren com a generació elèctrica renovable o lliure d'emissions de CO₂ són: fotovoltaïques i eòliques. Es considera que la part que s'autoprodueix resta del consum energètic. En cap cas un edifici tindrà emissions negatives (més producció que consum) com a màxim serà el 100%.

7.2.1.4 Consum d'equipaments

Per a determinar el consum en equipaments només es preguntarà a l'usuari pel tipus d'equips de cuina i de forn, altres equips com puguin ser rentadora, assecadora, rentaplats etc., no podran ser triats doncs dependran molt del futur habitant de l'immoble.

El consum dels equipaments que es consideren a l'habitatge són segons les hipòtesis que es van utilitzar al PMEB (Barcelona Regional, 2002).

A la següent figura es pot veure la interfície gràfica de CEPEC.

¹⁵ Pla de Millora Energètica de Barcelona.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		
1	metodologia		QUALIFICACIÓ ENERGÈTICA D'EDIFICIS				QUALIFICACIÓ DEFINITIVA					
2	CEPEC						ÚS PRINCIPAL HABITATGE					
3												
4												
5	Projecte	TUCUMAN					Referència	QUALIFICACIÓ DEFINITIVA		D		
6	Emplaçament	C/ Tucuman			Localitat	Barcelona		ESTALVI GLOBAL		3%		
7	Arquitectes											
8	Promotor	PATRONAT MUNICIPAL DE L'HABITATGE					Data	05/05/2006				
9	QUANTIFICACIÓ DELS RESULTATS											
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30	TIPUS D'EDIFICI			ÚS PRINCIPAL								
31	Unifamiliar	sillat	<input type="checkbox"/>	HABITATGE								
32		filera/adossades	<input type="checkbox"/>									
33		entre mitgeres	<input type="checkbox"/>									
34	Plerifamiliar	bloc sillat	<input checked="" type="checkbox"/>	Nº habitatges		Tipus 1	Tipus 2	Tipus 3	Tipus 4	Tipus 5	TOTALS	
35		entre mitgeres	<input type="checkbox"/>	Nº persones/ab		2	2	4	4	10	22	
36		en testera	<input type="checkbox"/>	m2 útils/lab		2	2	2	2	2	44	
37	ALTRES USOS			SERVEIS COMUNS								
38		Nº Entitats	Sup. útil Total		Nº Entitats	m2 / entitat						
39	Locals	1	143.42	Espais comuns	1	3463.5						
40	Oficines	1	0	Altres	0	0						
41	Garatges	0	208	TOTAL Sup. Serveis Comuns:	3469.5							
42	Altres	0	0	TOTAL Sup. Útil Habitatges + Serveis Comuns (m²)							4304.1	
43	TOTAL Sup. Altres Usos			351.42	SUPERFÍCIE ÚTIL TOTAL DE L'EDIFICI (m²)							4655.52
44												
45	OBSERVACIONS											
46												
47												
48												
49												
50												
51												
52												
53												
54												
55												
56												
57	Signatura Promotor			Signatura Arquitecte			Visat					
58												
59												
60												
61												
62												
63												

Figura 7.2-2 Interfície gràfica metodologia CEPEC

7.3 Resultats i discussió

A continuació es presenten els resultats en quant a temps invertit per a cada etapa així com els comentaris, les dificultats i altres observacions relacionades amb les diferents etapes del procés. Per últim es presentaran els resultats de la qualificació energètica dels edificis estudiats segons la metodologia CEPEC.

7.3.1 Interpretació de la documentació de l'edifici. Etapa A

Segons el document "protocol per la qualificació energètica d'edificis d'ús majoritari: residencial, aplicant la metodologia del projecte europeu CEPEC", la informació necessària per a la correcta aplicació de LIDER + CEPEC és la següent:

Taula 7.3-1 Resultats etapa A. Interpretació de la informació.

Informació necessària	Disponibilitat				Observacions
	Sancho d'Avila	Tucuman	Vilanova	Piera	
Ubicació de l'edifici. Orientació, obstacles remots	Sí	Sí	Sí	Sí	Plànols autocad i informació urbanisme via web, en cas dels edificis de Barcelona
Superfícies dels diferents tipus d'habitatges	Sí	Sí	Sí	Sí	Informació disponible a les Memòries o a plànols
Plànols de construcció de l'edifici: plantes, alçats i detalls constructius.	Sí	Sí	Si	Sí	Els plànols de detalls constructius, no estaven disponibles en tots els casos. En alguns casos, els plànols de plantes no corresponien exactament amb els alçats.
Tancaments de l'edifici, tant exteriors com interiors, materials de construcció, tipus i característiques tèrmiques	Sí	Sí	No	Sí	En general, la informació no és gaire detallada a les memòries, més aviat és una descripció general. A les fitxes de compliment de la normativa tèrmica apareix només la K del tancament en global, no dels materials.
Finestres: dimensions, tipus de vidre i les seves característiques i en quant als marcs, % de marc respecte al total de la finestra, tipus i propietats.	Sí	Sí	Sí	Sí	Informació als plànols, en alguns casos hi havia plànols de fusteria, però després era molt complicat identificar quin tipus de finestra corresponia a les que estaven dibuixades al plànol. S'ha suposat que totes les finestres tenien el mateix tipus de vidre i marc, a no ser que estigués clarament especificat.
Plànols d'instal·lacions (ACS, calefacció, refrigeració, tipus de cuina, sistemes solars, etc..)	Sí	No	No	No	Aquesta informació no era disponible excepte en el cas de Sancho d'Avila
Característiques de les instal·lacions dels habitatges	Si/No	Si	No	No	En els casos 1 i 2, es disposava de la memòria, però es van haver de fer aclariments per part de l'Agència.

Informació necessària	Disponibilitat				Observacions
	Sancho d'Avila	Tucuman	Vilanova	Piera	
					En el cas 3, CEPEC va estar complimentat per l'arquitecte que disposava de tota la informació i en el cas 4 no es disposava de tota la memòria completa i per tant, es van fer suposicions consensuades amb tots els membres de CEPEC.

Taula 7.3-2 Temps invertit per realitzar l'etapa A del procés de certificació. Interpretació de la documentació

Etapa	Definició	Temps invertit (hores:minuts)			
		Sancho d'Avila	Tucuman	Vilanova	Piera
A	Interpretació de la documentació de l'edifici	05:00	03:00	04:00	05:00

7.3.2 Introducció a LIDER de l'edifici objecte. Etapa B

Les simplificacions generals de tots els edificis, tal i com es va acordar en el capítol anterior són:

- Només s'han introduït les separacions internes entre espais habitats i espais no habitats.

Cal dir també que els pàrquings i les plantes baixes destinades a locals comercials s'han considerat com a espais no habitats.

El temps d'introducció de l'edifici a LIDER depèn molt de les característiques de l'edifici i de la seva complexitat, especialment del tipus de cobertes i el número d'espais.

La introducció detallada de les finestres amb totes les seves particularitats com proteccions fixes i mòbils és on es perd més temps. Les simplificacions adoptades per a cada edifici en funció de la informació disponible es descriuen als següents apartats.

7.3.2.1 Edifici 1. Sancho d'Àvila.

Els coeficients relatius als ponts tèrmics són els que utilitza LIDER per defecte segons la zona climàtica.

Alguns dels materials constructius no estaven considerats a la llibreria de LIDER i, per tant, s'han hagut d'introduir segons característiques tèrmiques obtingudes en la bibliografia consultada, perquè no estaven disponibles a la memòria constructiva.

7.3.2.2 Edifici 2. Tucuman.

Els coeficients relatius als ponts tèrmics són els que utilitza LIDER per defecte.

Alguns dels materials constructius no estaven considerats a la llibreria de LIDER i, per tant, s'han hagut d'introduir segons característiques tèrmiques obtingudes en la bibliografia consultada, perquè no estaven disponibles a la memòria constructiva.

7.3.2.3 Edifici 3. Vilanova

Els coeficients relatius als ponts tèrmics són els que utilitza LIDER per defecte.

Seguint indicacions dels desenvolupadors del software, els balcons es van definir com a voladís de finestres per la no existència d'una opció a LIDER per introduir aquests tipus d'elements a la versió utilitzada.

7.3.2.4 Edifici 4. Piera

Els coeficients relatius als ponts tèrmics són els que utilitza LIDER per defecte.

A l'hora d'introduir les característiques de l'edifici a la base de dades del programa, amb la informació facilitada, es troben mancances relacionades, en general, amb espessors dels materials i en la poca concreció de les diferents classes que pot haver-hi d'un mateix material. Així, quan es fa referència a la llana mineral utilitzada com aïllament no es concreta quin tipus és el que s'utilitza, ni tampoc el tipus de formigó armat, ni el tipus de concret de poliuretà.

A més, hi ha tancaments en els que no s'especifiquen materials, com per exemple és el cas de les divisions horitzontals interiors (forjat entre plantes). Tampoc consta a la informació donada que les mitgeres, la part interior de les façanes i el sostre dels habitatges tenen la part més externa enguixada, així com tampoc queda clar quin és el gruix exacte de la capa d'aquest material.

Pel que fa referència als vidres, s'ha utilitzat el vidre que consta a la base de dades del programa amb característiques més semblants a les donades. I pel que fa als marcs de finestres i portes no queda especificat en lloc quin és el tant per cent de forat que queda cobert pel marc, és a dir, el gruix del marc.

També s'han trobat dificultats a l'hora d'interpretar els plànols de les plantes de la façana sud, perquè segons la planta no hi havia balcons, però segons l'alçat semblava que sí. La persona encarregada d'introduir aquest edifici no és arquitecte i no ha tingut la possibilitat de comentar l'edifici amb l'arquitecte responsable i això ha fet que la interpretació de la informació hagi estat més complicada del que es podia preveure en un principi.

Taula 7.3-3 Temps invertit per realitzar l'etapa B del procés de certificació. Introducció al LIDER de l'edifici objecte

Etapa	Definició	Temps invertit (hores:minuts)			
		Sancho d'Avila	Tucuman	Vilanova	Piera
B	Introducció al LIDER de l'edifici objecte	10:00	20:00	12:00	15:00

7.3.3 Simulació amb LIDER. Etapa C

Com a metodologia de treball es va establir simular l'edifici de forma parcial després de la introducció d'una nova planta o d'un grup de plantes iguals per tal que poder identificar més fàcilment possibles errors en la introducció de l'edifici. Això fa que el temps de simulació amb LIDER sigui més alt. En qualsevol cas, el temps indicat en la següent taula és el corresponent a la simulació de l'edifici sencer.

Taula 7.3-4 Temps invertit per realitzar l'etapa C del procés de certificació. Simulació al LIDER de l'edifici objecte

Etapa	Definició	Temps invertit (hores:minuts)			
		Sancho d'Avila	Tucuman	Vilanova	Piera
C	Simulació al LIDER de l'edifici objecte	00:20	00:40	00:15	00:07

7.3.4 Introducció CEPEC + revisió de documentació. Etapa D

Aquesta part del procés és la més ràpida degut a la facilitat d'ús de l'eina CEPEC i la poca complexitat de les instal·lacions d'aquests edificis residencials.

Potser la part més complexa, és la interpretació de la informació que s'ha d'extreure de la memòria i no sempre és gaire clara, així com la definició de tipus d'habitatges i comptabilitzar la superfície de cada un d'aquests tipus.

En alguns casos, Tucuman i Sancho d'Àvila, hi ha més tipus d'habitatges diferents que els que es poden introduir a CEPEC això fa que l'usuari hagi de decidir quins són els 5 més importants o sumar superfícies de tipus d'habitatges similars, això no sempre és fàcil.

En quant a comentaris i observacions d'aquest apartat, s'ha fet el següent llistat d'aspectes millorables que apareixen a CEPEC

- Si se seleccionen l'existència d'aparells bitèrmics el percentatge d'estalvi per consum d'equipaments no varia de forma significativa.
- Si hi ha o no acumulació al sistema de producció d'ACS no hi ha canvi en l'estalvi.
- Es pot seleccionar alhora que no hi ha acumulació i que hi ha microacumulació i els resultats obtinguts en quant a estalvi són incoherents.
- S'ha observat que la introducció d'elements reguladors més sofisticats en els sistemes de calefacció i refrigeració no fa variar el percentatge d'estalvi.

Tots aquests punts van ser resolts pels programadors de la metodologia.

Taula 7.3-5 Temps invertit per realitzar l'etapa D del procés de certificació. Revisió de documentació i temps d'introducció CEPEC

Etapa	Definició	Temps invertit (hores:minuts)			
		Sancho d'Avila	Tucuman	Vilanova	Piera
D	Revisió documentació	02:00	02:00	02:00	02:00
	Temps d'introducció a CEPEC	00:10	00:10	00:15	00:10

En quant a la qualificació obtinguda, cal dir que la relació d'estalvi es fa respecte el consum d'energia primària i no respecte les emissions de gasos d'efecte hivernacle perquè no es vol premiar el consum d'energia elèctrica per processos tèrmics, com la calefacció, la producció d'ACS o cuinar.¹⁶

Per tant, si es consideressin les emissions de gasos d'efecte hivernacle per determinar la qualificació energètica, la instal·lació d'equips elèctrics per cobrir la demanda de calefacció, ACS o per cuinar serien paràmetres positius, perquè reduirien les emissions de gasos d'efecte hivernacle, però no es tindria en compte, l'eficiència en la conversió ni altres residus generats tant o més perillosos que les emissions de gasos d'efecte hivernacle, per no parlar del risc associat a aquest tipus d'instal·lacions.

¹⁶ En el cas català, l'energia primària que suposa una contribució superior a la producció d'energia elèctrica és la nuclear. Si bé és cert que la producció d'emissions de gas hivernacle és pràcticament nul·la per aquest tipus d'energia, també ho és que l'impacte ambiental, i el risc que suposa l'energia nuclear és molt important.

7.3.5 Resultats CEPEC

7.3.5.1 Edifici Sancho d'Avila

A continuació, es presenten els resultats obtinguts a la simulació de la demanda energètica a LIDER

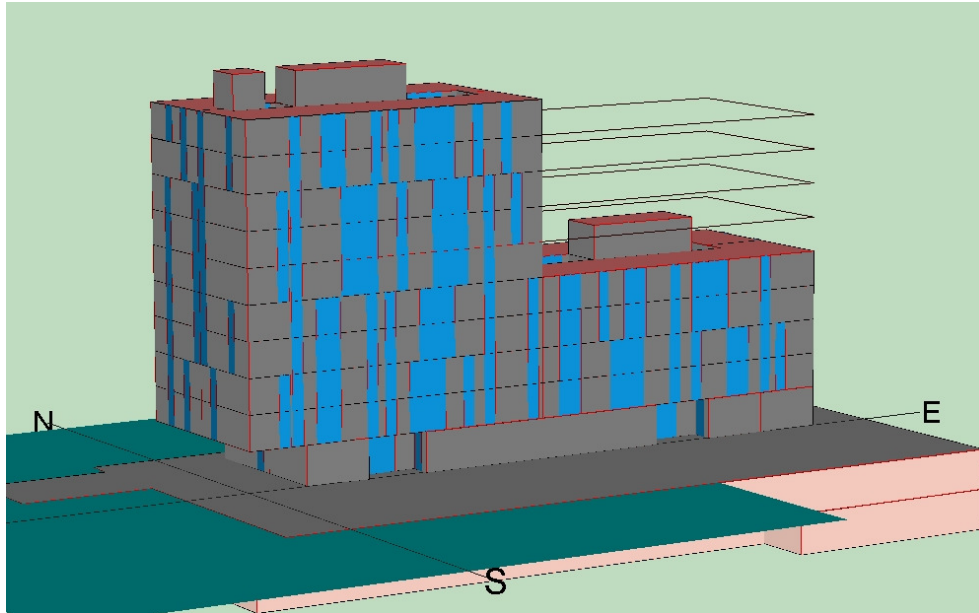


Figura 7.3-1 Representació gràfica de l'edifici Sancho d'Avila. Imatge obtinguda amb LIDER

Taula 7.3-6 Resultats de la demanda energètica de l'edifici.

Dades del càlcul de demanda amb programari autoritzat				
mes	Edifici objecte		Edifici de referència	
	Calefacció kWh/m ²	Refrigeració kWh/m ²	Calefacció kWh/m ²	Refrigeració kWh/m ²
gener	4,1	0,0	3,5	0,0
febrer	2,8	0,0	2,2	0,0
juny	0,0	2,1	0,0	2,5
juliol	0,0	4,4	0,0	4,8
agost	0,0	3,8	0,0	4,2
setembre	0,0	1,9	0,0	2,2
desembre	3,7	0,0	3,7	0,0
ANY	10,6	12,2	9,5	13,6

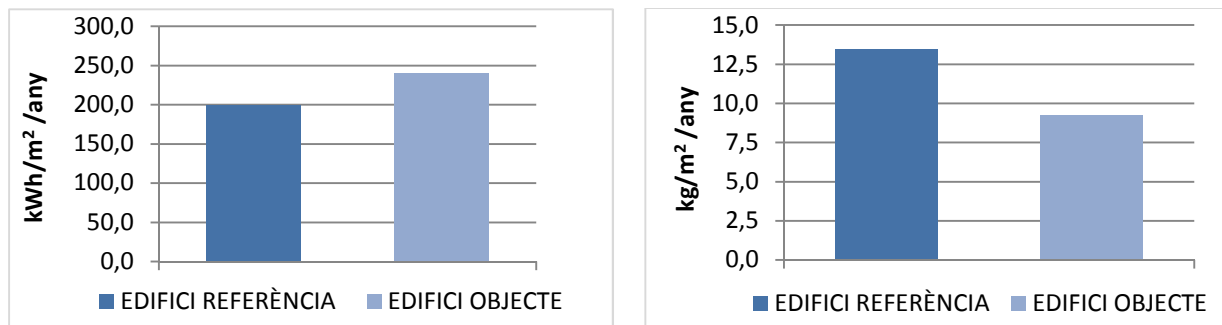


Figura 7.3-2 Comparació consum energia primària i emissions de CO₂ de l'edifici objecte i de referència

Segons CEPEC, la qualificació del projecte és F

Taula 7.3-7 Qualificació provisional de l'edifici objecte

Qualificació provisional	
Lletra	Estalvi d'energia primària aconseguit respecte referència
F	- 20 %

Taula 7.3-8 Reduccions parcials del consum i la demanda d'energia

% Reduccions parcials respecte edifici de referència	
Concepte	% Reducció
Demanda de calefacció	-12%
Demanda de refrigeració	10%
Demanda ACS	14%
Consum d'equipaments	- 8%

Segons la metodologia aplicada, els únics aspectes positius d'aquest edifici és l'estalvi en la demanda de refrigeració respecte a l'edifici de referència i el % de reducció de demanda de ACS degut a la instal·lació de dispositius d'estalvi.

El fet de que la calefacció i la producció d'ACS sigui amb equips elèctrics penalitza la qualificació obtinguda. El fet de tenir col·lectors solars per produir el 60 % de la ACS, fa que el percentatge de consum global sigui, només, un 20 % superior al de referència en comptes d'un 40% si no hi haguessin els col·lectors solars.

Taula 7.3-9 Resultats en quant a temps d'introducció de dades

Etapa	Temps
Temps revisió documentació	5 h
Temps introducció LIDER	10 h
Temps simulació	20 '
Temps introducció CEPEC + revisió documentació	10 ' + 2h

Aquest edifici, segons LIDER, no compleix el requisit de limitació de demanda, DB HE1 del CTE. Malgrat això ha estat possible fer simulació amb CEPEC. Segons la metodologia aplicada, l'edifici és molt pitjor que el de referència i per tant, obté una qualificació de F.

7.3.5.2 Edifici Tucuman

A continuació, es presenten els resultats obtinguts a la simulació de la demanda energètica a LIDER

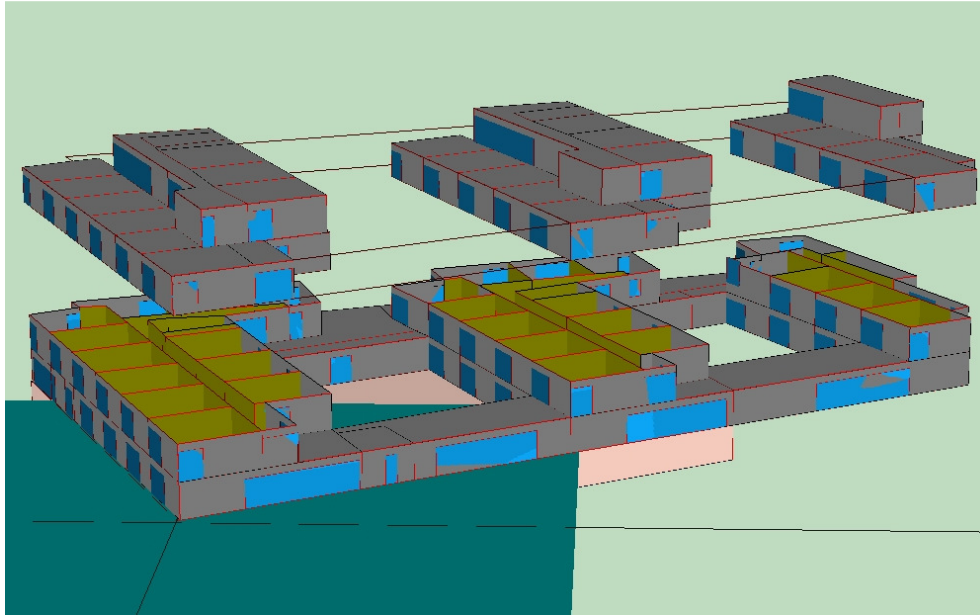


Figura 7.3-3 Representació gràfica de l'edifici Tucuman. Imatge obtinguda amb LIDER

Taula 7.3-10 Resultats de la demanda energètica de l'edifici Tucuman.

Dades del càlcul de demanda amb programari autoritzat				
	Edifici objecte		Edifici de referència	
	Calefacció kWh/m ²	Refrigeració kWh/m ²	Calefacció kWh/m ²	Refrigeració kWh/m ²
mes				
gener	2,9	0,0	4,4	0,0
febrer	1,9	0,0	3,0	0,0
juny	0,0	0,9	0,0	1,1
juliol	0,0	3,0	0,0	3,4
agost	0,0	2,8	0,0	3,2
setembre	0,0	1,2	0,0	1,4
desembre	2,5	0,0	3,9	0,0
ANY	7,3	7,9	11,3	9,1

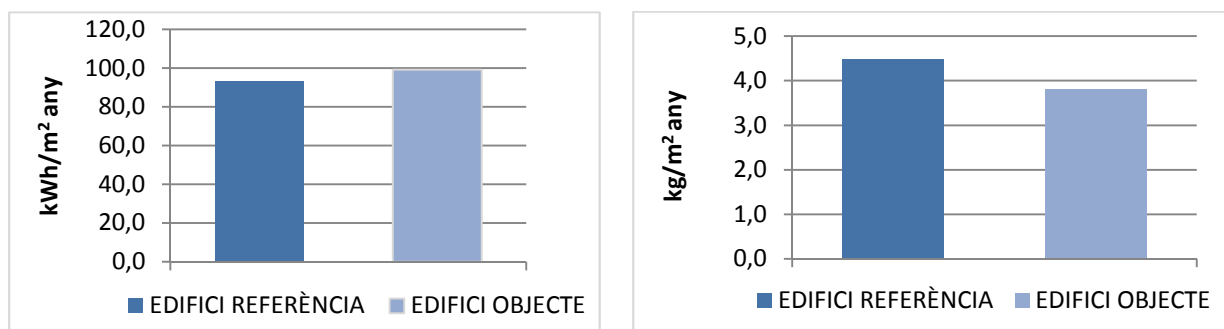


Figura 7.3-4 Comparació consum energia primària i emissions de CO₂ de l'edifici objecte i de referència

Segons CEPEC, la qualificació del projecte és E.

Taula 7.3-11 Qualificació provisional de l'edifici objecte

Qualificació provisional	
Lletra	Estalvi d'energia primària aconseguit respecte referència
E	- 6 %

Taula 7.3-12 Reduccions parcials del consum i la demanda d'energia

% Reduccions parcials	
Concepte	% Reducció
Demanda de calefacció	35
Demanda de refrigeració	13
Demanda ACS	14
Consum d'equipaments	- 8

Segons la metodologia aplicada, els aspectes positius d'aquest edifici és l'estalvi en la demanda de calefacció i refrigeració respecte a l'edifici de referència i el % de reducció de demanda de ACS degut a la instal·lació de dispositius d'estalvi.

Aquest edifici és d'habitatges per a joves, no disposa de sistemes de calefacció, ni de refrigeració, això penalitza de forma important la qualificació. Si no hi ha cap sistema de calefacció, se suposa que la demanda es satisfarà amb radiadors elèctrics de molt baixa eficiència i la demanda de refrigeració amb equips poc eficients. La resta d'equips són elèctrics, cuina, forn i també la producció d'ACS i això també penalitza la qualificació obtinguda. El fet de tenir col·lectors solars per produir el 60 % de la ACS, fa que el percentatge de consum sigui només un 6 % superior al de referència en comptes d'un 16% si no hi haguessin els col·lectors solars.

Taula 7.3-13 Resultats en quant a temps d'introducció de dades

Etapa	Temps
Temps revisió documentació	3 h
Temps introducció LIDER	20 h
Temps simulació	40 '
Temps introducció CEPEC + revisió documentació	10 ' + 2h

Aquest edifici sí compleix segons LIDER la normativa DB HE1 del CTE sobre limitació de la demanda d'energia, però el resultat per a la certificació és força dolenta, una E. Aquest resultat es degut, bàsicament, a la manca d'equips de calefacció i refrigeració i a la instal·lació d'equips elèctrics.

7.3.5.3 Edifici Vilanova

A continuació, es presenten els resultats obtinguts a la simulació de la demanda energètica a LIDER

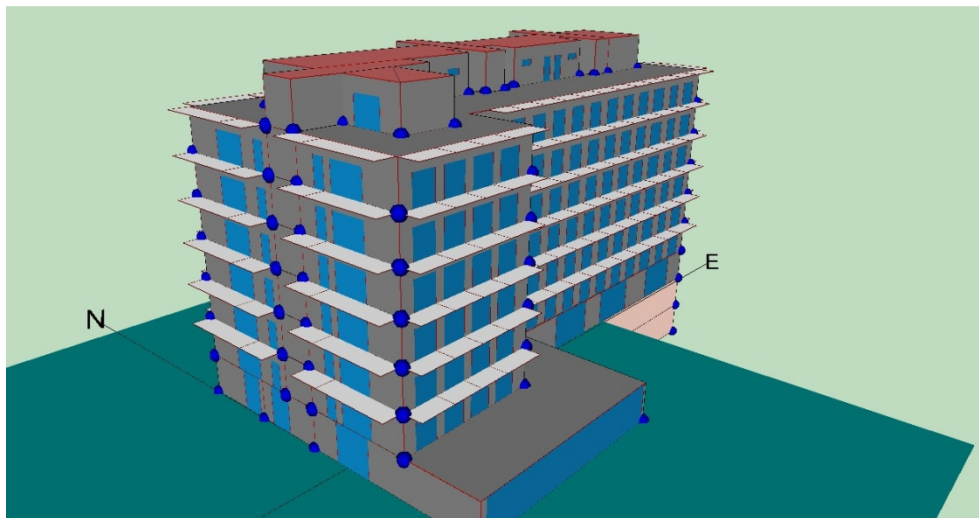
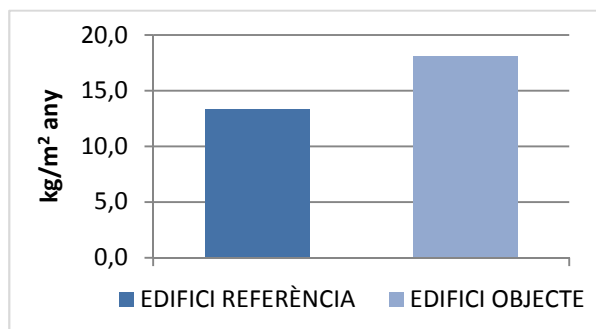
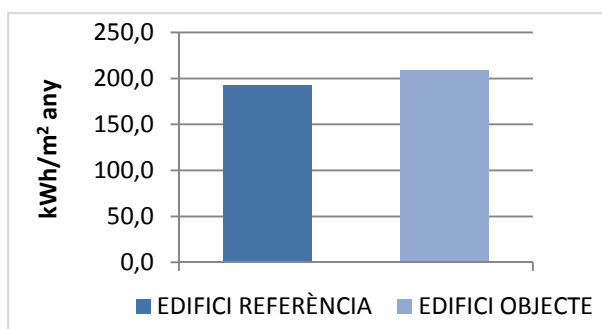


Figura 7.3-5 Representació gràfica de l'edifici Vilanova. Imatge obtinguda amb LIDER

Taula 7.3-14 Resultats de la demanda energètica de l'edifici Vilanova.

Dades del càlcul de demanda amb programari autoritzat				
mes	Edifici objecte		Edifici de referència	
	Calefacció kWh/m ²	Refrigeració kWh/m ²	Calefacció kWh/m ²	Refrigeració kWh/m ²
gener	4,2	0,0	3,5	0,0
febrer	2,8	0,0	2,0	0,0
juny	0,0	0,8	0,0	2,1
juliol	0,0	2,6	0,0	4,5
agost	0,0	2,4	0,0	4,1
setembre	0,0	1,0	0,0	2,0
desembre	3,7	0,0	3,0	0,0
ANY	10,7	6,8	8,5	12,8

**Figura 7.3-6** Comparació consum energia primària i emissions de CO₂ de l'edifici objecte i de referència

Els resultats en la qualificació energètica utilitzant la metodologia CEPEC ha estat "E"

Taula 7.3-15 Qualificació provisional de l'edifici objecte

Qualificació provisional	
Lletra	Estalvi d'energia primària aconseguit respecte referència
E	- 8 %

Taula 7.3-16 Reduccions parcials del consum i la demanda d'energia

% Reduccions parcials	
Concepte	% Reducció
Demanda de calefacció	-27
Demanda de refrigeració	44
Demanda ACS	0
Consum d'equipaments	0

Taula 7.3-17 Resultats en quant a temps d'introducció de dades

Eta	Temps
Temps revisió documentació	4h
Temps introducció LIDER	12 h
Temps simulació	15 '
Temps introducció CEPEC + revisió documentació	10 ' + 2h

Aquest edifici no compleix, segons LIDER, el requisit sobre limitació de la demanda energètica DB HE1 del CTE. Tampoc passa la certificació obtenint una qualificació de E, ja que el seu consum és superior al de referència. En aquest cas, el problema bàsic d'aquest edifici és la demanda de calefacció que és superior a la demanda de l'edifici del referència. Els estalvis en els consums és 0, entre d'altres coses perquè no hi ha col·lectors solars per a la demanda d'ACS. Si el 60% de la demanda d'ACS fos subministrada gràcies a l'energia solar, la qualificació pujaria fins a D, amb un 6% d'estalvi respecte l'edifici de referència.

Aquest edifici també va estar introduït per un membre de l'associació AUS. Els resultats de les dues simulacions es comparen a la següent taula:

Taula 7.3-18 Comparació resultats demanda de l'edifici Vilanova, segons AUS i UPC

Autor	% respecte referència		Calefacció (kWh/m ² any)		Refrigeració (kWh/m ² any)	
	Calefacció	Refrigeració	Edifici objecte	Edifici referència	Edifici objecte	Edifici referència
AUS	108	60	8,1	7,5	6,7	11,1
UPC	126	53	10,7	8,5	6,8	12,8

Es pot veure que els resultats no són coincidents, però en ambdós casos l'edifici no compleix per culpa de la demanda de calefacció. En el cas de refrigeració, la demanda de l'edifici objecte en els dos casos és força similar, però la de calefacció és més alta la realitzada per UPC.

En quant a certificació:

Taula 7.3-19 Comparació resultats qualificació de l'edifici Vilanova, segons AUS i UPC

Autor	Qualificació	Percentatge d'estalvi
AUS	E	-2%
UPC	E	-8%

La qualificació obtinguda per les dues persones que van introduir l'edifici és la mateixa però el percentatge d'estalvi (o no estalvi, en aquest cas) no és coincident. Les diferències es troben, bàsicament, en l'entrada geomètrica i de dades constructives de l'edifici a LIDER.

7.3.5.4 Edifici Piera

A continuació, es presenten els resultats obtinguts a la simulació de la demanda energètica a LIDER

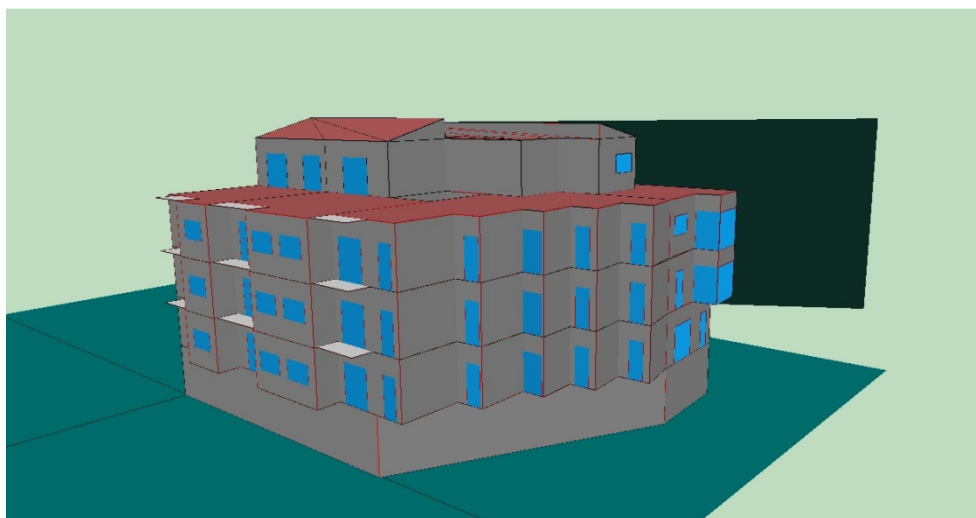


Figura 7.3-7 Representació gràfica de l'edifici Piera. Imatge obtinguda amb LIDER

Taula 7.3-20 Resultats de la demanda energètica de l'edifici Piera.

Dades del càlcul de demanda amb programari autoritzat				
	Edifici objecte		Edifici de referència	
	Calefacció kWh/m ²	Refrigeració kWh/m ²	Calefacció kWh/m ²	Refrigeració kWh/m ²
mes				
gener	3,73	0	4,77	0
febrer	2,64	0	3,35	0
juny	0	0,02	0	0,52
juliol	0	1,25	0	2,57
agost	0	1,26	0	2,55
setembre	0	0,48	0	1,13
desembre	3,24	0	4,19	0
ANY	9,62	3,0	12,3	6,7

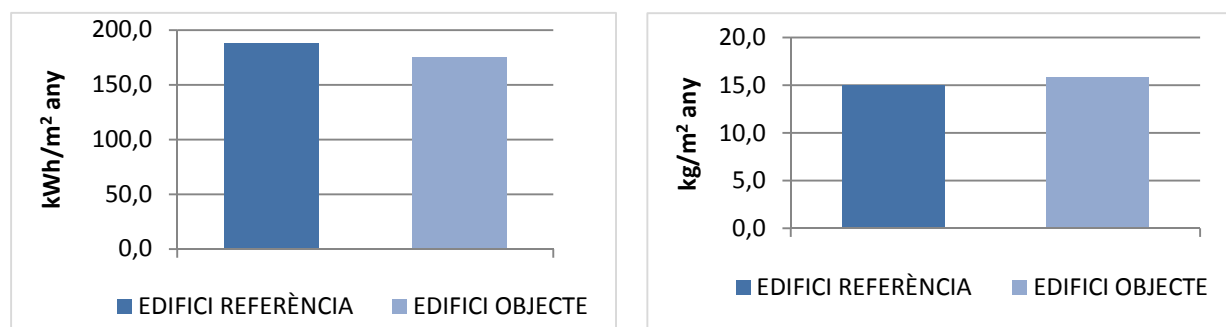


Figura 7.3-8 Comparació consum energia primària i emissions de CO₂ de l'edifici objecte i de referència

Taula 7.3-21 Qualificació provisional de l'edifici objecte

Qualificació provisional	
Lletra	Estalvi d'energia primària aconseguit respecte referència
D	7 %

Taula 7.3-22 Reduccions parcials del consum i la demanda d'energia

% Reduccions parcials	
Concepte	% Reducció
Demanda de calefacció	11
Demanda de refrigeració	93
Demanda ACS	14
Consum d'equipaments	16

Taula 7.3-23 Resultats en quant a temps d'introducció de dades

Etapa	Temps
Temps revisió documentació	5 h
Temps introducció LIDER	15 h
Temps simulació	7'
Temps introducció CEPEC + revisió documentació	10' + 30' (info no era completa)

Aquest edifici sí compleix segons LIDER el requisit DB HE1 del CTE sobre limitació de la demanda energètica, i passa la certificació obtenint una qualificació de D. L'estalvi aconseguit respecte l'edifici de referència és només d'un 7%. El fet de no tenir plaques solars per la ACS fa que el percentatge d'estalvi baixi de 15 a 7%, però la qualificació continua sent D.

Aquest edifici també va estar introduït per membres de l'Associació AUS. Per manca d'informació, s'han considerat les mateixes opcions que AUS, és a dir:

- que no hi ha dispositius d'estalvi en el consum d'ACS,
- Sistema d'ACS, sense acumulació
- Sistema de regulació mínim.

Es va ubicar l'edifici a la zona climàtica C1 d'acord amb el desnivell de la ciutat respecte a la capital de província (Barcelona) segons la definició del CTE.

També es va fer l'exercici de fer la simulació a la zona climàtica C2, per veure quina era la diferència en quant a resultats.

Els resultats de les dues simulacions es comparen a la següent taula

Taula 7.3-24 Comparació resultats demanda de l'edifici Piera, segons AUS i UPC i segons zona climàtica

Zona	Autor	% respecte referència		Calefacció (kWh/m ² any)		Refrigeració (kWh/m ² any)	
		Calefacció	Refrigeració	Edifici objecte	Edifici referència	Edifici objecte	Edifici referència
C1	AUS	77	48	10,4	13,5	1,0	2,0
	UPC	77	13	11,8	15,2	0,1	1,0
C2	AUS	74	71	7,5	10,3	6,3	8,8
	UPC	78	45	9,6	12,3	3,0	6,7

Es pot veure que els resultats no són coincidents, però en ambdós casos l'edifici compleix amb la normativa tant si la zona climàtica era C1 com si fos C2.

	Autor	Qualificació	Percentatge d'estalvi
C1	AUS	D	14%
	UPC	D	7%
C2	AUS	D	14%
	UPC	D	7%

La qualificació obtinguda per les dues zones climàtiques és la mateixa en els casos introduïts tant per la UPC com per AUS.

Referent a qui ha introduït les dades, la qualificació és la mateixa però el percentatge d'estalvi no ho és.

En aquest cas, els tipus de tancaments no són exactament iguals en els dos casos, com s'ha dit anteriorment la informació sobre els gruixos de materials que componen els tancaments no sempre està definida a la memòria i per tant, s'han estimat aquests valors. Aquestes estimacions no són coincidents en els dos casos.

Hi ha una part molt important d'interpretació de les dades que fa variar el resultat final, malgrat això, els dos casos arriben a la mateixa qualificació.

7.4 Conclusions

L'aplicació de la metodologia CEPEC de certificació té, bàsicament, les següents limitacions:

- La informació necessària, tant per a la introducció a LIDER com a CEPEC, no sempre està disponible de forma clara i accessible. És cert que aquesta informació, en principi, hi és a les memòries constructives i d'instal·lacions, però entre molta d'altra informació que fa més feixuga la tasca de recollida de dades. Per altra banda, sovint, la informació de la que es disposa no és completa en quant al tipus de dades que es necessiten. Això fa que les interpretacions i les hipòtesis que s'han d'assumir a l'hora d'introduir l'edifici per varis usuaris siguin força diferents i, per tant, els resultats numèrics obtinguts també. Malgrat això els resultats qualitius sobre si compleix o no amb LIDER i la qualificació energètica global de l'edifici ha estat la mateixa pels dos casos estudiats que han estat introduïts per diferents persones.
- Les limitacions gràfiques i conceptuals del software LIDER també fan que el temps d'introducció de l'edifici sigui més elevat.
- Introduint els diferents edificis a la metodologia CEPEC s'ha observat que hi ha certes opcions que, aparentment, no influeixen en el percentatge d'estalvi. Aquestes opcions són les següents:
 - Si se seleccionen l'existència d'aparells bitèrmics el percentatge d'estalvi per consum d'equipaments no varia.
 - Si hi ha o no acumulació al sistema de producció d'ACS no hi ha canvi en l'estalvi
 - S'ha observat que la introducció d'elements reguladors més sofisticats en els sistemes de calefacció i refrigeració no fa variar el percentatge d'estalvi.
 Tots aquests punts van ser resolts pels programadors de la metodologia.
- En el procés de certificació els passos que consumeixen més temps són:
 - Interpretació de la informació (3 - 5 hores)
 - Introducció a LIDER. (10 - 20 hores)
 - En funció de la complexitat de l'edifici.
 - En funció de l'habilitat i experiència de qui ho introdueixi.
- La introducció de dades sobre els equips a la metodologia CEPEC és molt ràpida i fàcil, aquest és el pas més ràpid, entre 10 i 15 minuts.

Segons aquestes limitacions es recomana:

- Demanar la informació necessària per la introducció de l'edifici a LIDER i CEPEC de forma esquemàtica. D'aquesta manera, seria molt més fàcil per qui hagi de revisar les certificacions, comprovar que són correctes. Per altra banda, si la persona encarregada d'introduir l'edifici a LIDER i CEPEC és diferent de l'arquitecte responsable del projecte seria molt més senzill el pas d'informació i per tant, no caldria fer cap hipòtesi o assumir res. S'annexa un document – plantilla tipus, elaborat per l'autora d'aquesta tesi. (Veure annex D)
- Revisar les opcions de la metodologia CEPEC que semblen no tenir gaire influència en el resultat final i comprovar que els resultats són correctes.

Per últim, es creu que seria molt interessant comparar els resultats obtinguts per CEPEC amb els obtinguts si se segueix la metodologia oficial CALENER VyP. Els resultats de la comparació es veuran al següent capítol.

8 Comparació eines CEPEC i CALENER VyP.

8.1 Objectiu

L'objectiu d'aquest capítol és comparar els resultats obtinguts en la qualificació energètica dels mateixos edificis utilitzant la metodologia CEPEC i la metodologia oficial CALENER VyP.

8.2 Metodologia

L'avaluació de la qualificació energètica dels edificis estudiats es realitzarà mitjançant els dos procediments: CEPEC i CALENER VyP. Per comparar les dues metodologies s'ha de definir quins seran els resultats que es poden avaluar. És a dir, no es poden comparar les qualificacions obtingudes amb les dues metodologies perquè l'escala de qualificació és diferent. Tampoc es poden comparar les emissions globals de l'edifici perquè les dues metodologies tenen en compte diferents usos. En el cas de CALENER VyP només considera: calefacció, refrigeració i ACS. En el cas de CEPEC, a més de calefacció, refrigeració i ACS, també considera il·luminació, equips, autoproducció d'energia mitjançant sistemes de cogeneració i energies renovables i també els sistemes de control i regulació per a la climatització i ACS. Així doncs, els únics usos que tenen en comú són calefacció, refrigeració i ACS. Per tant, aquests seran els usos que es poden avaluar i comparar. A més, aquests són els usos que defineix la normativa per a edificis residencials (MITYC, 2006)

S'avaluaran diferents escenaris on es considera per a cada edifici diferents fonts d'energia (gas natural o electricitat), zona climàtica, tipus de subministrament energètic (centralitzat o individual) i usos (calefacció, refrigeració i ACS).

8.2.1 Definició edificis.

Es compararan els resultats obtinguts per 4 tipologies d'edificis diferents. Els edificis triats es basen en els mateixos edificis que s'han vist en el capítol 3 però, en algun cas s'ha modificat lleugerament per simplificar la introducció de sistemes a CALENER VyP. S'han multiplicat plantes perquè totes fossin iguals i amb els mateixos sistemes.

Taula 8.2-1 Tipologies d'edificis

Tipologia	Nº habitatges	Promoció	Edifici
Unifamiliar	1	Privada	Edifici Matadepera
Plurifamiliar	15	Privada	Edifici Piera
	44	Pública	Edifici Sancho d'Àvila modificat
	77	Privada	Edifici Vilanova

Les zones climàtiques són representatives del territori espanyol i s'han definit segons el CTE en funció de la severitat climàtica d'hivern i d'estiu. Només s'han considerat les zones climàtiques marcades a la **Taula 8.2-2**. Així pràcticament totes les severitats climàtiques estan representades i es limita el número de simulacions.

Taula 8.2-2 Zones climàtiques

SC (estiu)	SV (hivern)			
	A4 (Almeria)	A3 (Cádiz)		
B4 (Sevilla)	B3 (Valencia)			
C4 (Toledo)	C3 (Granada)	C2 (Barcelona)	C1 (Bilbao)	
	D3 (Madrid)	D2 (Zamora)	D1 (Vitòria)	
			E1 (Burgos)	

A continuació es presenta una imatge de cada edifici obtinguda amb el programa LIDER. La introducció de l'edifici a LIDER, per avaluar la demanda energètica de l'edifici i comprovar si compleix amb el requisit de limitació de demanda per a cada una de les zones climàtiques avaluades, és el pas previ i necessari abans de passar a la qualificació energètica dels edificis.

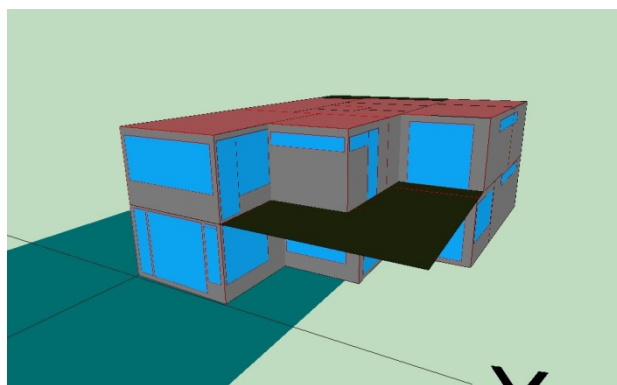


Figura 8.2-1 Edificio unifamiliar

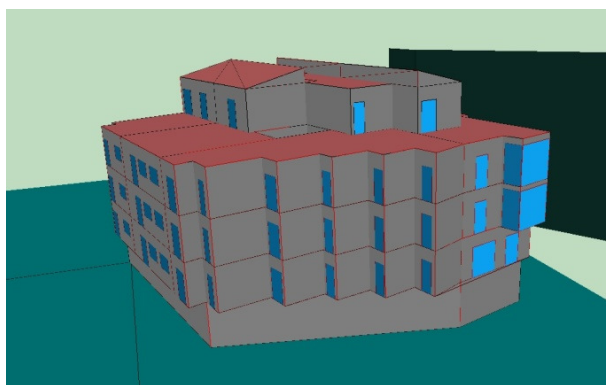


Figura 8.2-2 Edificio 15 habitatges. Piera

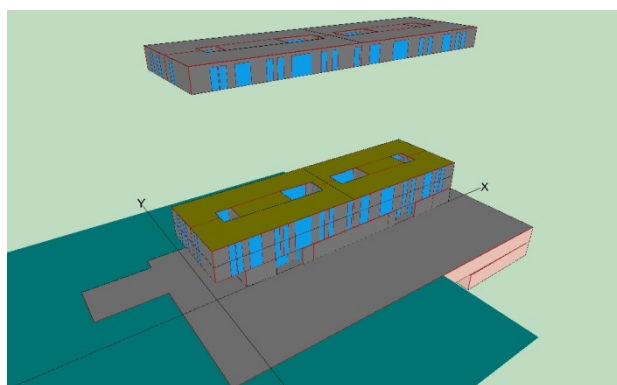


Figura 8.2-3 Edificio 44 habitatges. Sancho d'Avila

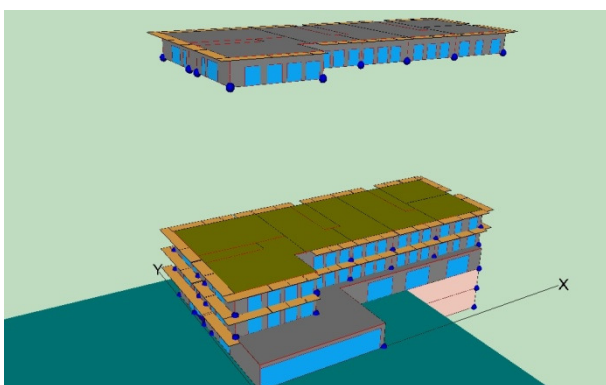


Figura 8.2-4 Edificio 77 habitatges. Vilanova

Una vegada escollits els edificis i les zones climàtiques a avaluar, s'ha de seleccionar la composició dels tancaments dels edificis. Aquesta composició haurà de ser tal que, per a cada zona climàtica compleixi amb els límits establerts per la normativa vigent (MITYC, 2006). A l'Annex E.1 es presenten les composicions de cada un dels tancament que defineix l'edifici per a la zona climàtica C2. La composició dels tancaments sempre és la mateixa, només canvia el gruix de l'aïllant fins arribar al valor de transmitància tèrmica (U) necessari. Com a criteri general, s'ha considerat que el valor de U (W/m^2K) dels tancaments exteriors és un 20% menor que el valor de U límit establert per la normativa. (DB-HE1, 2006)

8.2.2 Definició d'escenaris

A la **Taula 8.2-3** es defineixen els escenaris estudiats segons metodologia CALENER VyP i CEPEC.

Taula 8.2-3 Definició d'escenaris

Escenari	Subministrament	Calefacció	Refrigeració	ACS+solar
1	Centralitzat	Gas Natural	Elèctrica	Gas Natural
2	Individual	Gas Natural	Elèctrica	Gas Natural
3	Centralitzat	Gas Natural	Elèctrica	Elèctrica
4	Individual	Gas Natural	Elèctrica	Elèctrica
5	Individual	Elèctrica	Elèctrica	Elèctrica

Per poder avaluar la qualificació energètica dels edificis estudiats és necessari definir els tipus de sistemes que subministren cada ús a cada escenari. A l'Annex E.2, s'especifiquen les característiques dels equips, unitats terminals i els paràmetres que defineixen els sistemes escollits. El criteri de selecció s'ha basat en els equips més utilitzats segons diferents enginyeries.

També cal dir que el % d'aportació solar al sistema de ACS s'ha considerat el que estableix la normativa estatal en funció de l'energia de suport (MITYC, 2006).

Taula 8.2-4 Percentatge d'aportació solar al sistema de ACS en funció de l'energia de suport, la zona climàtica i la demanda de ACS.

	Unifamiliar		15 habitatges		44 habitatges		77 habitatges	
	m ² habitable	l/dia	m ² habitable	l/dia	m ² habitable	l/dia	m ² habitable	l/dia
	236	180	1415	1273	6342	5708	7954	7159
% de contribució solar mínima segons DB - HE4								
ZONA CLIMÀTICA	GN	ELECT	GN	ELECT	GN	ELECT	GN	ELECT
B4 - (ZONA V)	70	70	70	70	70	70	70	70
C2 - (ZONA II)	30	60	30	63	30	70	45	70
D3 - (ZONA IV)	60	70	60	70	65	70	70	70
E1 - ((ZONA II)	30	60	30	63	30	70	45	70

Segons el DB – HE4 del CTE, el percentatge de les aportacions solar per ACS depèn de la demanda de ACS, de l'energia de suport i de la zona climàtica. En quant a la zona climàtica existeixen 5 zones, I, II, III, IV i V. Aquestes zones no són equivalents a les que es defineixen al requisit bàsic sobre limitació de demanda, DB-HE1. El criteri que s'ha seguit per determinar la zona climàtica ha estat escollir la zona climàtica segons DB-HE4 que li correspongui a les ciutats representatives de les zones climàtiques segons DB-HE1. Així doncs, per B4 (Sevilla) la zona climàtica és la V; per C2 (Barcelona) i D3 (Madrid) la zona climàtica és la IV i per últim per E1 (Burgos) la zona climàtica és la II.

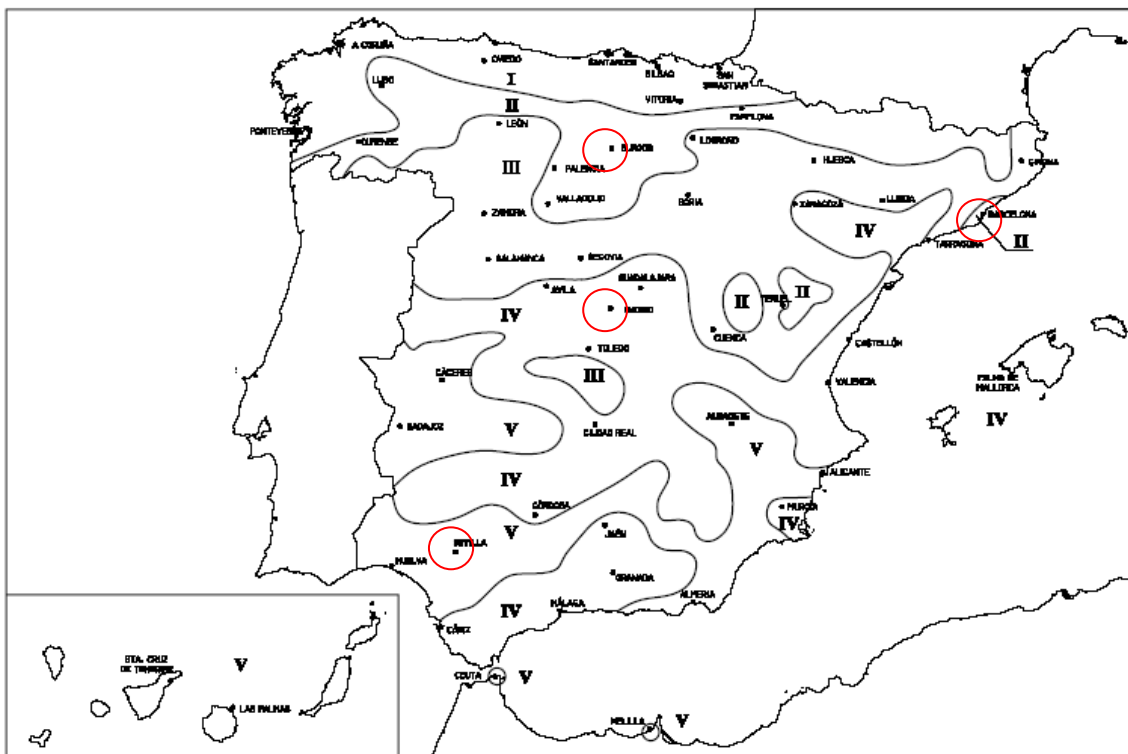


Figura 8.2-5 Zones climàtiques segons DB-HE4. Font DB-HE4 - CTE

8.3 Resultats i anàlisi.

En aquest apartat es presenten els resultats obtinguts per cada edifici.

Abans de presentar els resultats cal aclarir que l'escala de qualificació depèn de la zona climàtica, així que més emissions no impliquen necessàriament que la qualificació energètica sigui pitjor si les zones climàtiques són diferents. A més, també depenen de la demanda de calefacció, refrigeració i ACS de l'edifici (MITYC - IDAE, 2007). Per aquest motiu les escales pels escenaris 1 i 2 poden ser diferents a la dels escenaris 3,4 i 5, ja que la demanda de ACS canvia perquè el percentatge d'aportació solar varia en funció del tipus d'energia utilitzada com a suport al sistema solar i de la zona climàtica (Veure **Taula 8.2-4**). Així per a la zona climàtica B4, l'escala sempre és la mateixa perquè la contribució solar sempre és del 70%, però a la resta de zones climàtiques, aquest percentatge canvia i per tant, també l'escala de qualificació.

Com ja s'ha dit, es comparen les emissions per calefacció, refrigeració i ACS que són els usos que determina la normativa que s'han d'avaluar per edificis residencials, segons els factors d'emissió utilitzats a CALENER VyP (MITYC, 2006).

8.3.1 Edifici unifamiliar

A continuació es presenten els resultats obtinguts en quant emissions de CO₂ per a l'edifici unifamiliar segons les dues metodologies. En aquest cas, els escenaris 1, 2 i 3, 4 són idèntics ja que no hi ha diferència entre subministrament centralitzat o individual.

Taula 8.3-1 Edifici unifamiliar. kg CO₂/m²any segons metodologies CEPEC i CALENER VyP

Edifici	B4		C2		D3		E1	
	CEPEC	CALENER	CEPEC	CALENER	CEPEC	CALENER	CEPEC	CALENER
Unif_01	18,4	26,1	21,2	21,3	27,7	27,2	37,8	31,3
Unif_03	21,0	29,2	22,4	24,3	30,1	29,9	40,5	35,2
Unif_05	30,4	32,7	32,7	33,9	43,9	46,7	57,5	68,1

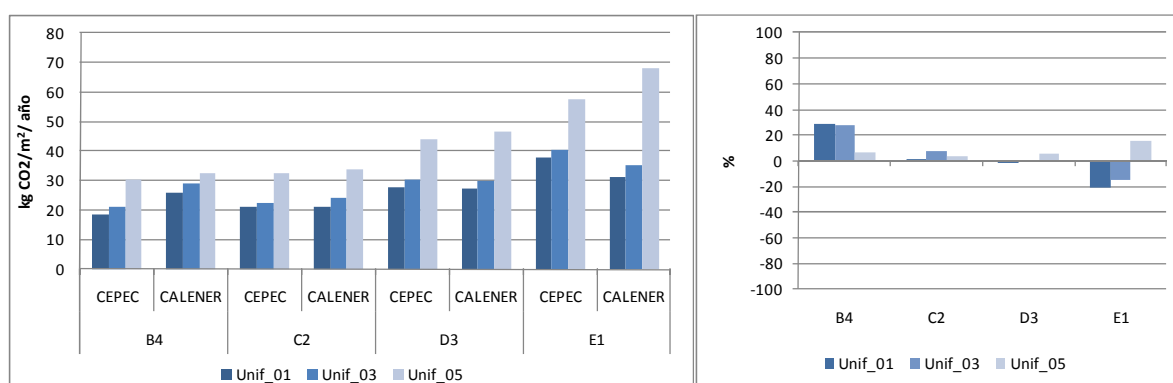


Figura 8.3-1 Edifici unifamiliar. a) Emissions de kg CO₂/m²any segons metodologies CEPEC i CALENER; b) Desviacions en % de les emissions segons CEPEC respecte a CALENER VyP

Es pot veure com per a totes les zones climàtiques, excepte per la zona climàtica E1 en els escenaris on la calefacció és amb gas natural (1 i 3), les emissions segons la metodologia CALENER són superiors a la metodologia CEPEC. La diferència més gran es troba a la zona climàtica B4, on les necessitats de refrigeració són superiors.

Les desviacions no superen el 20% en la majoria dels escenaris excepte per l'escenari 1 i 3 i per la zona climàtica, B4. En aquest cas, les emissions de CALENER són força superiors a les que estima CEPEC, fins a un 30% en el cas de la zona climàtica B4.

La qualificació energètica, segons l'escala utilitzada a CALENER VyP es mostra a la següent taula

Taula 8.3-2 Edifici unifamiliar. Qualificació energètica segons metodologies CEPEC i CALENER VyP

Edifici	B4		C2		D3		E1	
	CEPEC	CALENER	CEPEC	CALENER	CEPEC	CALENER	CEPEC	CALENER
Unif_01	D	D	D	D	D	D	C	C
Unif_03	D	E	D	D	D	D	D	C
Unif_05	E	E	E	E	E	E	D	E

Es pot veure com, malgrat les diferències en les emissions, la qualificació energètica obtinguda és la mateixa excepte per als escenaris 3 de la zona climàtica B4 i E1 i l'escenari 5 de la E1.

8.3.2 Edifici 15 habitatges. Piera

A continuació es presenten els resultats obtinguts en quant emissions de CO₂ per a l'edifici de 15 habitatges segons les dues metodologies.

Taula 8.3-3 Edifici 15 habitatges. kg CO₂/m²any segons metodologies CEPEC i CALENER VyP

Edifici	B4		C2		D3		E1	
	CEPEC	CALENER	CEPEC	CALENER	CEPEC	CALENER	CEPEC	CALENER
15_01	13,1	13,3	17,4	12,8	21,4	18,8	34,4	25,1
15_02	11,7	13,3	12,5	12,3	18,2	17,7	29,1	24,8
15_03	15,8	15,7	17,5	14,2	21,6	19,8	31,9	26,7
15_04	15,7	15,7	17,6	14,2	21,6	20,6	31,9	26,7
15_05	19,7	18,5	24,5	20,2	29,6	30,3	45,0	43,3

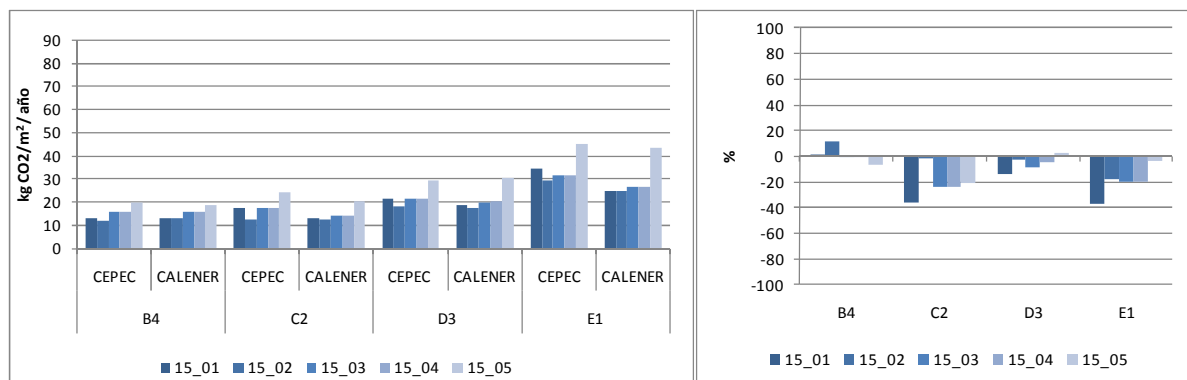


Figura 8.3-2 Edifici 15 habitatges. a) Emissions de kg CO₂/m²any segons metodologies CEPEC i CALENER; b) Desviacions en % de les emissions segons CEPEC respecte a CALENER VyP

En aquest cas es pot veure com, per a totes les zones climàtiques, excepte un escenari per la zona climàtica B4 les emissions segons la metodologia CALENER són inferiors a la metodologia CEPEC. Les desviacions entre els resultats obtinguts per CEPEC i CALENER no superen el 20% en la majoria dels casos excepte per a l'escenari 1 (tot gas i centralitzat) de les zones climàtiques C2 i E1.

La qualificació energètica, segons l'escala utilitzada a CALENER VyP es mostra a la següent taula

Taula 8.3-4 Edifici 15 habitatges. Qualificació energètica segons metodologies CEPEC i CALENER VyP

Edifici	B4		C2		D3		E1	
	CEPEC	CALENER	CEPEC	CALENER	CEPEC	CALENER	CEPEC	CALENER
15_01	D	D	D	C	D	D	D	C
15_02	C	D	C	C	D	D	D	C
15_03	D	D	D	D	D	D	D	D
15_04	D	D	D	D	D	D	D	D
15_05	E	E	E	E	E	E	E	E

En general, les qualificacions són força similars. En els casos on difereix, CEPEC és més restrictiu i dona una pitjor qualificació, excepte en l'escenari 2 (subministrament amb gas per calefacció i ACS individual) de la zona climàtica B4.

8.3.3 Edifici 44 habitatges. Sancho d'Avila

A continuació es presenten els resultats obtinguts en quant emissions de CO₂ per a l'edifici de 44 habitatges segons les dues metodologies.

Taula 8.3-5 Edifici 44 habitatges. kg CO₂/m²any segons metodologies CEPEC i CALENER VyP

Edifici	B4		C2		D3		E1	
	CEPEC	CALENER	CEPEC	CALENER	CEPEC	CALENER	CEPEC	CALENER
44_01	13,6	12,4	14,2	10,9	19,5	16,5	27,9	22,6
44_02	12,9	13,5	12,5	11,9	16,9	17	24,3	21,9
44_03	15,5	14,3	13,4	12,6	19,2	17,7	25,2	22,7
44_04	15,4	14,4	13,5	12,7	19,3	17,8	25,5	22,8
44_05	18,1	15,1	15,3	14,8	22,4	21,9	29,8	31,4

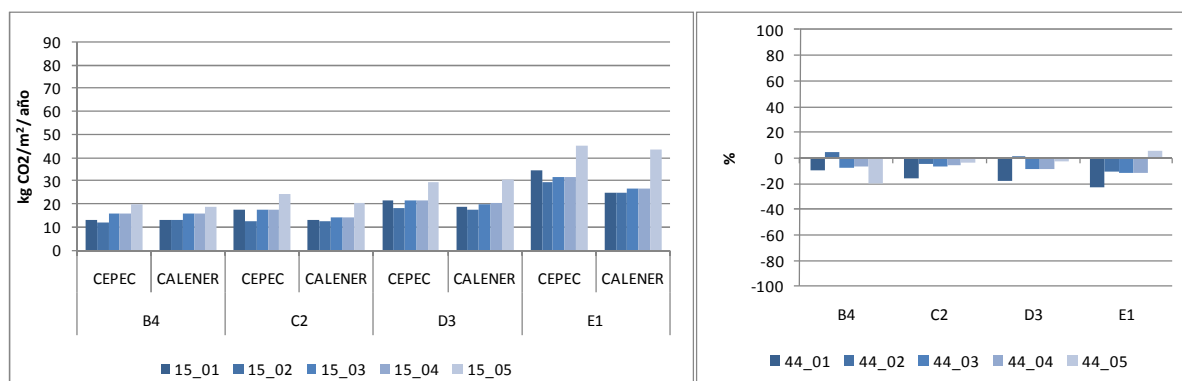


Figura 8.3-3 Edifici 44 habitatges. Desviació en % de les emissions de CO₂/m²any segons metodologies CEPEC i CALENER VyP

En aquest cas també es pot veure com, per a totes les zones climàtiques, excepte un escenari per la zona climàtica B4 i un de la E1, les emissions segons la metodologia CALENER són inferiors a la metodologia CEPEC.

En aquest cas, les desviacions entre els resultats de les dues metodologies no superen el 20%, excepte per l'escenari 1 de la zona climàtica E1.

La qualificació energètica, segons l'escala utilitzada a CALENER VyP es mostra a la següent taula

Taula 8.3-6 Edifici 44 habitatges. Qualificació energètica segons metodologies CEPEC i CALENER VyP

Edifici	B4		C2		D3		E1	
	CEPEC	CALENER	CEPEC	CALENER	CEPEC	CALENER	CEPEC	CALENER
44_01	D	D	D	C	D	C	D	C
44_02	D	D	C	C	C	C	C	C
44_03	D	D	D	D	D	D	C	C
44_04	D	D	D	D	D	D	C	C
44_05	D	D	D	D	D	D	D	D

En general, les qualificacions són força similars. Igual que en el cas de l'edifici de 15 habitatges, els casos on la qualificació difereix, CEPEC és més restrictiu i dona una pitjor qualificació.

CEPEC dona pitjor qualificació a la calefacció i ACS centralitzada respecte a la qualificació quan el subministrament és individual.

8.3.4 Edifici 77 habitatges. Vilanova

A continuació es presenten els resultats obtinguts en quant emissions de CO₂ per a l'edifici de 77 habitatges segons les dues metodologies.

Taula 8.3-7 Edifici 77 habitatges. kg CO₂/m²any segons metodologies CEPEC i CALENER VyP

Edifici	B4		C2		D3		E1	
	CEPEC	CALENER	CEPEC	CALENER	CEPEC	CALENER	CEPEC	CALENER
77_01	11,8	12,0	12,5	10,9	16,5	13,8	25,8	19,6
77_02	11,1	12,2	10,8	10,9	14,3	14,2	22,2	19,8
77_03	14,4	14,2	12,8	12,4	17,7	16,7	24,2	22,4
77_04	14,5	14,5	13,0	12,4	17,7	16,4	24,3	21,2
77_05	17,1	16,5	16,2	16,1	23,4	23,2	33,8	34,5

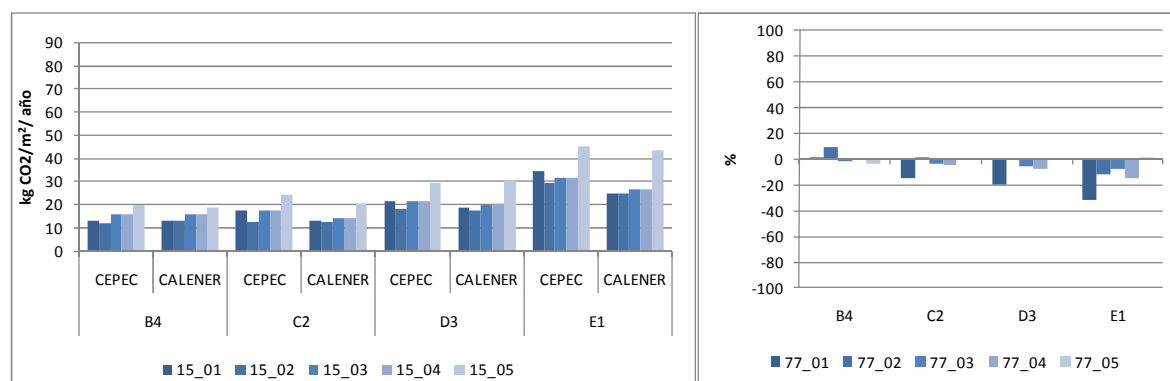


Figura 8.3-4 Edifici 77 habitatges. Desviació en % de les emissions de CO₂/m²any segons metodologies CEPEC i CALENER VyP

En aquest cas es pot veure com, per a totes les zones climàtiques, excepte un escenari per la zona climàtica B4 les emissions segons la metodologia CALENER són inferiors a la metodologia CEPEC.

Les desviacions en els resultats entre les dues metodologies no superen el 20%, només en l'escenari 1 de la zona climàtica E1.

La qualificació energètica, segons l'escala utilitzada a CALENER VyP es mostra a la següent taula

Taula 8.3-8 Edifici 77 habitatges. Qualificació energètica segons metodologies CEPEC i CALENER VyP

Edifici	B4		C2		D3		E1	
	CEPEC	CALENER	CEPEC	CALENER	CEPEC	CALENER	CEPEC	CALENER
77_01	D	D	C	C	C	C	C	C
77_02	C	D	C	C	C	C	C	C
77_03	D	D	D	D	D	C	C	C
77_04	C	D	D	D	D	C	C	C
77_05	D	D	D	D	D	D	D	D

En general, les qualificacions són força similars. Igual que en els altres edificis, els casos on la qualificació difereix, CEPEC és més restrictiu i dona una pitjor qualificació, excepte per als escenaris 2 i 4 de la zona climàtica B4, on el subministrament de calefacció i ACS és individual.

CEPEC dona pitjor qualificació a la calefacció i ACS centralitzada respecte a la qualificació quan el subministrament és individual.

8.4 Conclusions

Segons els resultats obtinguts es pot concloure que:

- Les desviacions en els resultats d'emissions de les dues metodologies, CEPEC i CALENER, no superen el 20% en la gran majoria d'escenaris. Malgrat això, s'observa que pels edificis plurifamiliars, els resultats obtinguts en l'escenari 1 (tot gas, calefacció i ACS centralitzat) amb CEPEC, tenen una desviació superior respecte als obtinguts amb CALENER VyP arribant fins al 40% en l'edifici de 44 habitatges, aquestes desviacions tan elevades s'observen especialment en les zones climàtiques C2 i E1. En el cas, de l'edifici unifamiliar, les desviacions arriben al 30% només en l'escenari 5 (tot elèctric).
- La metodologia CEPEC penalitza més els edificis d'habitatges plurifamiliars que els unifamiliars, respecte la metodologia CALENER VyP. En tots els casos d'edificis plurifamiliars, les emissions són més altes que les emissions obtingudes utilitzant la metodologia CALENER VyP. En el cas d'edifici unifamiliar, les emissions són inferiors si s'utilitza la metodologia CEPEC.
- La metodologia CEPEC considera de forma significativa el subministrament centralitzat respecte a l'individual de calefacció i ACS. Aquesta diferència és més significativa en el cas de l'ACS. Segons la taula d'escenaris (veure **Taula 8.2-3**), l'escenari 3 considera l'electricitat com l'energia de suport de l'ACS, i per tant, el subministrament d'ACS és individual. En el mateix escenari, la calefacció és centralitzada. En l'escenari 4 tant la calefacció com l'ACS són individuals. Es pot veure com els resultats obtinguts en aquest dos escenaris són molt similars. No és així en el cas de comparar els resultats dels escenaris 1 i 2. En aquest cas, tant la calefacció com l'ACS són centralitzades en l'escenari 1 i individuals en l'escenari 2. Es pot veure com els resultats per aquests dos escenaris són força diferents, obtenint més emissions en el cas de subministrament centralitzat (Escenari 1). Per tant, es pot concloure que la diferència d'emissions és deguda, principalment, a l'ACS.
- En qualsevol cas, les dues metodologies:
 - Consideren com a pitjor escenari el 5, on tota la energia consumida és elèctrica, obtenint qualificacions de D i E per l'edifici de 15 habitatges.
 - Consideren els edificis plurifamiliars més eficients que els unifamiliars, sent el ràtio $\text{kg CO}_2/\text{m}^2/\text{any}$ inferior quan més habitatges tingui l'edifici.
 - Perjudiquen a les zones climàtiques que tenen més necessitat de refrigeració, B4.

- Donen millor qualificació a les zones climàtiques amb menys necessitat de refrigeració, E1.
- Caldria revisar la metodologia CEPEC per ajustar els resultats obtinguts en l'escenari 1 (tot gas centralitzat) als que es deriven de la metodologia oficial. Probablement caldria revisar el tractament que li dona CEPEC i CALENER VyP al subministrament centralitzat de calefacció i ACS.
- CEPEC és una eina pensada per l'àmbit energètic català, per aquest motiu, per poder fer la comparació de resultats, s'han utilitzat els valors de consum d'energia final de CEPEC i s'ha aplicat el rati d'emissions per kWh consumit que utilitza CALENER VyP que correspon al mix energètic espanyol (MITYC - IDAE, 2008).
- CEPEC, com a metodologia, té més possibilitats en quant que considera més usos, i també té en compte autoproducció d'energia elèctrica mitjançant energies renovables o cogeneració. Però aquests paràmetres no són avaluable segons la normativa actual per edificis residencials (MITYC, 2006). Així doncs, es podria adaptar l'eina i simplificar-la pels edificis residencials.
- CEPEC és més fàcil d'utilitzar, més intuïtiva i no es necessita una formació específica per dominar l'eina. Com s'ha vist, els resultats tenen unes desviacions en la majoria dels casos, molt baixes. Si bé és cert que caldria revisar l'eina per ajustar els resultats en alguns casos.

En qualsevol cas, CEPEC, no compleix els requisits que estableix el document reconegut: "Documento de condiciones de aceptación de Programas Informáticos Alternativos" (IDAE, 2009) pel compliment de la qualificació energètica d'edificis segons l'opció general. Entre d'altres motius perquè no és un programari informàtic que faci una simulació horària dels consums dels diferents usos. El càlcul que realitza CEPEC és molt més senzill que només té en compte un rendiment mig estacionari dels equips que subministren l'energia necessària per satisfer la demanda, a més d'altres aspectes qualitius com per exemple, la possibilitat de ventilació creuada en l'habitatge o si aquest disposa d'espai per poder estendre la roba o els sistemes de control i la regulació existents a l'habitatge pels usos de calefacció, refrigeració, ACS i il·luminació.

A més, CEPEC, considera també pels habitatges, la possibilitat d'autoproducció d'energia.

Per tant, es pot afirmar que CEPEC arriba més enllà que CALENER, malgrat el càlcul final d'emissions no sigui tan exhaustiu com el que realitza CALENER, perquè té en consideració molts més paràmetres que la metodologia oficial.

Malgrat aquest impediment inicial, cal dir que han sorgit altres metodologies de certificació, com Ce2, que ja ha estat validada com a metodologia alternativa al procediment simplificat de qualificació energètica. Aquesta metodologia Ce2 és més similar a la que es proposa en aquesta tesi, CEPEC. Per tant, es podria valorar la possibilitat que CEPEC fos considerada com a metodologia alternativa al procediment simplificat.

Existeixen també altres experiències a Europa, en concret a Itàlia on s'ha desenvolupat una metodologia simplificada on tampoc es realitza una simulació dinàmica per arribar a calcular el consum final d'energia, i on la introducció de dades s'ha simplificat considerablement, amb un nivell de fiabilitat acceptable. Aquesta metodologia es basa en el software "BestClass" i ha estat desenvolupada per la Politècnica de Milan i està sent utilitzada a la província de Milan, Itàlia. (Tronchin & Fabbri, 2009)

Segons els requisits que es demanen per a ser reconegut com a procediment simplificat establerts al "Documento de condiciones de aceptación de opciones simplificadas alternativas". (MITYC - IDAE, 2008), CEPEC podria ser considerada com a metodologia alternativa. En aquest document es demana que *"Los procedimientos simplificados se presentarán, con carácter general, en forma de soluciones técnicas aunque no se excluyen otras opciones de presentación que sean conformes con los principios y condiciones que se describen en este documento"*

Cal dir que l'eina CEPEC¹⁷ (Barcelona Regional, 2006) es va desenvolupar quan encara no existia CALENER VyP, i no se sabia quins serien els criteris d'acceptació per ser procediment reconegut, que no van ser públics fins al 2008. Malgrat tot, els resultats que s'han obtingut en els edificis estudiats amb aquesta metodologia, no difereixen gaire (desviacions inferiors al 20%), en la majoria dels casos, dels obtinguts amb la metodologia oficial de qualificació per a edificis residencials, CALENER VyP. Per això, es creu que, si es poguessin polir i ajustar alguns resultats referents als sistemes de calefacció i ACS centralitzats, l'eina podria ser una eina vàlida de qualificació i fins i tot, si fos acceptat pels organismes competents, es podria utilitzar per definir les solucions tècniques que es defineixen en els procediments simplificats.

Un altre sector important en l'àmbit de la qualificació energètica d'edificis, és el sector d'edificis existents. A data d'avui (juliol 2010), encara no s'ha definit, el procediment oficial per aquest tipus d'edificis. L'autora d'aquesta tesi creu que CALENER VyP no és una opció gaire viable per aquest tipus d'edificis per la quantitat i qualitat d'informació sobre l'edifici que el programa necessita. Aquesta informació referent a tancaments i sistemes no sempre estaran disponibles en edificis existents.

Per aquest motiu, es creu que la simplicitat de CEPEC fa que aquesta eina pugui ser vàlida per aquest tipus d'edificis, ja que la informació d'entrada que necessita l'eina no és tan precisa, com en el cas de CALENER, ja que és més aviat de caire qualitatiu. A més, les dades de demanda de CEPEC, en un principi, s'obtenen amb LIDER, però això no té perquè ser sempre així, CEPEC com a eina que calcula el consum energètic i les emissions produïdes per un edifici es independent de LIDER. Així doncs, aquestes dades es poden obtenir amb una altra metodologia, més simple que LIDER.

Per tot això, l'autora d'aquesta tesi conclou que CEPEC pot ser una eina vàlida per a la qualificació energètica d'edificis existents, sempre i quan s'ajusti el tractament que li dona CEPEC al subministrament centralitzat de calefacció i ACS per tal que tots els resultats tinguin una desviació inferior al 20% respecte la metodologia oficial CALENER VyP.

¹⁷ El projecte CEPEC, ALTENER Z/02-072/2002, va començar al Maig del 2003 i va acabar al juny del 2006

9 Avaluació de la qualificació energètica.

Segons els capítols anteriors, CEPEC no pot ser, tal i com està definida actualment, una metodologia alternativa a CALENER VyP. Tot i que, com s'ha explicat, sí podria ser una metodologia interessant per edificis existents o, fins i tot, alternativa a la metodologia oficial simplificada, sempre i quan fos validada pels òrgans competents.

En qualsevol cas, la metodologia oficial de qualificació és CALENER VyP i en aquest últim capítol es vol fer una revisió d'aquesta metodologia. És important conèixer com afecta a la qualificació final de l'edifici certs paràmetres bàsics de la concepció global de l'edifici com, per exemple, la font energètica utilitzada per satisfer la demanda dels usos considerats, la zona climàtica o el tipus de subministrament. També es farà una avaluació econòmica dels diferents escenaris.

Anant més al detall, també resulta d'interès saber com és de fàcil o difícil saltar d'escala de qualificació si es millora l'aïllament dels tancaments, el rendiment dels equips o si s'utilitza algun tipus d'energia renovable per a satisfer la demanda de calefacció o ACS. Per últim, s'avalua com es pot modelar a CALENER VyP un espai que estigui només parcialment refrigerat.

És a dir, es pretén posar de manifest algunes de les limitacions del software i proposar possibles millores.

9.1 Objectiu

L'objectiu d'aquest capítol és avaluar la qualificació energètica obtinguda utilitzant la metodologia oficial, CALENER VyP, de diferents tipologies d'edificis residencials en funció de:

- la font energètica utilitzada (gas natural o electricitat),
- zona climàtica,
- tipus de subministrament energètic (centralitzat o individual) i
- usos (calefacció, refrigeració i aigua calenta sanitària).

Es pretén avaluar la influència d'aquests paràmetres en la qualificació energètica final dels edificis. A més, es farà l'anàlisi econòmic i ambiental de les diferents mesures considerades a cada escenari per obtenir els següents indicadors:

- Cost de consum, €/m²
- Cost d'instal·lació, €/habitatge i €/m²
- Temps de retorn de la inversió, anys. (respecte l'escenari més econòmic)
- Sobrecost que suposa l'estalvi d'un kg de CO₂ emès (€/kg CO₂), tenint en compte:
 - Costos d'instal·lació
 - Cost total: costos d'instal·lació + costos de consum

9.2 Metodologia

La qualificació energètica dels edificis s'avaluarà mitjançant la metodologia oficial de càlcul per edificis residencials, CALENER VyP.

En primer lloc s'han definit els edificis a avaluar. En aquest cas, els edificis són els mateixos que els utilitzats al capítol 4 per comparar les dues metodologies de qualificació, CALENER VyP i CEPEC.

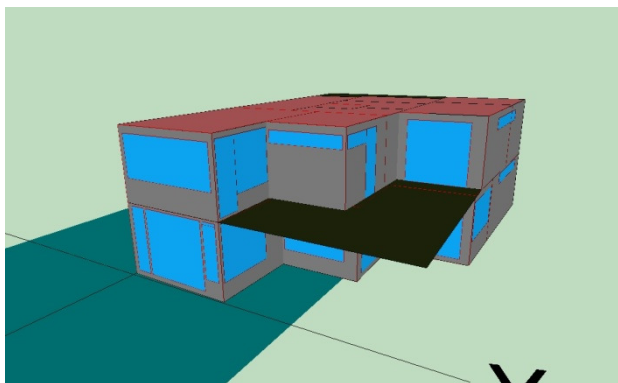


Figura 9.2-1 Edifici unifamiliar

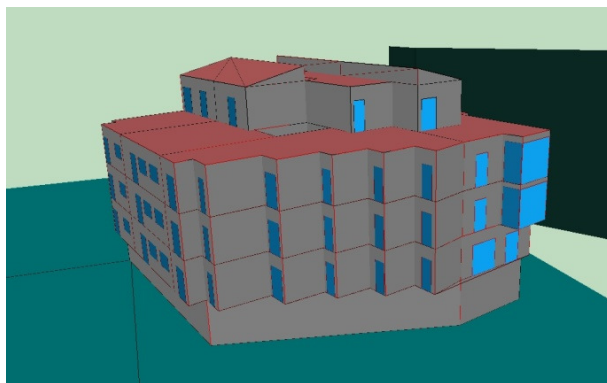


Figura 9.2-2 Edifici 15 habitatges. Piera

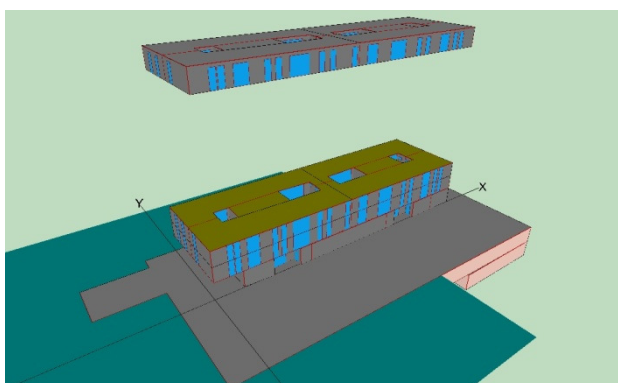


Figura 9.2-3 Edifici 44 habitatges. Sancho d'Avila

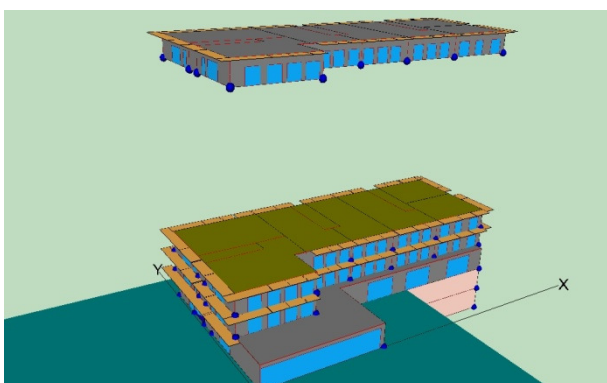


Figura 9.2-4 Edifici 77 habitatges. Vilanova

Les zones climàtiques són les mateixes que les del capítol anterior, B4 (Sevilla), C2 (Barcelona), D3 (Madrid) i E1 (Burgos).

Per últim, els escenaris són els mateixos que els estudiats al capítol 4. A la següent taula es recorda quins són aquests escenaris:

Taula 9.2-1 Definició d'escenaris

Escenari	Subministrament	Calefacció	Refrigeració	ACS+solar
1	Centralitzat ¹⁸	Gas Natural	Elèctrica	Gas Natural
2	Individual	Gas Natural	Elèctrica	Gas Natural
3	Centralitzat	Gas Natural	Elèctrica	Elèctrica
4	Individual	Gas Natural	Elèctrica	Elèctrica
5	Individual	Elèctrica	Elèctrica	Elèctrica

També cal dir que el % d'aportació solar al sistema de ACS s'ha considerat el que estableix la normativa estatal en funció de l'energia de suport (CTE_DB-HE4, 2006) i s'han seguit les mateixes consideracions que en el capítol anterior.

Taula 9.2-2 Percentatge d'aportació solar al sistema de ACS en funció de l'energia de suport, la zona climàtica i la demanda de ACS.

	UNIFAMILIAR		15 habitatges		44 habitatges		77 habitatges	
	m ² habitat	l/dia	m ² habitat	l/dia	m ² habitat	l/dia	m ² habitat	l/dia
	236	180	1415	1273	6342	5707	7954	7158
ZONA CLIMÀTICA	Energia suport		Energia suport		Energia suport		Energia suport	
	GN	ELÉCT	GN	ELÉCT	GN	ELÉCT	GN	ELÉCT
B4 - (ZONA V)	70	70	70	70	70	70	70	70
C2 - (ZONA II)	30	60	30	63	30	70	45	70
D3 - (ZONA IV)	60	70	60	70	65	70	70	70
E1 - ((ZONA II)	30	60	30	63	30	70	45	70

També s'avalua la variació en la qualificació energètica, d'un dels edificis, si es modifiquen els següents paràmetres:

- substitució de la caldera de gas natural per una caldera de biomassa en l'escenari 1.
- la transmitància tèrmica dels tancaments, (U tancaments = U límit)
- el percentatge de superfície climatitzada (refrigeració).
- la millora del COP de la bomba de calor en l'escenari 5. (COP = 3.5)

Aquestes variacions s'han realitzat basant-se en l'edifici de 44 habitatges i només en els dos escenaris extrems, és a dir, el 1 (calefacció i ACS amb gas natural) i el 5 (només electricitat) de Calener VyP.

¹⁸ El subministrament centralitzat es refereix a la calefacció i ACS, quan el sistema de suport és de gas

Taula 9.2-3 Variacions sobre els escenaris 1 i 5.

Escenari	Subministrament	Calefacció	Refrigeració	ACS+solar
1	Centralitzat	Gas Natural	Elèctrica	Gas Natural
1_biomassa	Centralitzat	Biomassa	Elèctrica	Biomassa
1_Ulim	Les U dels tancaments són exactament les U límit establertes a la normativa. DB-HE1			
1_60% ref.	Només es condiciona, en quant a refrigeració, el 60% de la superfície de l'habitatge			
1_75% ref.	Només es condiciona, en quant a refrigeració, el 75% de la superfície de l'habitatge			
5	Individual	Elèctrica	Elèctrica	Elèctrica
5_Ulim	Les U dels tancaments són exactament les U límit establertes a la normativa. DB-HE1			
5_60% ref.	Només es condiciona, en quant a refrigeració, el 60% de la superfície de l'habitatge			
5_75% ref.	Només es condiciona, en quant a refrigeració, el 75% de la superfície de l'habitatge			
5_COP3.5	Millora del COP de la bomba de calor fins un 3.5. (El COP a l'escenari 5 de la bomba de calor era 2.6)			

Per últim, es realitzarà l'anàlisi econòmica dels diferents escenaris. Es tindran en compte tant els costos d'instal·lació dels sistemes considerats en els diferents escenaris com els costos derivats del consum energètic associat a cada escenari. Es determinaran i analitzaran els següents indicadors:

- Cost de consum, €/m²
- Cost d'instal·lació, €/habitatge i €/m²
- Temps de retorn de la inversió, anys.
- Sobrecost que suposa l'estalvi d'un kg de CO₂ emès (€/kg CO₂), tenint en compte:
 - Costos d'instal·lació
 - Cost total: costos d'instal·lació + costos de consum

9.3 Resultats i anàlisis.

Per a cada tipologia d'edifici, es presenten els resultats obtinguts quant a emissions, qualificació energètica i distribució de consums i emissions.

9.3.1 Edifici unifamiliar

En aquest cas, no té sentit diferenciar entre subministrament centralitzat o individual per habitatge. Així els escenaris 1,2 i 3,4 són equivalents i per tant, els resultats idèntics.

Taula 9.3-1 Resultats Edifici unifamiliar. Consum final, emissions globals i qualificació energètica.

Escenari	TOTAL kWh/m ² any				TOTAL kg CO ₂ /m ² any			
	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1
Uni_01	60,0	73,2	94,3	141,9	26,1	21,3	27,2	31,3
Uni_03	60,5	68,1	92,8	137,9	29,2	24,3	29,9	35,2
Uni_05	50,2	52,2	72,0	104,9	32,7	33,9	46,7	68,1

Escenari	Qualificació			
	B4	C2	D3	E1
Uni_01	D	D	D	C
Uni_03	E	D	D	C
Uni_05	E	E	E	E

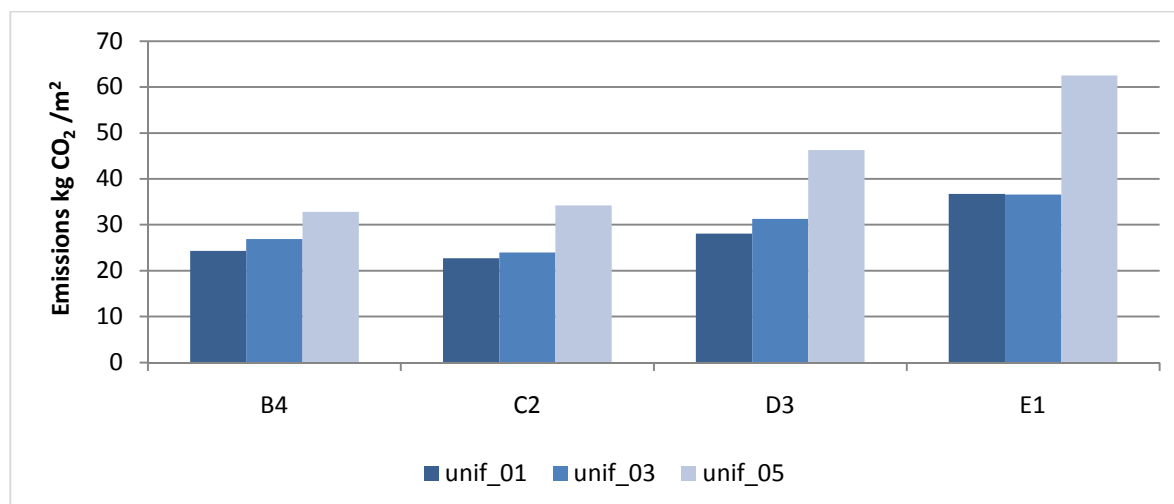


Figura 9.3-1 Emissions kg CO₂/m² anuals segons zona climàtica i escenari. Edifici unifamiliar

La zona climàtica amb severitat climàtica d'hivern més extrema (E1), malgrat tenir més emissions, té una classificació energètica més favorable deguda, sobretot, a la menor demanda en refrigeració.

El sistema de refrigeració és elèctric en tots els escenaris i això penalitza a les zones climàtiques amb necessitats de refrigeració.

A continuació es mostra l'etiqueta energètica del primer i del tercer escenari, respectivament, per a totes les zones climàtiques. És important destacar els límits que corresponen a cada classe energètica. Aquests varien en funció de la zona climàtica i també en funció de la demanda.

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO2/m²	Edificio Objeto	Edificio Referencia	Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO2/m²	Edificio Objeto	Edificio Referencia
	26,1 D	28,9 E		21,3 D	29,4 D
Demanda calefacción kWh/m²	C 19,6	D 32,8	Demanda calefacción kWh/m²	C 39,5	D 55,1
Demanda refrigeración kWh/m²	D 40,0	D 43,1	Demanda refrigeración kWh/m²	D 15,5	E 18,6
Emissiones CO2 calefacción kgCO2/m²	B 4,8	D 10,5	Emissiones CO2 calefacción kgCO2/m²	C 9,5	D 17,6
Emissiones CO2 refrigeración kgCO2/m²	E 20,0	E 16,5	Emissiones CO2 refrigeración kgCO2/m²	E 8,9	E 7,1
Emissiones CO2 ACS kgCO2/m²	A 1,3	D 1,9	Emissiones CO2 ACS kgCO2/m²	A 2,9	D 4,7
Zona climàtica B4			Zona climàtica C2		
Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO2/m²	Edificio Objeto	Edificio Referencia	Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO2/m²	Edificio Objeto	Edificio Referencia
	27,2 D	36,6 D		31,3 C	50,5 D
Demanda calefacción kWh/m²	D 61,3	D 76,8	Demanda calefacción kWh/m²	D 112,8	D 135,1
Demanda refrigeración kWh/m²	D 21,3	E 24,4	Demanda refrigeración kWh/m²	-	-
Emissiones CO2 calefacción kgCO2/m²	C 14,4	D 24,6	Emissiones CO2 calefacción kgCO2/m²	C 26,0	D 43,2
Emissiones CO2 refrigeración kgCO2/m²	E 11,0	E 9,3	Emissiones CO2 refrigeración kgCO2/m²	-	-
Emissiones CO2 ACS kgCO2/m²	A 1,8	D 2,7	Emissiones CO2 ACS kgCO2/m²	A 3,1	D 5,1
Zona climàtica D3			Zona climàtica E1		

Figura 9.3-2 Etiqueta energètica Edifici unifamiliar. Escenari 1.

Certificació Energètica de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto	Edificio Referencia	Certificació Energètica de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto	Edificio Referencia
	29,2 E	28,9 E		24,3 D	27,4 D
Demanda calefacció kWh/m ²	C 19,6	D 32,8	Demanda calefacció kWh/m ²	C 39,5	D 55,1
Demanda refrigeració kWh/m ²	D 40,0	D 43,1	Demanda refrigeració kWh/m ²	D 15,5	E 18,6
Emissions CO ₂ calefacció kgCO ₂ /m ²	C 5,0	D 10,5	Emissions CO ₂ calefacció kgCO ₂ /m ²	C 9,8	D 17,6
Emissions CO ₂ refrigeració kgCO ₂ /m ²	E 20,0	E 16,5	Emissions CO ₂ refrigeració kgCO ₂ /m ²	E 8,9	E 7,1
Emissions CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	E 4,2	D 1,9	Emissions CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	E 5,6	D 2,7
Zona climàtica B4			Zona climàtica C2		
Certificació Energètica de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto	Edificio Referencia	Certificació Energètica de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto	Edificio Referencia
	29,9 D	35,9 D		35,2 C	48,3 D
Demanda calefacció kWh/m ²	D 61,3	D 76,8	Demanda calefacció kWh/m ²	D 112,8	D 135,1
Demanda refrigeració kWh/m ²	D 21,3	E 24,4	Demanda refrigeració kWh/m ²	-	-
Emissions CO ₂ calefacció kgCO ₂ /m ²	C 15,0	D 24,6	Emissions CO ₂ calefacció kgCO ₂ /m ²	C 27,0	D 43,2
Emissions CO ₂ refrigeració kgCO ₂ /m ²	E 11,0	E 9,3	Emissions CO ₂ refrigeració kgCO ₂ /m ²	-	-
Emissions CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	E 3,9	D 2,0	Emissions CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	E 6,0	D 2,9
Zona climàtica D3			Zona climàtica E1		

Figura 9.3-3 Etiqueta energètica Edifici unifamiliar. Escenari 3.

Quant a l'anàlisi dels escenaris estudiats, com s'ha dit anteriorment, en el cas de l'edifici unifamiliar no té sentit separar el subministrament centralitzat i l'individual, per aquest motiu els resultats per als escenaris 1-2 i 3-4 són idèntics. En qualsevol cas les emissions associades als escenaris 3-4 (sistema de suport a ACS elèctric) són superiors als escenaris 1-2 (sistema de suport a ACS gas natural).

En la zona climàtica B4, s'observa un canvi en la qualificació, passant de D a E. Però en les zones climàtiques C2, D3 i E1, no hi ha canvi en la lletra de qualificació energètica. Els 4 escenaris corresponen a una lletra D en C2 i D3 i C en E1.

Com es veurà en la resta d'edificis estudiats, les zones climàtiques amb severitat més extrema a l'hivern tenen millor qualificació que la resta, per no tenir consum en refrigeració.

El pitjor dels escenaris, en totes les zones climàtiques, és l'escenari 5, en el qual tota l'energia consumida és elèctrica. En aquest cas, la diferència d'emissions és suficient com per a saltar d'escala, totes les zones climàtiques obtenen una E com a qualificació energètica.

9.3.2 Edifici 15 habitatges

En la següent taula es presenten els resultats de l'edifici de 15 habitatges.

Taula 9.3-2 Resultats Edifici 15 habitatges Consum final, emissions globals i qualificació energètica.

Escenari	TOTAL kWh/m ² any				TOTAL kg CO ₂ /m ² any			
	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1
15_01	39,9	59,5	77,9	122,1	13,3	12,8	18,8	25,3
15_02	40,0	57,2	75,2	119,5	13,3	12,3	17,7	24,8
15_03	39,6	52,1	73,3	114,0	15,7	14,2	19,8	26,7
15_04	39,6	52,1	77,0	114,1	15,7	14,2	20,6	26,7
15_05	29,0	32,2	48,1	69,4	18,5	20,2	30,3	43,3

Escenari	Qualificació			
	B4	C2	D3	E1
15_01	D	C	D	C
15_02	D	C	D	C
15_03	D	D	D	D
15_04	D	D	D	D
15_05	E	E	E	E

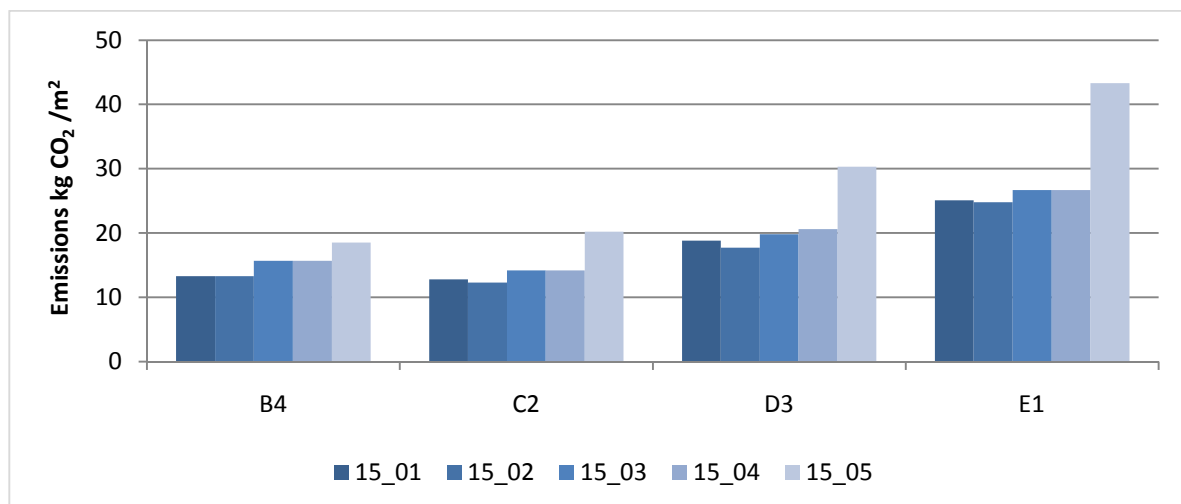


Figura 9.3-4 Emissions kg CO₂/m² anuals segons zona climàtica i escenari. Edifici 15 habitatges

Com es pot veure en la **Figura 9.3-4** les emissions augmenten amb la severitat climàtica d'hivern, a causa del augment en la demanda de calefacció. En el cas de B4, el menor consum en calefacció es veu compensat pel major consum en refrigeració. Això fa que les emissions siguin molt similars a les de la zona climàtica C2, en els escenaris 1, 2,3 i 4.

D'altra banda, les emissions per m² són inferiors a les de l'habitatge unifamiliar (fins a un 49% per a la zona climàtica B4) Això és lògic, ja que l'habitatge unifamiliar té més superfície d'envolupant (murs exteriors i coberta) per m² habitat. Això implica més demanda energètica per unitat de superfície habitada, ja que les pèrdues i els guanys tèrmics són superiors, en el cas de l'habitatge unifamiliar.

Quant a l'anàlisi dels escenaris estudiats, segons les hipòtesis considerades referents a les característiques dels sistemes, les emissions associades als escenaris amb subministrament de calefacció centralitzat o individual són molt similars. No s'aprecien diferències significatives.

Com en el cas de l'habitatge unifamiliar, les emissions associades als escenaris 3 - 4 (sistema de suport a ACS elèctric) són superiors als escenaris 1-2 (sistema de suport a ACS gas natural). La qualificació per als escenaris 1 i 2 és una C en les zones climàtiques C2 i E1. Per a les zones climàtiques B4 i la D3, la qualificació és una D.

En el cas de la zona climàtica B4, el consum en refrigeració penalitza la qualificació final, ja que l'energia utilitzada per a satisfer la demanda de refrigeració és l'electricitat.

El pitjor dels escenaris, en totes les zones climàtiques, és l'escenari 5, en el que tota l'energia consumida és elèctrica, tant per a la climatització, mitjançant bomba de calor aire-aire, com en l'aigua calenta sanitària (sistema termoelèctric). (Veure en Annex E.2 les característiques dels sistemes utilitzats). En aquest cas, la diferència d'emissions és suficient com per a saltar d'escala, totes les zones climàtiques obtenen una E com qualificació energètica.

En la **Figura 9.3-5** i **Figura 9.3-6** es poden veure les etiquetes per a totes les zones climàtiques i per als escenaris 1 i 3 respectivament

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO2/m²	Edificio Objeto	Edificio Referencia	Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO2/m²	Edificio Objeto	Edificio Referencia
	13.3 D	19.6 E		12.8 C	20.7 D
Demanda calefacció kWh/m²	D 18.1	E 27.7	Demanda calefacció kWh/m²	D 36,4	E 47,4
Demanda refrigeració kWh/m²	C 15.4	D 24.3	Demanda refrigeració kWh/m²	A 0.9	C 5,6
Emisiones CO2 calefacció kgCO2/m²	C 4.7	E 8.9	Emisiones CO2 calefacció kgCO2/m²	D 9,3	E 15,2
Emisiones CO2 refrigeració kgCO2/m²	D 7.4	E 9.3	Emisiones CO2 refrigeració kgCO2/m²	B 0.6	D 2.1
Emisiones CO2 ACS kgCO2/m²	C 1.2	D 1.4	Emisiones CO2 ACS kgCO2/m²	C 2.9	D 3.4
Zona climàtica B4			Zona climàtica C2		
Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO2/m²	Edificio Objeto	Edificio Referencia	Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO2/m²	Edificio Objeto	Edificio Referencia
	13.3 D	24,9 D		25.3 C	38.6 D
Demanda calefacció kWh/m²	D 52.0	D 64.6	Demanda calefacció kWh/m²	D 92.1	D 109.0
Demanda refrigeració kWh/m²	B 4,8	C 9,1	Demanda refrigeració kWh/m²	-	-
Emisiones CO2 calefacció kgCO2/m²	D 13,2	E 20.6	Emisiones CO2 calefacció kgCO2/m²	C 22.2	D 34.9
Emisiones CO2 refrigeració kgCO2/m²	E 3,9	C 2,3	Emisiones CO2 refrigeració kgCO2/m²	-	-
Emisiones CO2 ACS kgCO2/m²	C 1.7	D 2.0	Emisiones CO2 ACS kgCO2/m²	C 3.1	D 3.7
Zona climàtica D3			Zona climàtica E1		

Figura 9.3-5 Etiqueta energètica Edifici 15 habitatges. Escenari 1.

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO2/m²	Edificio Objeto	Edificio Referencia	Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO2/m²	Edificio Objeto	Edificio Referencia
	15.7 D	19.6 E		14.2 D	19.1 E
Demanda calefacción kWh/m²	D 18.1	E 27.7	Demanda calefacción kWh/m²	D 36.4	E 47.4
Demanda refrigeración kWh/m²	C 15.4	D 24.3	Demanda refrigeración kWh/m²	A 0.9	C 5.6
Emisiones CO2 calefacción kgCO2/m²	C 4.7	E 8.9	Emisiones CO2 calefacción kgCO2/m²	D 9.8	E 15.2
Emisiones CO2 refrigeración kgCO2/m²	D 7.4	E 9.3	Emisiones CO2 refrigeración kgCO2/m²	B 0.6	D 2.1
Emisiones CO2 ACS kgCO2/m²	E 3.6	D 1.4	Emisiones CO2 ACS kgCO2/m²	E 4.3	D 1.8
Zona climàtica B4			Zona climàtica C2		
Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO2/m²	Edificio Objeto	Edificio Referencia	Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO2/m²	Edificio Objeto	Edificio Referencia
	19.8 D	25.8 D		26.7 D	36.9 D
Demanda calefacción kWh/m²	D 52.5	D 65.1	Demanda calefacción kWh/m²	D 92.1	D 109.0
Demanda refrigeración kWh/m²	B 4.8	C 9.2	Demanda refrigeración kWh/m²	-	-
Emisiones CO2 calefacción kgCO2/m²	D 13.0	E 20.8	Emisiones CO2 calefacción kgCO2/m²	C 22.2	D 34.9
Emisiones CO2 refrigeración kgCO2/m²	D 3.1	D 3.5	Emisiones CO2 refrigeración kgCO2/m²	-	-
Emisiones CO2 ACS kgCO2/m²	E 3.7	D 1.5	Emisiones CO2 ACS kgCO2/m²	E 4.5	D 2.0
Zona climàtica D3			Zona climàtica E1		

Figura 9.3-6 Etiqueta energètica Edifici 15 habitatges. Escenari 3.

S'observa que la qualificació de C per a la zona climàtica C2, en l'escenari 1, està en el límit superior i la D per a la zona climàtica D3 està en el límit inferior. Així que, una millora en la demanda o en els sistemes podria fer saltar d'escala de qualificació.

9.3.3 Edifici 44 habitatges.

En la Taula 6 4 es presenten els resultats de l'edifici de 44 habitatges.

Taula 9.3-3 Resultats Edifici 44 habitatges Consum final, emissions globals i qualificació energètica.

Escenari	TOTAL kWh/m ² any				TOTAL kg CO ₂ /m ² any			
	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1
44_01	30,8	46,0	61,0	104,0	12,5	12,4	16,5	22,6
44_02	30,8	44,0	64,1	101,4	12,4	11,9	17,0	21,9
44_03	30,3	38,5	58,4	94,9	14,3	12,6	17,7	22,7
44_04	30,5	38,7	58,6	95,1	14,4	12,7	17,8	22,8
44_05	25,1	26,2	38,7	56,7	15,1	14,8	21,9	31,4

Escenari	Qualificació			
	B4	C2	D3	E1
44_01	D	C	C	C
44_02	D	C	C	C
44_03	D	D	D	C
44_04	D	D	D	C
44_05	D	D	D	D

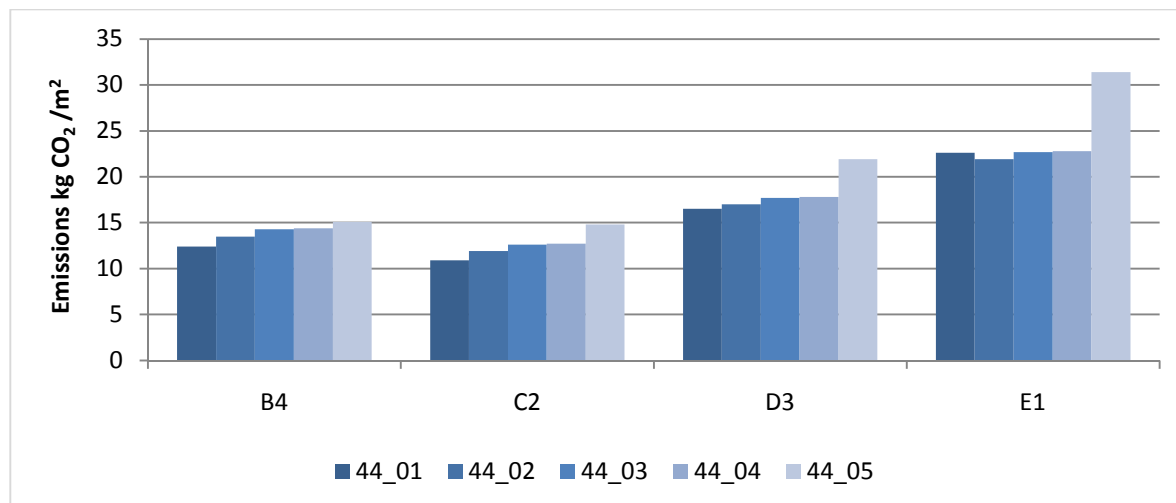


Figura 9.3-7 Emissions kg CO₂/m² anuals segons zona climàtica i escenari. Edifici 44 habitatges

Igual que en els edificis anteriors, les emissions augmenten amb la severitat climàtica d'hivern, a causa de l'augment en la demanda de calefacció. En el cas de la zona climàtica B4, el menor consum en calefacció es veu compensat pel major consum en refrigeració. Això fa que les emissions siguin molt similars a les de la zona climàtica C2 i, fins i tot, superiors.

Les emissions per m² són inferiors a les de l'edifici de 15 habitatges (entre un 3 i un 28% en funció de la zona climàtica i de l'escenari). Com ja s'ha explicat, la demanda energètica per unitat de superfície habitada és menor ja que la superfície de la pell de l'edifici per m² habitat és menor i per tant, les pèrdues i els guanys tèrmics també són menors que en el cas de l'edifici de 15 habitatges o en l'habitatge unifamiliar.

Quant a l'anàlisi dels escenaris estudiats, segons les hipòtesis considerades referents a les característiques dels sistemes, als escenaris amb subministrament de calefacció centralitzat o individual són molt similars. No s'aprecien diferències significatives, sobretot en el cas dels escenaris 3 i 4. En els escenaris 1 i 2, s'aprecia una lleugera millora en les instal·lacions centralitzades per a totes les zones climàtiques excepte per a la zona climàtica E1.

Com en el cas dels edificis anteriors, les emissions associades als escenaris 3 - 4 (sistema de suport a ACS elèctric) són superiors als escenaris 1-2 (sistema de suport a ACS gas natural).

En els escenaris 1 i 2, totes les zones climàtiques obtenen qualificació C, excepte B4, que obté una D. Això és a causa de la major demanda en refrigeració. El sistema de refrigeració és d'expansió directa només fred elèctric, i això, com s'ha dit anteriorment, penalitza a les zones climàtiques amb major necessitat de refrigeració.

Els escenaris 3 i 4 obtenen una qualificació D per a totes les zones climàtiques, excepte per a la E1 que obté una C. Ja s'ha dit anteriorment que aquesta zona climàtica no té demanda en refrigeració. A més, en les zones climàtiques amb major severitat a l'hivern, el pes en el consum final de la calefacció és molt superior a la de la demanda de ACS. Per tant, els canvis en els sistemes de ACS no tenen tanta influència en el consum final, i per tant, tampoc en les emissions finals.

L'escenari 5, encara que és el que té major quantitat d'emissions per m^2 i continua sent el pitjor dels escenaris en totes les zones climàtiques, aquest obté una qualificació de D, igual que els escenaris 3 i 4. En aquest cas, la diferència d'emissions no és suficient com per produir un canvi de qualificació

En la **Figura 9.3-8** i **Figura 9.3-9** es mostren les etiquetes energètiques del primer i tercer escenari per a totes les zones climàtiques. És important destacar els límits que corresponen a cada classe energètica, que com s'ha dit anteriorment són diferents per a cada zona climàtica.

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto	Edificio Referencia	Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto	Edificio Referencia
	12.5 D	17.8 D		12.4 C	16.2 D
Demanda calefacció kWh/m ²	C 10,2	C 14,4	Demanda calefacció kWh/m ²	C 29,4	D 27,1
Demanda refrigeració kWh/m ²	D 27,6	D 30,8	Demanda refrigeració kWh/m ²	D 9,6	D 10,7
Emissions CO ₂ calefacció kgCO ₂ /m ²	B 2,9	C 4,6	Emissions CO ₂ calefacció kgCO ₂ /m ²	C 6,6	D 8,7
Emissions CO ₂ refrigeració kgCO ₂ /m ²	E 8,6	E 11,8	Emissions CO ₂ refrigeració kgCO ₂ /m ²	E 3,4	E 4,1
Emissions CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	B 1,0	D 1,4	Emissions CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	B 2,4	D 3,4
Zona climàtica B4			Zona climàtica C2		

Certificació Energètica de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto	Edificio Referencia	Certificació Energètica de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto	Edificio Referencia
	16.5 C	21.3 D		22.6 C	29.5 D
Demanda calefacció kWh/m ²	C 39.0	D 42.1	Demanda calefacció kWh/m ²	D 76.5	D 80.7
Demanda refrigeració kWh/m ²	D 14.4	E 15.9	Demanda refrigeració kWh/m ²	-	-
Emisiones CO ₂ calefacció kgCO ₂ /m ²	C 10.6	D 13.5	Emisiones CO ₂ calefacció kgCO ₂ /m ²	C 20.1	D 25.8
Emisiones CO ₂ refrigeració kgCO ₂ /m ²	E 4.6	E 6.1	Emisiones CO ₂ refrigeració kgCO ₂ /m ²	-	-
Emisiones CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	B 1.3	D 1.7	Emisiones CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	A 2.5	D 8.7
Zona climàtica D3			Zona climàtica E1		

Figura 9.3-8 Etiqueta energètica Edifici 44 habitatges. Escenari 1.

Certificació Energètica de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto	Edificio Referencia	Certificació Energètica de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto	Edificio Referencia
	14.3 D	17.8 D		12.6 D	14.3 D
Demanda calefacció kWh/m ²	C 10,2	C 14,4	Demanda calefacció kWh/m ²	C 23,4	D 27,1
Demanda refrigeració kWh/m ²	D 27,7	D 30,8	Demanda refrigeració kWh/m ²	D 9,6	D 10,7
Emisiones CO ₂ calefacció kgCO ₂ /m ²	B 2,9	C 4,6	Emisiones CO ₂ calefacció kgCO ₂ /m ²	C 6,4	D 8,7
Emisiones CO ₂ refrigeració kgCO ₂ /m ²	E 8,6	E 11,8	Emisiones CO ₂ refrigeració kgCO ₂ /m ²	E 3,4	E 4,1
Emisiones CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	E 2,8	D 1,4	Emisiones CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	E 2,8	D 1,5
Zona climàtica B4			Zona climàtica C2		
Certificació Energètica de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto	Edificio Referencia	Certificació Energètica de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto	Edificio Referencia
	17.7 D	20.9 D		22.7 C	27.4 D
Demanda calefacció kWh/m ²	C 38,7	D 41,6	Demanda calefacció kWh/m ²	D 76,6	D 80,7
Demanda refrigeració kWh/m ²	D 14,4	E 15,9	Demanda refrigeració kWh/m ²	-	-
Emisiones CO ₂ calefacció kgCO ₂ /m ²	C 10,3	D 13,3	Emisiones CO ₂ calefacció kgCO ₂ /m ²	C 19,7	D 25,8
Emisiones CO ₂ refrigeració kgCO ₂ /m ²	E 4,6	E 6,1	Emisiones CO ₂ refrigeració kgCO ₂ /m ²	-	-
Emisiones CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	E 2,8	D 1,5	Emisiones CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	E 3,0	D 1,6
Zona climàtica D3			Zona climàtica E1		

Figura 9.3-9 Etiqueta energètica Edifici 44 habitatges. Escenari 3.

9.3.4 Edifici 77 habitatges

Els resultats obtinguts per als diferents escenaris s'indiquen en la Taula 6 5:

Taula 9.3-4 Resultats. Edifici 77 habitatges Consum final, emissions globals i qualificació energètica.

Escenari	TOTAL kWh/m ² any				TOTAL kg CO ₂ /m ² any			
	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1
77_01	30,6	42,1	54,1	94,2	12,0	10,9	13,8	19,6
77_02	31,5	42,2	56,1	93,5	12,2	10,9	14,2	19,8
77_03	30,1	38,4	56,4	93,4	14,2	12,4	16,7	22,4
77_04	30,5	37,6	54,5	88,0	14,5	12,4	16,4	21,2
77_05	25,7	26,8	38,5	57,9	16,5	16,1	23,2	34,5

Escenari	Qualificació			
	B4	C2	D3	E1
77_01	D	C	C	C
77_02	D	C	C	C
77_03	D	D	C	C
77_04	D	D	C	C
77_05	D	D	D	D

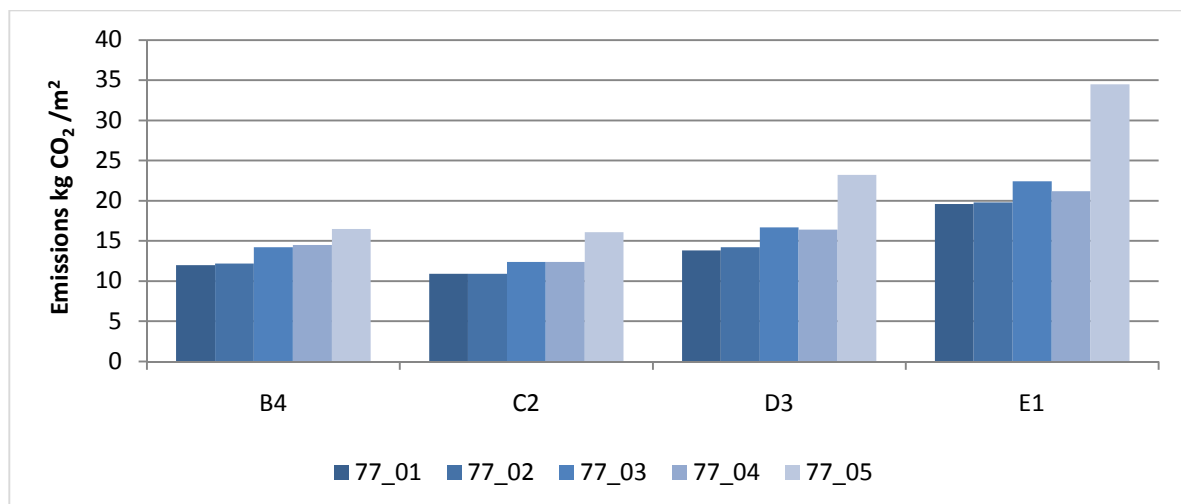


Figura 9.3-10 Emissions kg CO₂ /m² segons zona climàtica per a cada escenari. Edifici 77 habitatges

Igual que en els edificis anteriors, les emissions augmenten amb la severitat climàtica d'hivern, a causa del augment en la demanda de calefacció. En el cas de B4, el menor consum en calefacció es veu compensat pel major consum de refrigeració. Això fa que les emissions siguin molt similars a les de la zona climàtica C2 o fins i tot lleugerament superiors.

Les emissions per m² són, en general, inferiors a les de l'edifici de 44 habitatges. De nou, la demanda energètica per unitat de superfície habitada és menor ja que la superfície de la pell de l'edifici per m² habitat és menor i per tant, les pèrdues i els guanys tèrmics també són menors que en el cas de l'edifici de 44,15 habitatges o l'habitatge unifamiliar. En la zona climàtica E1 la reducció respecte al de 44 habitatges pot ser de fins al 29%.

Quant a l'anàlisi dels escenaris estudiats, segons les hipòtesis considerades referents a les característiques dels sistemes, les emissions associades als escenaris amb subministrament de calefacció centralitzat o individual són molt similars. No s'aprecien diferències significatives, sobretot en el cas dels escenaris 3 i 4. En els escenaris 1 i 2, s'aprecia una lleugera millora en les instal·lacions centralitzades. Com en el cas dels edificis anteriors, les emissions associades als escenaris 3 - 4 (sistema de suport a ACS elèctric) són superiors als escenaris 1-2 (sistema de suport a ACS gas natural).

En els escenaris 1 i 2, totes les zones climàtiques obtenen qualificació C, excepte B4, que obté una D. Encara que es pot observar que obté aquesta qualificació només per 3 dècimes, el límit superior de la qualificació C és 11.7 i l'edifici genera 12 kg CO₂/m² any

Els escenaris 3 i 4 obtenen una qualificació D per a les zones climàtiques B4 i C2, per a les zones climàtiques amb menor severitat d'estiu, D3 i E1, obtenen una C. Com s'ha explicat en el cas de l'edifici de 44 habitatges, en aquestes zones climàtiques la demanda de calefacció té molt més pes que la demanda de ACS, això fa que la variació en les emissions associades a la generació de l'electricitat per a satisfer la demanda de ACS tingui una influència menor en les emissions globals. En aquest cas, la zona climàtica D3 també salta a una qualificació de C perquè l'edifici és més eficient que el de 44 habitatges. Els tancaments i els sistemes són els mateixos en totes les zones climàtiques i per a tots els edificis plurifamiliars, així que l'única diferència és la tipologia d'edifici.

Com s'ha dit en repetides ocasions, la demanda per unitat de superfície habitada és menor com més m² habitats hi ha. Així que, el consum, si es consideren els mateixos equips, també és menor i per tant també les emissions. La reducció és prou significativa com per a canviar d'escala de qualificació.

Igual que en el cas de l'edifici de 44 habitatges, l'escenari 5, encara que és el que té major quantitat d'emissions per m² i continua sent el pitjor dels escenaris en totes les zones climàtiques, obté una qualificació de D, igual que els escenaris 3 i 4. En aquest cas, la diferència d'emissions no és suficient per a saltar d'escala.

En la **Figura 9.3-11** i en la **Figura 9.3-12** es mostra l'etiqueta energètica del primer i del tercer escenari per a totes les zones climàtiques. És important destacar els límits que corresponen a cada classe energètica, que com s'ha dit anteriorment són diferents per a cada zona climàtica i contribució solar a ACS.

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto	Edificio Referencia	Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto	Edificio Referencia
		12.0 D		10.9 C	12.9 D
Demanda calefacció kWh/m ²	C 9.7	C 13.2	Demanda calefacció kWh/m ²	C 22.5	C 22.9
Demanda refrigeració kWh/m ²	C 21.5	D 24.6	Demanda refrigeració kWh/m ²	C 5.3	D 7.7
Emisiones CO ₂ calefacció kgCO ₂ /m ²	B 2.7	C 4.2	Emisiones CO ₂ calefacció kgCO ₂ /m ²	C 6.0	C 7.3
Emisiones CO ₂ refrigeració kgCO ₂ /m ²	D 8.2	E 9.4	Emisiones CO ₂ refrigeració kgCO ₂ /m ²	D 2.9	D 2.9
Emisiones CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	B 1.1	D 1.4	Emisiones CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	B 2.0	D 2.7
Zona climàtica B4			Zona climàtica C2		

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO2/m²	Edificio Objeto	Edificio Referencia	Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO2/m²	Edificio Objeto	Edificio Referencia
	13.8 C	17.2 D		19.6 C	26.0 D
Demanda calefacci3n kWh/m²	C 36.0	C 36.1	Demanda calefacci3n kWh/m²	C 69.5	D 72.0
Demanda refrigeraci3n kWh/m²	C 8.4	D 10.8	Demanda refrigeraci3n kWh/m²	-	-
Emisiones CO2 calefacci3n kgCO2/m²	C 9.3	C 11.6	Emisiones CO2 calefacci3n kgCO2/m²	C 17.5	D 23.1
Emisiones CO2 refrigeraci3n kgCO2/m²	D 3.4	E 4.1	Emisiones CO2 refrigeraci3n kgCO2/m²	-	-
Emisiones CO2 ACS kgCO2/m²	B 1.1	D 1.5	Emisiones CO2 ACS kgCO2/m²	B 2.1	D 2.9
Zona climàtica D3			Zona climàtica E1		

Figura 9.3-11 Etiqueta energètica Edifici 77 habitatges. Escenari 1.

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO2/m²	Edificio Objeto	Edificio Referencia	Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO2/m²	Edificio Objeto	Edificio Referencia
	14.2 D	15.0 D		12.4 D	12.2 D
Demanda calefacci3n kWh/m²	C 9.7	C 13.2	Demanda calefacci3n kWh/m²	C 23.2	C 25.5
Demanda refrigeraci3n kWh/m²	C 21.5	D 24.6	Demanda refrigeraci3n kWh/m²	C 5.4	C 6.7
Emisiones CO2 calefacci3n kgCO2/m²	B 2.7	C 4.2	Emisiones CO2 calefacci3n kgCO2/m²	C 6.1	C 8.2
Emisiones CO2 refrigeraci3n kgCO2/m²	D 8.2	E 9.4	Emisiones CO2 refrigeraci3n kgCO2/m²	D 2.9	D 2.5
Emisiones CO2 ACS kgCO2/m²	E 3.3	D 1.4	Emisiones CO2 ACS kgCO2/m²	E 3.4	D 1.5
Zona climàtica B4			Zona climàtica C2		
Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO2/m²	Edificio Objeto	Edificio Referencia	Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO2/m²	Edificio Objeto	Edificio Referencia
	16.7 C	17.6 D		22.4 C	24.9 D
Demanda calefacci3n kWh/m²	C 38.0	C 38.6	Demanda calefacci3n kWh/m²	D 74.5	D 72.9
Demanda refrigeraci3n kWh/m²	C 8.4	C 10.0	Demanda refrigeraci3n kWh/m²	-	-
Emisiones CO2 calefacci3n kgCO2/m²	C 9.8	C 12.3	Emisiones CO2 calefacci3n kgCO2/m²	C 18.7	D 23.3
Emisiones CO2 refrigeraci3n kgCO2/m²	D 3.4	D 3.8	Emisiones CO2 refrigeraci3n kgCO2/m²	-	-
Emisiones CO2 ACS kgCO2/m²	E 3.5	D 1.5	Emisiones CO2 ACS kgCO2/m²	E 3.7	D 1.6
Zona climàtica D3			Zona climàtica E1		

Figura 9.3-12 Etiqueta energètica Edifici 77 habitatges. Escenari 3.

S'observa que la qualificaci3n de C per a l'escenari 3 de la zona climàtica D3 està en el límit superior de l'escala.

9.3.5 Variacions sobre escenaris 1 i 5 de l'edifici de 44 habitatges

Els escenaris avaluats són els que apareixen a la següent taula.

Taula 9.3-5 Variacions sobre els escenaris 1 i 5 de l'edifici de 44 habitatges.

Escenari	Subministrament	Calefacció	Refrigeració	ACS+solar
1	Centralitzat	Gas Natural	Elèctrica	Gas Natural
1_biomassa	Centralitzat	Biomassa	Elèctrica	Biomassa
1_Ulim	Les U dels tancaments són exactament les U límit establertes a la normativa. DB-HE1			
1_60% ref.	Només es condiciona, en quant a refrigeració, el 60% de la superfície de l'habitatge ¹⁹			
1_75% ref.	Només es condiciona, en quant a refrigeració, el 75% de la superfície de l'habitatge			
5	Individual	Elèctrica	Elèctrica	Elèctrica
5_Ulim	Les U dels tancaments són exactament les U límit establertes a la normativa. DB-HE1			
5_60% ref.	Només es condiciona, en quant a refrigeració, el 60% de la superfície de l'habitatge			
5_75% ref.	Només es condiciona, en quant a refrigeració, el 75% de la superfície de l'habitatge			
5_COP3.5	Millora del COP de la bomba de calor fins un 3.5. (El COP a l'escenari 5 de la bomba de calor era 2.6)			

9.3.5.1 Caldera mixta per a calefacció i suport a ACS alimentada amb biomassa.

La caldera té els mateixos paràmetres de rendiment que la caldera de gas de l'escenari 1, però en aquest cas està alimentada per biomassa.

Els resultats obtinguts són els següents:

Taula 9.3-6 Edifici 44 habitatges. Caldera de biomassa. Consum final, emissions globals i qualificació energètica.

Escenari	TOTAL kWh/m ² any				TOTAL kg CO ₂ /m ² any			
	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1
44_01	30,9	39,0	61,0	104,0	12,5	12,4	16,5	22,6
44_01_biom	30,9	39,0	61,0	104,0	9,6	5,5	7,5	5,1

Escenari	Qualificació			
	B4	C2	D3	E1
44_01	D	C	C	C
44_01_biomassa	C	B	B	A

En aquest cas s'ha obtingut una millora realment significativa en la qualificació, millor quant menor és la severitat climàtica d'estiu de la zona. És a dir, la millor qualificació l'obté, de nou, la zona climàtica E1. En aquest cas la qualificació obtinguda és una A, la millor possible. Per a les zones climàtiques C2 i D3, la qualificació obtinguda és una B i per a la zona climàtica B4 és una C. En el cas de B4, les

¹⁹ Es considera que només estan refrigerats els espais que corresponen a saló – menjador i habitacions. Com el percentatge que representen aquestes estances poden variar segons l'habitatge, s'han fet dues suposicions, que aquestes ocupen el 60% o el 75 % del total de l'habitatge

necessitats de calefacció són menors, així que una millora en el sistema de calefacció té menys influència que en la resta de zones climàtiques.

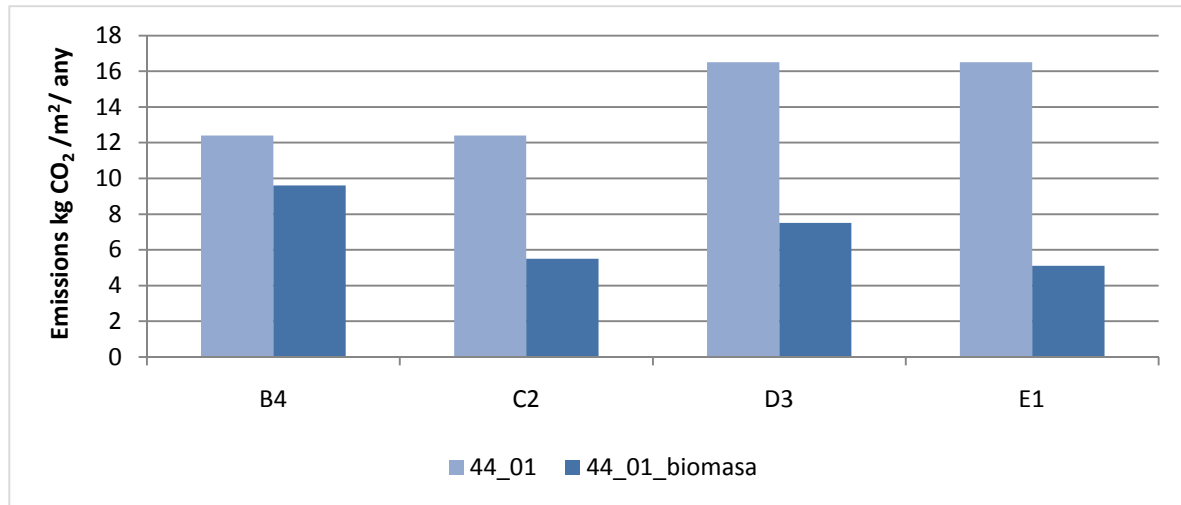


Figura 9.3-13 Emissions de CO₂ escenaris 44_01 i 44_01_biomassa

Les emissions associades a la caldera de biomassa són pràcticament nul·les, per aquest motiu la qualificació obtinguda és tan bona. Això és així perquè es considera que les emissions de CO₂ que es produeixen en el procés de combustió de la caldera es correspon a la quantitat de CO₂ que la biomassa (fusta, plantes,...) va fixar de l'atmosfera durant el seu període de creixement. Així que el balanç global és nul.

9.3.5.2 Variació de las transmitàncies tèrmiques dels tancaments.

En aquest cas, les transmitàncies tèrmiques escollides són iguals a les transmitàncies tèrmiques límits definides en la normativa DB-HE1 del CTE.

Taula 9.3-7 Valors de U (W/m² K) dels tancaments dels espais habitats.

Tancament	Zona climàtica			
	B4	C2	D3	E1
	U límit	U límit	U límit	U límit
Mur exterior	0,84	0,73	0,66	0,57
Forjat exterior	0,45	0,41	0,38	0,35
Tancament interior ²⁰	1,2	0,95	0,85	0,74
Tancament semitransparent (finestres)	3,0	3,0	2,9	2,6

Cal tenir en compte que el valor de la U dels tancaments semitransparents depèn del percentatge de finestres i de l'orientació. El valor de la taula correspon al més restrictiu.

²⁰ En contacte amb espai no condicionat.

Els resultats obtinguts són els següents:

Taula 9.3-8 Edifici 44 habitatges. Consum final, emissions globals i qualificació energètica.

Escenari	TOTAL kWh/m ² any				TOTAL kg CO ₂ /m ² any			
	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1
44_01	30,9	39,0	61,0	104,0	12,5	12,4	16,5	22,6
44_01_Ulim	32,8	48,4	63,4	108,2	13,0	12,9	16,9	23,6
44_05	25,1	26,2	38,7	56,7	15,1	14,8	21,9	31,4
44_05_Ulim	26,1	27,0	40,2	59,2	15,6	15,3	22,6	32,6

Escenari	Qualificació			
	B4	C2	D3	E1
44_01	D	C	C	C
44_01_Ulim	D	C	C	C
44_05	D	D	D	D
44_05_Ulim	D	D	D	D

En la següent figura es pot veure la comparació entre els resultats en quant a emissions dels escenaris 1 i 5 que consideren la transmitància tèrmica dels tancaments igual al 80% de la transmitància límit (44_01 i 44_05) i els escenaris 1 i 5 que consideren la transmitància tèrmica dels tancaments igual al valor límit segons normativa (44_01_Ulim i 44_05_Ulim).

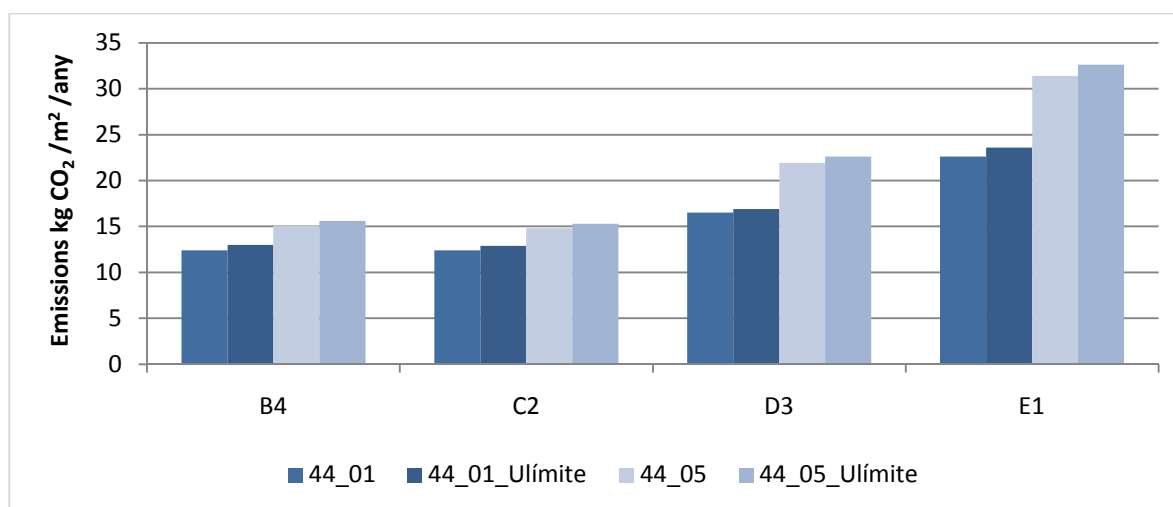


Figura 9.3-14 Emissions de CO₂ escenaris 44_01 i 44_01_Ulim; 44_05 y 44_05_Ulim

Es pot observar que, si bé existeix un augment en les emissions per als escenaris que consideren la transmitància tèrmica igual al valor límit, aquest augment és poc significatiu i no fa variar l'escala de qualificació energètica

9.3.5.3 Variació del percentatge de superfície refrigerada.

A l'introduir geomètricament els edificis en CALENER VyP es va prendre l'habitatge com un únic espai. Per aquest motiu, a l'incloure els sistemes de refrigeració, cadascun d'ells subministra fred a cada espai, és a dir, a cada habitatge. En la realitat, és molt comú que els habitatges només disposin de sistema de refrigeració en el saló i en les habitacions. Això implica un menor consum energètic i per tant, menys emissions, i per tant, una millora teòrica en la qualificació.

Per a comprovar la influència d'aquest paràmetre, s'han realitzat uns senzills càlculs. A partir del valor de consum per m^2 , s'obté el valor de consum global si es considera que només el 60 o 70% (en funció del cas) de la superfície està refrigerada. D'aquesta forma, és fàcil determinar les emissions per m^2 habitable i, per tant, determinar la qualificació energètica que li correspon en funció de l'escala. Els resultats obtinguts són els següents:

Taula 9.3-9 Edifici 44 habitatges. Emissions globals i qualificació energètica en funció del percentatge de superfície climatitzada.

Escenari	TOTAL kg CO ₂ /m ² any				Qualificació energètica			
	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1
44_01	12,5	12,4	16,5	22,6	D	C	C	C
44_01_75%ref	10,3	10,0	15,4	22,6	C	C	C	C
44_01_60% ref	9,0	9,5	14,7	22,6	C	C	C	C
44_05	15,1	14,8	21,9	31,4	D	D	D	D
44_05_75% ref	13,0	13,9	20,8	31,4	D	D	D	D
44_05_60% ref	11,7	13,4	20,1	31,4	C	D	D	D

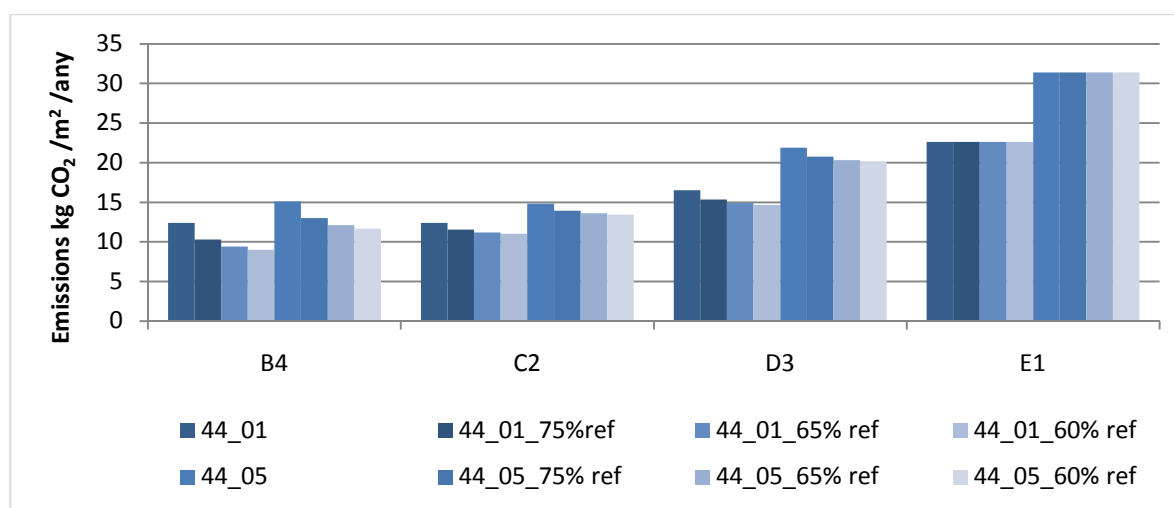


Figura 9.3-15 Edifici 44 habitatges. Emissions globals en funció del percentatge de superfície climatitzada. Escenaris 1 i 5.

La qualificació que obtindria l'edifici si disminuís el percentatge de superfície refrigerada, millora en el cas que l'edifici estigués situat en la zona climàtica B4, passant d'una D a una C en el cas de l'escenari 1 (calefacció i ACS amb gas natural) en tots els supòsits de reducció de superfície refrigerada. No obstant això, en l'escenari 5 (només electricitat per a tots els usos), l'únic canvi en la qualificació també és en el cas que l'edifici estigui situat en la zona climàtica B4, però només en el supòsit que la superfície refrigerada sigui d'un 60% de la superfície total. Per a la resta de zones climàtiques la qualificació no varia.

Que els canvis siguin més significatius en la zona climàtica B4 és lògic ja que és en aquesta zona en la que la demanda de refrigeració té més importància. Per a les zones climàtiques C2 i D3 existeix, evidentment, una reducció en les emissions associades al consum en refrigeració, i per tant, també en les emissions globals. Malgrat això, la reducció no és suficientment significativa per a canviar l'escala de qualificació.

Per a la zona climàtica E1 no hi ha cap canvi ja que no existeix demanda, i per tant tampoc consum, en refrigeració. Ara bé, aquests resultats no concorden amb els obtinguts utilitzant CALENER VyP si es considera que un percentatge de tots els espais habitables no té sistema de refrigeració. En la pràctica, s'ha considerat que només un percentatge (60%) del total de la superfície de la planta té sistema de refrigeració. A nivell de càlcul, això seria equivalent a suposar els percentatges de superfície refrigerada en cada habitatge.

Els resultats obtinguts són els següents:

Taula 9.3-10 Edifici 44 habitatges. Emissions globals i qualificació energètica en funció del percentatge de superfície climatitzada. Reducció de la superfície climatitzada

Escenari	TOTAL kg CO ₂ /m ² any				Qualificació energètica			
	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1
44_01	12,5	12,4	16,5	22,6	D	C	C	C
44_01_60% ref_sup_VyP	13,3	12,5	20,9	22,8	D	C	D	C
44_05	15,1	14,8	21,9	31,4	D	D	D	D
44_05_60% ref_sup_VyP	22,4	15,0	29,1	31,9	E	D	E	D

Els resultats són més desfavorables en el cas de realitzar la simulació amb CALENER VyP, considerant com a hipòtesi que el 60% dels espais de la planta no estan refrigerats. Aquests són, fins i tot, pitjors que suposant que tot l'espai està refrigerat.

El motiu és el següent: CALENER VyP considera que existeix un espai que té demanda de fred però que aquesta no està sent subministrada per cap sistema, i CALENER VyP associa a aquests espais el sistema de fred de referència. Si el sistema de refrigeració de referència és pitjor que el de l'edifici objecte, les emissions seran més elevades. Això és així per a evitar "picaresques" a l'hora d'obtenir la qualificació energètica. En el cas extrem, un edifici sense sistemes, no tindria consum ni emissions i per tant, podria obtenir una qualificació A. Però no estaria cobrint la demanda.

En CALENER VyP els espais d'un edifici residencial només poden ser definits com Condicionats o No habitables. Un espai No habitable implica que l'espai en qüestió no té les característiques necessàries per a ser considerat habitable i per tant no està condicionat ni per a calefacció, ni per a refrigeració.

En CALENER VyP no es pot definir que un espai està condicionat per a calefacció però no per a refrigeració. Per tant, intentar millorar la qualificació reduint l'espai condicionat per a refrigeració no és una opció factible. Ara bé, existeix una altra possibilitat, CALENER VyP si és sensible a la potència dels equips que subministren calefacció o refrigeració. Per al cas que ens ocupa, si la superfície a refrigerar és menor, la potència de l'equip de fred de cada habitatge també serà menor. D'aquesta manera tots els espais condicionats tenen sistema de fred, però aquest té una potència menor a la qual li correspondria si la superfície refrigerada fos del 100%. Si realitzem la simulació en CALENER VyP amb equips que tinguin una potència d'un 60% inferior els resultats són els següents:

Taula 9.3-11 Edifici 44 habitatges. Emissions globals i qualificació energètica en funció del percentatge de superfície climatitzada. Reducció de la potència dels equips

Escenari	TOTAL kg CO ₂ /m ² any				Qualificació energètica			
	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1
44_01	12,5	12,4	16,5	22,6	D	C	C	C
44_01_60% ref_pot_VyP	11,4	11,8	15,7	22,8	C	C	C	C
44_05	15,1	14,8	21,9	31,4	D	D	D	D
44_05_60% ref_pot_VyP	14,0	14,1	21,3	31,4	D	D	D	D

Aquests resultats són lleugerament superiors als obtinguts amb el càlcul directe del 60% de les emissions corresponents a refrigeració. Evidentment, això és lògic perquè el rendiment de la màquina depèn, entre altres paràmetres, de la càrrega a la que treballi i això no s'ha tingut en compte en el càlcul directe, però sí que ho té en compte CALENER VyP. Cal dir que aquest procediment pot ser pervertit sense que CALENER VyP penalitzi aquesta acció. És a dir, es podria disminuir la potència de la màquina fins a valors molt baixos per a disminuir el consum i per tant les emissions, i així aconseguir una millor qualificació. Evidentment, això no és correcte i entra en conflicte amb l'ètica professional. A més, en el document administratiu apareix la potència dels equips introduïts i per tant, es pot comprovar si el dimensionament dels mateixos és correcte o no.

9.3.5.4 Millora del COP de la bomba de calor en l'escenari 5.

En els escenaris base, el COP de la bomba de calor per a l'escenari 5 era igual a 2,6. En aquest escenari s'ha millorat el COP de l'equip fins a 3,5. Amb aquesta millora en el rendiment de l'equip, els resultats obtinguts són els següents:

Taula 9.3-12 Edifici 44 habitatges. Emissions globals i qualificació energètica en funció del percentatge COP de la bomba de calor per a l'escenari 5 .

Escenari	TOTAL kg CO ₂ /m ² any				Qualificació energètica			
	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1
44_05_COP_2.6	15,1	14,8	21,9	31,4	D	D	D	D
44_05_COP 3.5	13,2	13,9	21,1	31,8	D	D	D	D

Les emissions disminueixen per a totes les zones climàtiques excepte per a la E1. En aquesta zona les emissions són pràcticament iguals, hi ha un lleuger augment d'un 1% en el cas de considerar un COP de 3,5. Les bombes de calor en edificis situats en zones amb alta severitat climàtica d'hivern, com la E1, no tenen un bon funcionament perquè les temperatures exteriors a l'hivern són molt baixes.

Per a la resta de zones climàtiques, les emissions disminueixen fins a un 14% en el cas de la zona climàtica B4. Aquest percentatge de reducció disminueix amb la severitat climàtica d'estiu. Malgrat aquestes reduccions en les emissions, la qualificació energètica obtinguda no varia en cap cas.

9.3.6 Anàlisi econòmic

En aquest apartat es realitzarà l'anàlisi econòmica dels diferents escenaris. Es tindran en compte tant els costos d'instal·lació dels sistemes considerats en els diferents escenaris com els costos derivats del consum energètic associat a cada escenari.

Es determinaran i analitzaran els següents indicadors:

- Cost de consum, €/m²
- Cost d'instal·lació, €/habitatge i €/m²
- Temps de retorn, anys.
- Sobrecost que suposa l'estalvi d'un kg de CO₂ emès (€/kg CO₂), tenint en compte:
 - Costos d'instal·lació
 - Cost total: costos d'instal·lació + costos de consum:

9.3.6.1 Cost de consum

Per a determinar els costos derivats del consum s'han considerat les tarifes elèctriques i de gas natural en vigor, segons el Ministeri d'Indústria, Turisme i Comerç. Les tarifes considerades són: 0,1104 €/kWh per al consum d'electricitat (ITC/386/2007) i 0,0513 €/kWh per al consum de gas natural (RESOLUCIÓ 3/10/2007). A continuació, es presenten els resultats obtinguts per a cadascun dels edificis i per a cada escenari segons la zona climàtica.

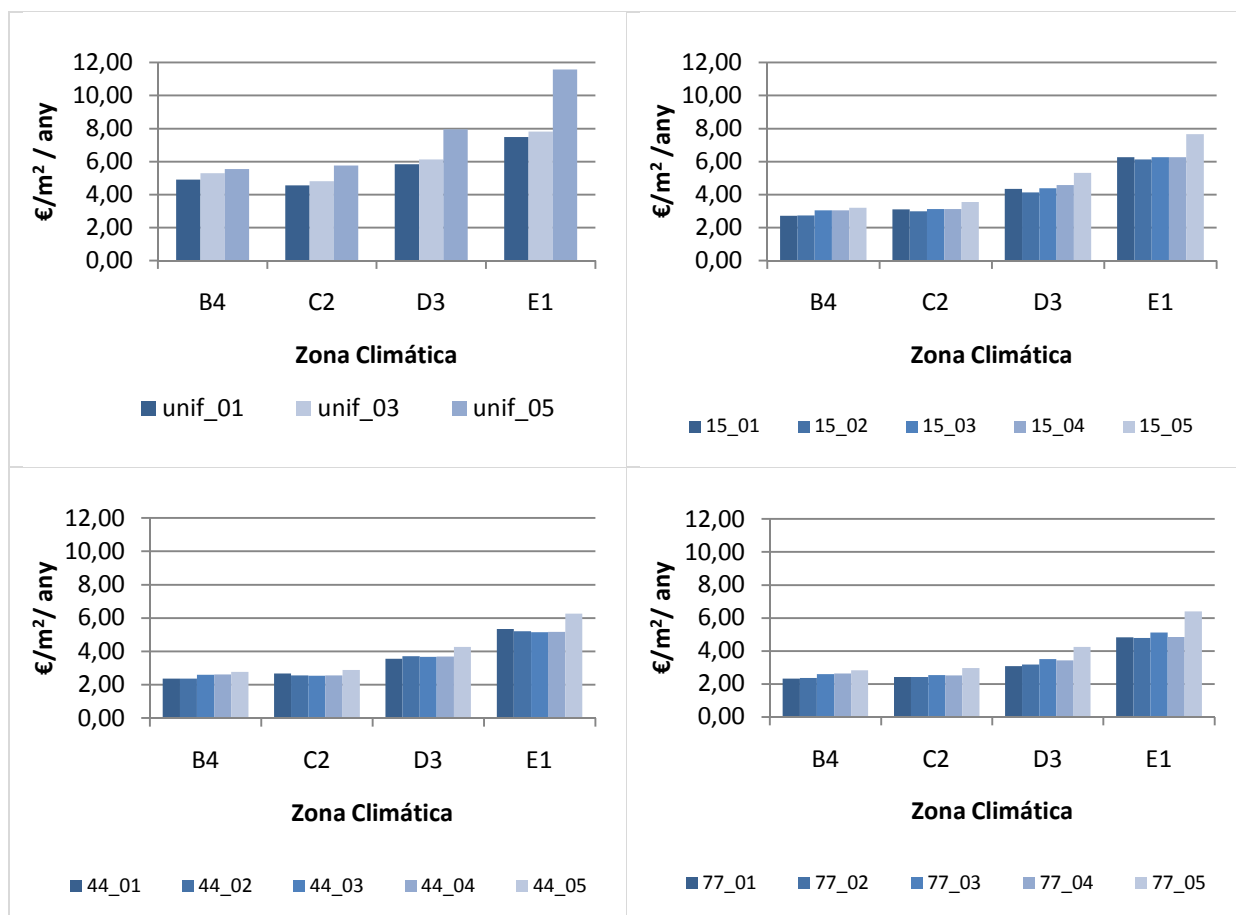


Figura 9.3-16 Costos de consum per a cada edifici en funció de l'escenari i la zona climàtica

L'anàlisi dels costos de consum mostra que, els costos derivats del consum energètic són més elevats en un habitatge unifamiliar que en un plurifamiliar. A més, com era d'esperar, l'escenari 5 (només elèctric) té el cost més elevat per a tots els edificis i zones climàtiques. Això és degut al fet

que la tarifa per kWh d'electricitat consumit és més alta, 0,1104 € en contra dels 0,0513 € del kWh de gas natural. Per tant, l'usuari d'un habitatge que només consumeixi electricitat (escenari 5) per als usos de calefacció, refrigeració i ACS pagarà més que un usuari que només consumeixi gas natural (escenari 1 i 2).

La zona climàtica amb un consum més elevat (E1) és la que té uns costos associats més elevats per a tots els edificis.

En la resta d'edificis, els costos entre aquestes dues zones climàtiques són o molt semblants (15 habitatges) o lleugerament superiors (44 i 77 habitatges). Com s'ha explicat en l'anàlisi de resultats dels consums, per a aquests edificis la disminució en el consum de refrigeració no compensa l'augment en el consum de calefacció. A continuació, es presenten les mateixes dades de costos de consum però agrupats per escenaris

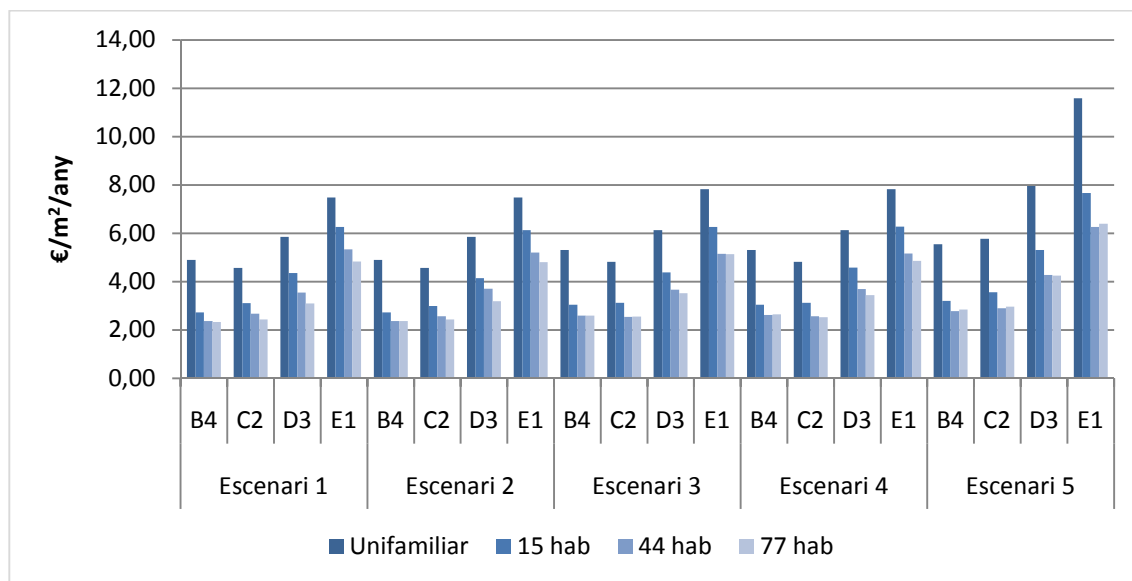


Figura 9.3-17 Costos de consum per a cada escenari en funció de l'edifici i la zona climàtica

En aquesta gràfica s'observa com els costos de consum disminueixen amb el nombre d'habitatges, excepte per a l'escenari 5 que els costos de l'edifici de 77 habitatges són lleugerament superiors als de 44. En qualsevol cas, s'observa que els costos de consum per a la majoria d'escenaris i zona climàtica dels edificis de 44 i 77 habitatges són molt semblants. La diferència més significativa s'observa en l'escenari 1 i 2 (calefacció i ACS a gas) per a les zones climàtiques D3 i E1.

Els percentatges d'estalvi són diferents en funció del tipus d'edifici i de zona climàtica. En la següent taula es poden veure els valors obtinguts d'estalvi si comparem els costos de l'escenari 1 amb els costos de l'escenari 5.

Taula 9.3-13 Percentatge d'estalvi obtingut comparant els costos de consum de l'escenari 1 amb els de l'escenari 5.

Escenari	% d'estalvi				
	B4	C2	C2 decret	D3	E1
Unifamiliar	11,6	20,7	26,5	26,4	35,4
15 habitatges	15,0	12,4	15,6	18,0	18,2
44 habitatges	14,1	7,7	13,8	16,9	14,7
77 habitatges	18,2	18,0	25,5	27,3	24,3

L'estalvi pot arribar fins a 35 % en el cas de l'habitatge unifamiliar per a la zona climàtica E1 (Burgos) o el 27% per a l'edifici plurifamiliar de 77 habitatges en la zona climàtica D3 (Madrid).

Així doncs, des del punt de vista de l'usuari és més econòmic que, els diferents usos de l'habitatge, siguin abastits amb gas natural.

9.3.6.2 Costos de instal·lació

L'anàlisi econòmica no seria completa si no s'incloués els costos d'instal·lació dels diferents sistemes que subministren l'energia necessària per a satisfer la demanda de calefacció, refrigeració i ACS.

En l'anàlisi de costos s'han diferenciat 3 partides:

1. Partida Calefacció. (Sistema de calefacció. generació i distribució de calor).
2. Partida Energia Solar ACS (Sistema d'energia solar. Sistema des de camp de captació fins a la distribució a habitatge)
3. Partida Fred - Calor. (Sistema de climatització Fred o Calor segons escenari)

Cal dir que no s'han utilitzat les bases de dades "Banc BEDEC" de l'ITEC (Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya), ja que aquestes són bàsicament per a material i no disposa d'informació sobre instal·lacions. Així doncs, s'han consultat els preus de les instal·lacions a enginyeries del sector.

A continuació es descriuen les tasques comptabilitzades per cadascuna de les partides. A l'annex E.3 es poden consultar els valors per a cada escenari, edifici i zona climàtica.

a. Instal·lació Individual.

Per a aquest tipus d'instal·lació considerem el següent material per a cadascuna de les partides:

- Partida de Calefacció:
 - Caldera mural mixta estanca de 24 kW
 - Sortida de fums sistema biflux
 - Escomesa de Gas des de comptador fins a entrada a habitatge.
 - Unitats terminals. S'han considerat alçada UT de 60 .
 - Vàlvules termostàtiques per als recintes nobles dels habitatges.
- Partida d'energia Solar:
 - Acumulador d'inèrcia ACS per a habitatge
 - Sistema d'energia Solar, considerant camp de captació i distribució fins a habitatge.
- Partida de Fred:
 - Sistema de generació i distribució de freda/calor a habitatge. (Unitat condensadora, evaporadora i distribució).

b. Instal·lació Centralitzada:

Per a aquest tipus d'instal·lació s'ha considerat:

- Partida de calefacció:
 - Sala de màquines ²¹
 - Sortida de fums sala de calderes
 - Escomesa de gas fins a sala de calderes.
 - Unitats terminals. S'ha considerat alçada UT de 60
 - Vàlvules termostàtiques per als recintes nobles dels habitatges.
- Partida d'energia Solar - ACS:
 - Per al sistema centralitzat a gas natural no s'ha considerat un acumulador de ACS per habitatge, però sí un acumulador central situat en la sala de calderes.
 - Instal·lació des de camp de captació, local tècnic i distribució a habitatge.
- Partida de Fred:
 - Sistema de generació i distribució de freda/calor a habitatge. (Unitat condensadora, evaporadora i distribució).

Cal tenir en compte les següents consideracions:

El preu per habitatge referent a distribució tèrmica, té un preu aproximat en PVP de 1.100 €/habitatge. El preu de les dues calderes centralitzades en PVP de 10.000 Euros. Aquesta xifra varia segons les dimensions dels edificis, en funció de la potència i el nº d'habitatges.

En la partida sala de màquines, el preu contempla:

- Generació d'energia tèrmica
- Distribució.
- Acumulació inèrcia per ACS i calefacció
- Elements de seguretat sala de calderes. (Detectors de gas, vàlvula de cort, enllumenat, porta de seguretat, elements secundaris per a la ventilació, etc.. (segons RITE 2007)).

A continuació es presenten els costos d'instal·lació per habitatge per a cada edifici segons zona climàtica i escenari.

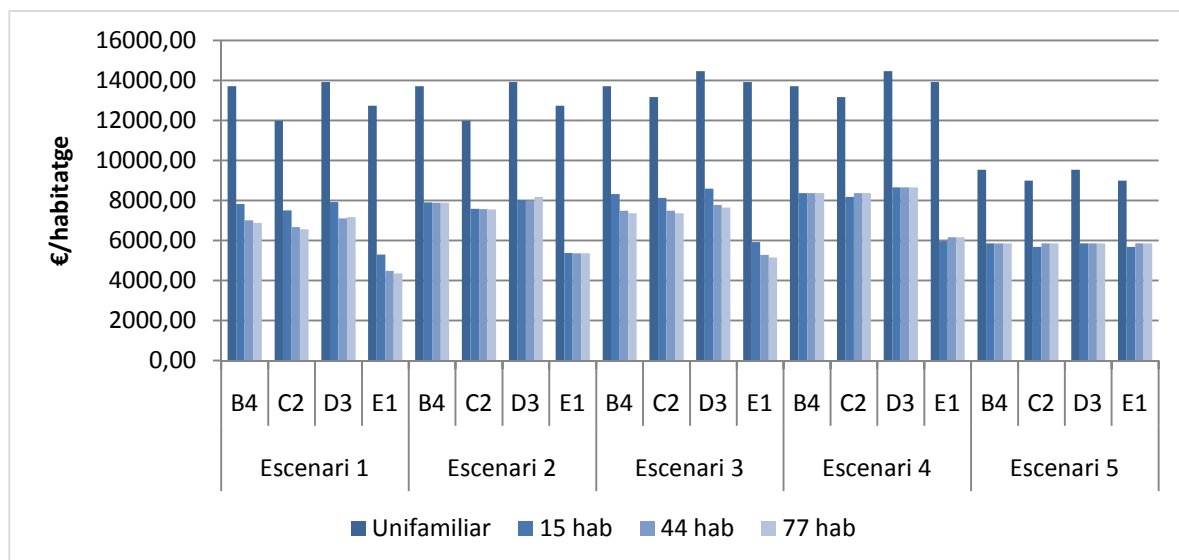


Figura 9.3-18 Costos d'instal·lació per a cada edifici en funció de l'escenari i la zona climàtica.

²¹ En la partida de calefacció, referent a la línia sala de màquines, s'ha considerat :

- Generació de calor mitjançant dues calderes de condensació a gas i estanys per cobrir la demanda de calefacció i la demanda de ACS simultània.
- Distribució a habitatge calefacció i ACS mitjançant sistema distribució a 4 tubs.
- Unitats d'intercanvi energètic per a habitatge mitjançant intercanviador de plaques d'alta eficiència.
- Comptadors d'energia per habitatge i amb les sondes de temperatura pertinents.
- Comptadors d'aigua per al ACS per habitatge.
- Valvuleria enregistrable a muntant per habitatge.

Els costos d'instal·lació per a l'habitatge unifamiliar són més elevats que per als habitatges que pertanyen a un edifici plurifamiliar. En el cas de l'habitatge unifamiliar, els costos oscil·len entre 12.000 i 14.000 €/habitatge en els escenaris 1, 2, 3 i 4 i entre 9.000 i 10.000 € per a l'escenari 5.

D'altra banda, per als edificis plurifamiliars, el cost d'instal·lació per habitatge està entre 6.000 i 8.000 € per als escenaris del 1 al 4 excepte per a la zona climàtica E1 que es troba entre 4.000 i 5.000 € per habitatge. En el cas de l'escenari 5, els costos estan sobre els 6.000 € per a totes les zones climàtiques.

En general, per a tots els edificis, l'escenari més econòmic és l'escenari elèctric, (escenari 5) excepte per a la zona climàtica E1. En aquesta zona climàtica, en la que no hi ha demanda de refrigeració, el cost d'una bomba de calor (escenari 5) és major que el cost d'una caldera de gas (resta d'escenaris).

També cal destacar com el cost d'instal·lació disminueix amb el nombre d'habitatges en els escenaris 1 i 3 (sistema de calefacció i ACS centralitzat). Per als escenaris 2 i 4 (sistema de calefacció i ACS individual) els costos d'instal·lació són molt semblants per a tots els edificis plurifamiliars. A més, en tots els escenaris, els costos d'instal·lació dels edificis de 44 i 77 habitatges són pràcticament idèntics, encara que existeix una lleugera disminució en el de 77 habitatges.

A continuació s'analitzarà l'indicador €/m² habitat, ja que la resta d'indicadors, tant de consum energètic com d'emissions, s'ha pres com referència els m² habitats de l'edifici.

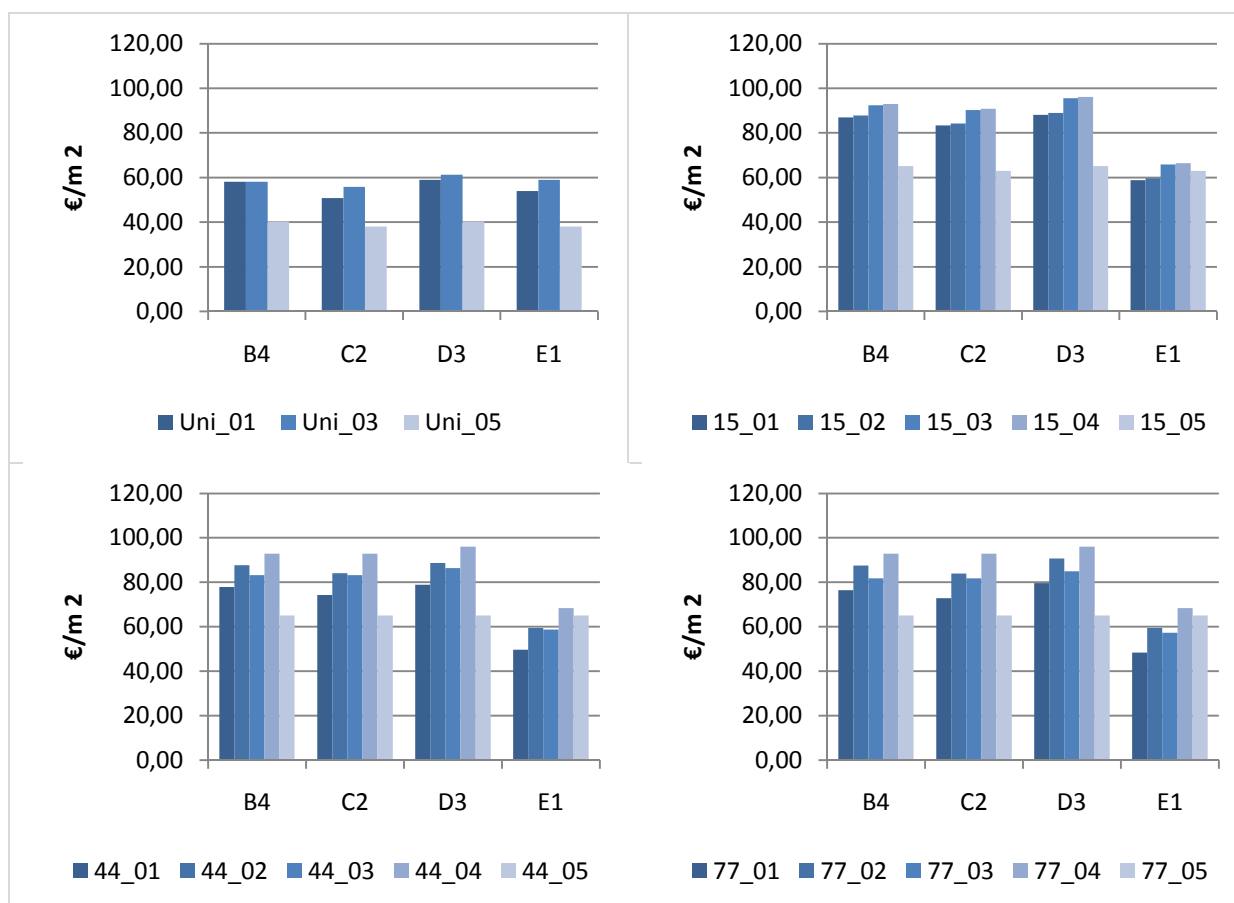


Figura 9.3-19 Costos unitaris de instal·lació per a cada edifici en funció de l'escenari i la zona climàtica

Per a l'habitatge unifamiliar cal destacar els següents aspectes:

- Quant a la partida de calefacció, en les zones D3 i E1 aquesta partida puja el seu preu, doncs hi ha més demanda tèrmica per a aquestes dues zones que per a C2 i B4. (100W/m² vs 80W/m²).

- La partida d'energia solar per a les zones on la cobertura d'energia solar és del 70% puja el seu preu de la instal·lació, doncs es necessita augmentar el camp de captació per cobrir l'aportació solar demandada. Els preus dels equips de distribució i acumulació no varien.

Per a l'edifici de 15 habitatges cal destacar els següents aspectes:

- La partida d'energia solar s'encareix en les zones B4 i D3, doncs l'aportació d'energia solar és superior en aquestes zones: Les zones C2 i E1, per normativa, han de tenir una cobertura solar del 30% (per a sistemes amb equips auxiliars que utilitzen gas com combustible) i del 63% de fracció solar (per a sistemes auxiliars elèctrics). B4 i D3 la cobertura solar oscil·la des de 60% per a D3 i 70% per a B4 (Sistemes amb equips auxiliars que utilitzen gas com combustible), i fins al 70% (per a sistemes auxiliars elèctrics).
- L'escenari 5, que és un sistema tot elèctric, varia lleugerament el ràtio €/m², doncs per a les zones C2 i E1 (63 €/m²), la cobertura solar és diferent respecte les altres zones B4 D3 (65 €/m²). (Cobertura solar E1 63% vs B4 D3 i C2 70%).
- La partida de Calefacció s'encareix per a les zones D3 i E1, doncs la potència a instal·lar per m² és superior vs a les zones B4, C2. (80 vs 100 W/m²).
- La zona climàtica E1 té menor cost d'instal·lació per no necessitar sistema de refrigeració.

Per a l'edifici de 44 habitatges cal destacar els següents aspectes:

- La partida d'energia solar s'encareix en les zones B4 i D3, doncs l'aportació d'energia solar és superior en aquestes zones. Les zones C2 i E1, per normativa, han de tenir una cobertura solar del 30% (sistemes amb equips auxiliars que utilitzen gas com combustible) i del 70% de fracció solar (per a sistemes auxiliars elèctrics). B4 i D3 la cobertura solar oscil·la des del 70% per B4 i del 65% per a D3 (sistemes amb equips auxiliars que utilitzen gas com combustible), i fins al 70% (per a sistemes auxiliars elèctrics).
- L'escenari 5, que és un sistema tot elèctric, varia el ràtio €/m², doncs per a les zones C2 i E1 (63 €/m²), la cobertura solar és diferent respecte les altres zones B4, D3 (65 €/m²). (Cobertura solar 63% vs 70%).
- La partida de Calefacció s'encareix per a les zones D3 i E1, doncs la potència a instal·lar per m² és superior vs a les zones B4 C2 (80 vs 100 W/m²).
- La zona climàtica E1 té menor cost d'instal·lació per no necessitar sistema de refrigeració.

Per a l'edifici de 77 habitatges cal destacar els següents aspectes:

- La partida d'energia solar encareix en les zones B4 i D3, doncs l'aportació d'energia solar és superior en aquestes zones. Les zones C2 i E1, per normativa, han de tenir una cobertura solar de 45% (sistemes amb equips auxiliars que utilitzen gas com combustible) i del 70% de fracció solar (per a sistemes auxiliars elèctrics). B4 i D3 la cobertura solar oscil·la des del 70% per B4 i per D3 (sistemes amb equips auxiliars que utilitzen gas com combustible), i fins al 70% (per a sistemes auxiliars elèctrics).
- L'escenari 5, que és un sistema tot elèctric, no varia el ràtio €/m², doncs per a totes les zones (65 €/m²), la cobertura solar és la mateixa. (Cobertura solar 70%).
- La partida de Calefacció s'encareix per a les zones D3 i E1, doncs la potència a instal·lar per m² és superior vs a les zones B4, C2 (80 vs 100 W/m²).
- La zona climàtica E1 té menor cost d'instal·lació per no necessitar sistema de refrigeració.

9.3.6.3 Temps de retorn de la inversió respecte l'escenari 5.

Si comparem els diferents escenaris amb el 5 (tot elèctric), es pot observar que, en la majoria de zones climàtiques, la instal·lació de l'escenari 5 (tot elèctric) és més barata que la de la resta d'escenaris. Això és així excepte en la zona climàtica E1 (màxima severitat climàtica d'hivern). Per contra, el cost de consum és inferior en el cas de la resta d'escenaris si els comparem amb els de l'escenari 5 (tot elèctric).

Per tant, es pot calcular el temps necessari per a recuperar la inversió que s'hauria de fer per instal·lar sistema de calefacció i ACS a gas respecte a la inversió necessària per un sistema tot elèctric. Per fer això, s'ha calculat la taxa interna de retorn o taxa interna de rendibilitat (TIR) d'una inversió. El TIR es defineix com la taxa d'interès amb la que el valor actual net o valor present net és igual a zero. Quan el TIR és major que la taxa d'interès, el rendiment que obtindria el inversionista realitzant la inversió

és major que el que obtindria en la millor inversió alternativa, per tant, convé realitzar la inversió. Si la TIR és menor que la taxa d'interès, el projecte ha de rebutjar-se. Quan la TIR és igual a la taxa d'interès, el inversionista és indiferent entre realitzar la inversió o no.

S'ha calculat el temps que és necessari perquè el TIR sigui igual a 0, és a dir, en aquest període es recupera la inversió realitzada. Per a calcular el TIR s'ha considerat una taxa igual al 4% anual (correspon a una previsió de pujada de preus dels vectors energètics) La inversió és igual a la diferència de costos d'instal·lació de cada escenari respecte a l'escenari 5. Els fluxos de caixa són els estalvis econòmics associats al consum de cada escenari respecte a l'escenari 5.

Es presenten els resultats per als edificis unifamiliar, 15 i 77 habitatges. Com s'ha vist en els apartats anteriors, en els que s'han analitzat els costos de consum i d'instal·lació, aquests eren molt similars per als edificis de 44 i 77 habitatges. Així, per a simplificar, només es mostren els resultats obtinguts per a l'edifici de 77 habitatges, suposant que els resultats per a l'edifici de 44 habitatges serien similars o del mateix ordre de magnitud.

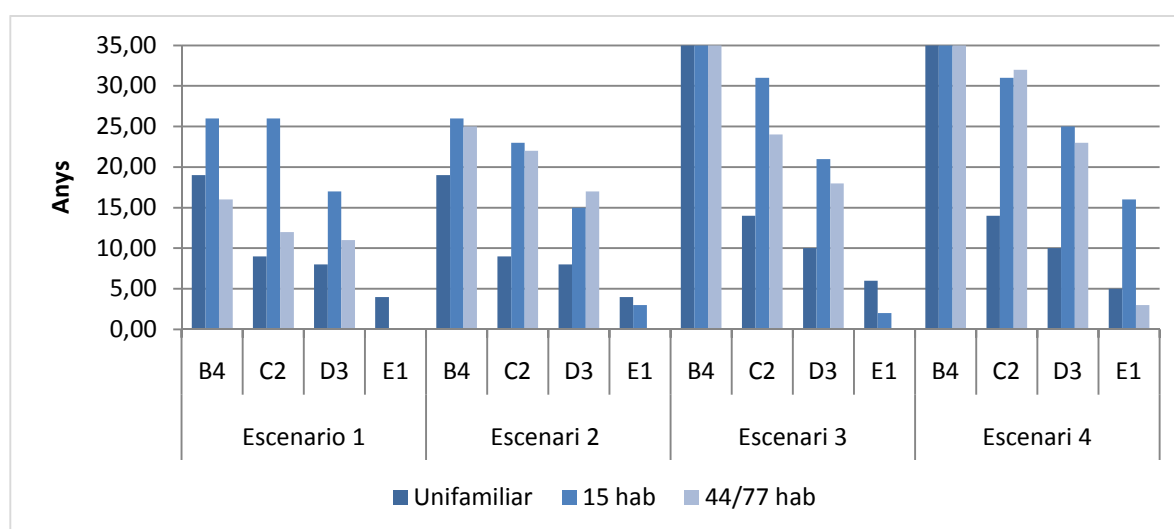


Figura 9.3-20 Anys en els quals es recupera la inversió, $r = 4\%$. Inversió: sobrecost de la instal·lació "i" respecte a la instal·lació de l'escenari "5". Flux de caixa = estalvi en el cost de consum de l'escenari "i" respecte l'escenari "5"

En la figura es pot veure com l'escenari 1 (Calefacció i ACS gas - centralitzat) és el que té menor temps de retorn. A més aquest disminueix, en general, amb el nombre d'habitatges en el cas dels plurifamiliars. També s'observa una clara disminució del temps de retorn quan disminueix la severitat climàtica d'estiu, excepte pels edificis de 15 que té un temps de retorn igual en C2 que en B4.

Cal recordar que els edificis situats en la zona climàtica E1 no necessiten sistema de refrigeració, això fa que els costos d'instal·lació siguin menors i, per tant, el temps de retorn de la inversió pugui arribar a ser, fins i tot, negatiu. Això és així degut al fet que la inversió és menor per a l'escenari 1 que per al 5. És obvi que, una instal·lació completament elèctrica en zones sense necessitat de refrigeració és completament inviable. Els resultats negatius no s'han inclòs en la gràfica.

Quan el consum de refrigeració és més alt, el potencial d'estalvi és menor, ja que en tots els escenaris l'equip de refrigeració és elèctric. El temps de retorn per als edificis plurifamiliars oscil·la entre 11 anys per a l'edifici de 77 habitatges en la zona climàtica D3 i els 26 per a l'edifici de 15 habitatges en les zones climàtiques B4 i C2. Evidentment, el menor temps de retorn és per a la zona climàtica E1, perquè els costos d'instal·lació són menors per a l'escenari 1.

El temps de retorn per a l'habitatge unifamiliar és molt menor que en els edificis plurifamiliars. Això és degut al major consum d'aquest tipus d'habitatge, per tant, l'estalvi aconseguit en el consum és més alt.

Per a l'edifici amb més nombre d'habitacles, 77, si la instal·lació de calefacció i ACS és individual (escenari 2), el temps de retorn augmenta, respecte a l'obtingut en l'escenari 1. Això és així perquè el cost d'instal·lació d'aquest tipus de sistemes és més elevat.

L'evolució segons la zona climàtica és la mateixa que per a l'escenari 1, és a dir el temps de retorn disminueix amb la severitat climàtica d'estiu.

Per als escenaris en els que el sistema de suport de ACS és elèctric (escenaris 3 i 4) el temps de retorn és encara més alt, perquè l'estalvi en el consum respecte a l'escenari 5 és menor. En el cas de les zones climàtiques amb més necessitat de refrigeració, com B4, el temps de retorn per als escenaris 3 i 4 supera els 35 anys. Està clar que, des d'un punt de vista només econòmic, el sobrecost de la instal·lació de gas no és rendible en els edificis plurifamiliars d'aquestes zones climàtiques. Ara bé, si les emissions de CO₂ tinguessin un cost econòmic, probablement, el temps de retorn disminuiria considerablement.

9.3.6.4 Sobrecost de l'estalvi d'un kg de CO₂ tenint en compte els costos de la instal·lació

En aquest apartat es presenten els resultats obtinguts al calcular el sobrecost en la instal·lació que suposa l'estalvi d'un kg de CO₂ no emès a l'atmosfera. (€/kg CO₂)

S'ha calculat seguint la següent expressió:

$$\frac{\text{€}}{\text{kg CO}_2} = \frac{C_{inst \text{ "esc i" }} - C_{inst \text{ "esc 5" }}}{E_{CO_2 \text{ "esc 5" }} - E_{CO_2 \text{ "esc i" }}}}$$

Equació 9.3-1

On:

$C_{inst \text{ "esc i"}}$: Cost instal·lació de l'escenari "i" (€/m²/any)

$C_{inst \text{ "esc 5"}}$: Cost instal·lació de l'escenari "5" (€/m²/any)

$E_{CO_2 \text{ "esc 5"}}$: Emissions CO₂ de l'escenari "5" (kg CO₂/m²/any)

$E_{CO_2 \text{ "esc i"}}$: Emissions CO₂ de l'escenari "i" (kg CO₂/m²/any)

Per tal que l'escala temporal fos la mateixa, s'ha considerat el temps de vida útil de cada tipus d'instal·lació. Així, per al sistema de calefacció (caldera), el temps útil és 10 anys. Per a un sistema de refrigeració elèctric, el temps de vida útil és 15 anys i, finalment, el de la instal·lació solar, s'ha considerat 25 anys. Així el cost de cadascuna de les instal·lacions s'ha dividit pels anys de vida útil, obtenint els €/m²/any.

Els resultats obtinguts es poden veure en la següent gràfica:

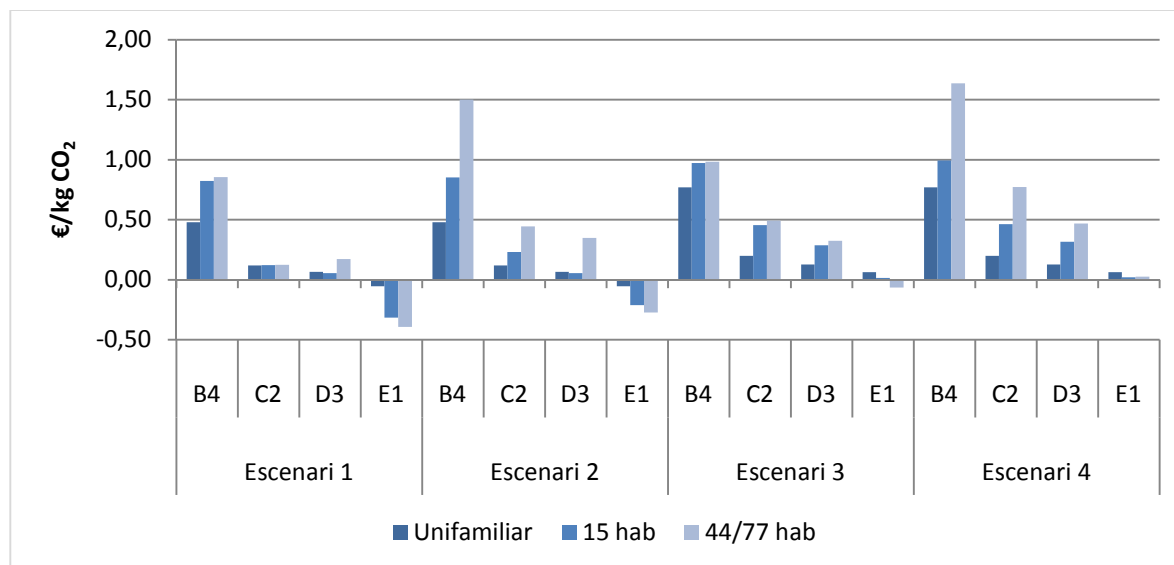


Figura 9.3-21 Sobrecost de l'estalvi d'un kg de CO₂ (€/kg CO₂) de cada escenari respecte a l'escenari 5 (tot elèctric), tenint en compte costos d'instal·lació.

En la gràfica anterior es pot observar com, per a tots els edificis, el menor sobrecost per a estalviar un kg d'emissions de CO₂ respecte a les emissions de l'escenari 5 és per a l'escenari 1.

El cost d'estalviar un kg de CO₂ depèn de la zona climàtica. Així per a B4 el cost és més elevat que per a la resta de zones climàtiques, amb menor demanda de refrigeració. Sent el cas extrem, la zona climàtica E1. En aquesta zona climàtica, fins i tot el cost pot ser negatiu, ja que, com s'ha vist anteriorment, és més car instal·lar un sistema de calefacció - refrigeració elèctric, que un sistema de calefacció amb gas natural, ja que aquesta zona climàtica no necessita equip de refrigeració.

El menor cost és per a l'habitatge unifamiliar i el major per a l'edifici de 77 habitatges perquè l'estalvi per a l'habitatge unifamiliar és superior al de l'edifici de 15 o 77 habitatges.

S'observa que la diferència del cost d'estalviar un kg de CO₂ d'emissió en funció del número d'habitatges és més gran en els escenaris que consideren subministrament de calefacció individual. (escenaris 2 i 4). En els escenaris amb subministrament de calefacció i ACS centralitzat les diferències entre els edificis plurifamiliars és molt menor.

Sense tenir en compte, la zona climàtica E1 (Burgos):

- Per a l'habitatge unifamiliar el cost oscil·la entre 0,06 €/ kg CO₂ per a la zona climàtica D3 i escenari 1 a 0,77 €/ kg CO₂ per a la zona climàtica B4 i escenari 4 .
- Per a l'edifici de 15 habitatges el cost d'estalviar un kg de CO₂ oscil·la entre 0,06 €/ kg CO₂ per a la zona climàtica D3 i escenari 1 a 0,99 €/kg CO₂ per a la zona climàtica B4 i escenari 4.
- Per a l'edifici de 77 habitatges el cost d'estalviar un kg de CO₂ oscil·la entre 0,17 €/ kg CO₂ per a la zona climàtica D3 i escenari 1 a 1,64 €/ kg CO₂ per a la zona climàtica B4 i escenari 4.

9.3.6.5 Sobrecost de l'estalvi d'un kg de CO₂ tenint en compte els costos de consum i els de la instal·lació

Els resultats de l'apartat anterior no tenen en compte els costos de consum que, com s'ha vist en l'apartat 9.3.6.1 són inferiors per als escenaris que utilitzen gas natural per a la calefacció i el ACS.

Així, en aquest apartat es presenten els resultats obtinguts al calcular el sobrecost que suposa estalviar 1 kg de CO₂ emès a l'atmosfera (€/kg CO₂) tenint en compte, tant els costos de la instal·lació com els costos de consum.

S'ha calculat seguint la següent expressió:

$$\frac{\text{€}}{\text{kg CO}_2} = \frac{C_{\text{total "esc i"}} - C_{\text{total "esc 5"}}}{E_{\text{CO}_2 \text{"esc 5"}} - E_{\text{CO}_2 \text{"esc i"}}$$

Equació 9.3-2

On:

$C_{\text{total "esc i"}}$: Cost instal·lació de l'escenari "i" (€/m²/any)
 $C_{\text{total "esc 5"}}$: Cost instal·lació de l'escenari "5" (€/m²/any)
 $E_{\text{CO}_2 \text{"esc 5"}}$: Emissions CO₂ de l'escenari "5" (kg CO₂/m²/any)
 $E_{\text{CO}_2 \text{"esc i"}}$: Emissions CO₂ de l'escenari "i" (kg CO₂/m²/any)

on el cost total de cada escenari és la suma dels costos d'instal·lació més els costos de consum. Cal tenir en compte que els costos de la instal·lació dels diferents sistemes s'han repercutit de forma equitativa en els anys de vida de cada equip. Així els dos tipus de costos es basen en la mateixa referència temporal, és a dir, l'any.

Els resultats obtinguts es poden veure en la següent gràfica:

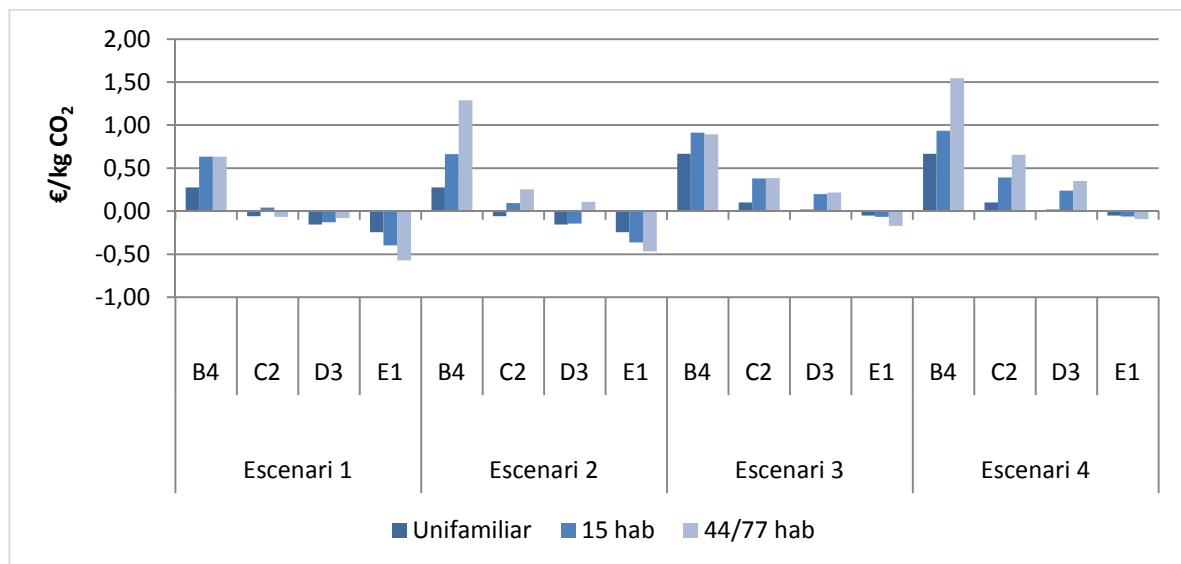


Figura 9.3-22 Sobrecost de l'estalvi d'un kg de CO₂ (€/kg CO₂) de cada escenari respecte a l'escenari 5 (tot elèctric), tenint en compte costos d'instal·lació i costos de consum

Es pot observar com, a l'incloure els costos de consum, el sobrecost disminueix considerablement, passant a ser, fins i tot negatiu en l'escenari 1 per a totes les zones climàtiques, excepte B4.

En general, el sobrecost augmenta amb el nombre d'habitatges i disminueix amb la severitat climàtica d'estiu. És a dir, en les zones climàtiques en les que el consum de refrigeració és més alt (B4) el cost que suposa estalviar un kg de CO₂ emès a l'atmosfera també és alt. Els escenaris que suposen un menor cost segueixen sent els escenaris que consumeixen gas natural per a satisfer les demandes de calefacció i ACS. (Escenaris 1 i 2) De la mateixa manera, l'escenari amb subministrament centralitzat (escenari 1) té un menor cost que l'escenari que suposa subministrament individual (escenari 2). Això és degut al major cost d'instal·lació del sistema individual.

9.4 Conclusions

9.4.1 Escenaris CALENER VyP

Els escenaris estudiats són els següents:

Taula 9.4-1 Escenaris CALENER VyP

Escenari	Subministrament	Calefacció	Refrigeració	ACS+solar
1	Centralitzat	Gas Natural	Elèctrica	Gas Natural
2	Individual	Gas Natural	Elèctrica	Gas Natural
3	Centralitzat	Gas Natural	Elèctrica	Elèctrica
4	Individual	Gas Natural	Elèctrica	Elèctrica
5	Individual	Elèctrica	Elèctrica	Elèctrica

Els edificis amb més número d'habitages són, en general, amb la mateixa composició de tancaments, més eficients que els edificis petits, sent l'extrem l'habitatge unifamiliar. (Veure **Figura 9.4-1**). La demanda energètica per unitat de superfície habitada és menor ja que, en general, la superfície de la pell de l'edifici per m² habitat és menor i per tant, les pèrdues i els guanys tèrmics també són menors que en el cas d'edificis amb menor superfície habitada.

Evidentment, això dependrà de la compacitat de l'edifici, així els edificis més compactes són més eficients.

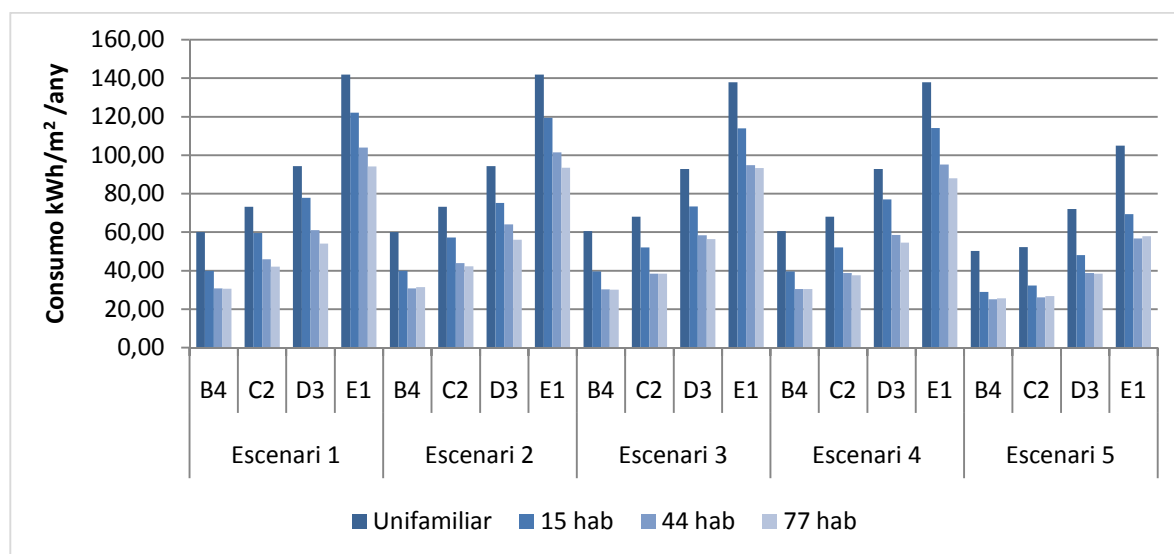


Figura 9.4-1 Consum d'energia final per a tots els escenaris estudiats segons tipologia d'edifici i zona climàtica

Cal tenir en compte que en la figura anterior, el consum d'energia elèctrica (kWh elèctric) i el consum de gas natural (kWh tèrmic) estan sumats directament. Pot sorprendre, a priori, que el consum d'energia elèctrica en el cas de l'escenari 5 sigui inferior que en la resta d'escenaris per a tots els edificis. Però l'explicació és ben senzilla, això és així perquè el COP dels equips utilitzats en l'escenari 5, bomba de calor, és aproximadament 2.5. Això significa que per cada 2.5 kWh tèrmics que es produeixen només es consumeix 1 kWh elèctric.

Quan la calefacció es realitza amb gas natural (resta d'escenaris) només es produeix 0.9 kWh tèrmics per cada kWh tèrmic que es consumeix (en termes de consum de gas natural). Això és així perquè el rendiment de la caldera utilitzat és 0.9 i per tant, el consum és superior.

Com això pot dur a confusió s'han realitzat les següents gràfiques separant els consums de kWh tèrmic (gas natural) i els de kWh elèctrics (electricitat) en funció dels escenaris. Per a simplificar, només es representen els escenaris 1, 3 i 5, ja que els escenaris 2 i 4 són equivalents al 1 i al 3 però el subministrament és individual.

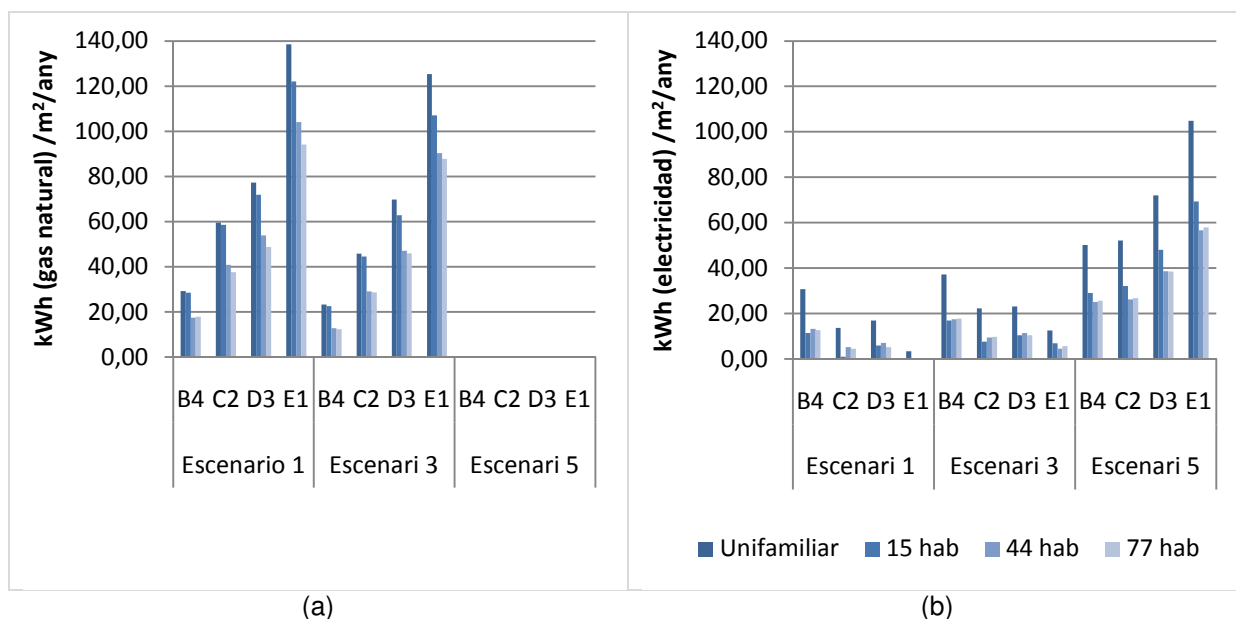


Figura 9.4-2 Consum d'energia final per a tots els escenaris. a) kWh tèrmics (gas natural) i b) kWh elèctrics (electricitat)

Així s'observa que, per descomptat, en l'escenari 5 no hi ha consum de gas natural ja que l'única font d'energia utilitzada és l'electricitat. En el cas de l'escenari 1, l'únic consum d'electricitat és per a la refrigeració i en l'escenari 3 també cal afegir el consum d'aigua calenta sanitària.

Al considerar les emissions de CO₂, que és el paràmetre que utilitza CALENER VyP per qualificar energèticament l'edifici, ara sí que l'escenari 5 resulta fortament perjudicat. Això és així perquè cal tenir en compte d'on prové l'energia elèctrica utilitzada. Així, segons el mix elèctric espanyol, per a produir un kWh s'emeten 0.65 kg de CO₂. Per a produir un kWh tèrmic amb gas natural el factor d'emissions és 0.21 aproximadament. Els factors d'emissió són els que utilitza la metodologia oficial de qualificació energètica, CALENER VyP.

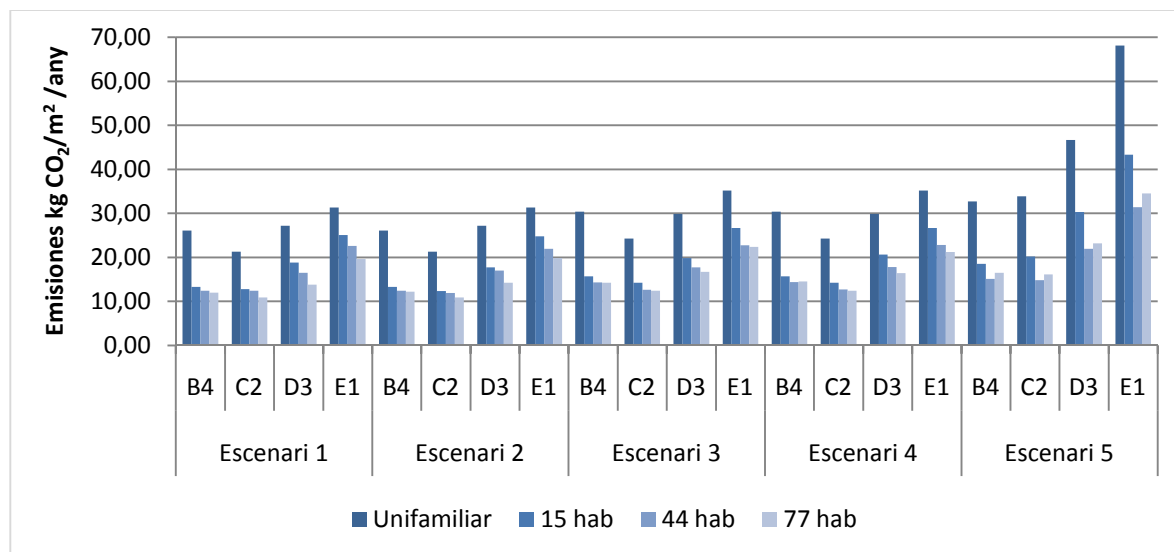


Figura 9.4-3 Emissions de CO₂ per a tots els escenaris estudiats segons tipologia d'edifici i zona climàtica

En tots els edificis estudiats, les emissions augmenten amb la severitat climàtica d'hivern, a causa del augment en la demanda de calefacció.

En el cas de la zona climàtica B4, el menor consum en calefacció es veu compensat pel major consum en refrigeració. Això fa que les emissions siguin molt similars a les de la zona climàtica C2.

En els edificis plurifamiliars, el consum més important, per a la majoria de zones climàtiques, és la calefacció. Així una mesura dirigida a disminuir els guanys solars de les finestres farà augmentar el consum en calefacció. I, si la disminució en el consum de refrigeració, no és suficient, les emissions globals augmentaran.

Quant a l'anàlisi dels escenaris estudiats, segons les hipòtesis considerades per als sistemes utilitzats, les emissions associades als escenaris amb subministrament de calefacció centralitzat o individual són molt similars. No s'aprecien diferències significatives, sobretot en el cas dels escenaris que utilitzen energia elèctrica com energia de suport a la solar per al subministrament de ACS.

En la **Taula 9.4-2** es presenten les qualificacions obtingudes per tots els edificis en tots els escenaris i zones climàtiques:

Taula 9.4-2 Resum de les qualificacions.

Escenari	B4				C2				D3				E1			
	Unif	15	44	77	Unif	15	44	77	Unif	15	44	77	Unif	15	44	77
Esc 1	D	D	D	D	D	C	C	C	D	D	C	C	C	C	C	C
Esc 2	D	D	D	D	D	C	C	C	D	D	C	C	C	C	C	C
Esc 3	E	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	C	C	D	C	C
Esc 4	E	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	C	C	D	C	C
Esc 5	E	E	D	D	E	E	D	D	E	E	D	D	E	E	D	D

Per als edificis plurifamiliars i les zones climàtiques C2, D3 i E1 els escenaris que utilitzen gas natural per a la calefacció i el ACS obtenen una millor qualificació energètica, C, que els escenaris que utilitzen gas natural per a la calefacció i electricitat com energia de suport al ACS, que obtenen una D. En el cas de la zona climàtica D3 per a l'edifici de 15 habitatges, la qualificació obtinguda és una D, en comptes d'una C, només per dècimes.

En el cas de la zona climàtica B4, encara que les emissions són similars a C2, tots els escenaris que consideren calefacció amb gas natural i ACS amb gas natural obtenen una D. Si el ACS és elèctric la qualificació baixa fins a la E, en el cas de l'habitatge unifamiliar. Això és degut a la major demanda de refrigeració en aquesta zona climàtica. L'equip utilitzat per a satisfer la demanda de refrigeració és d'expansió directa només fred aire-aire, que consumeix energia elèctrica i això penalitza el balanç d'emissions globals.

S'observa que els edificis situats en la zona climàtica E1 són els que obtenen millor qualificació energètica en tots els escenaris i els situats en la zona climàtica B4, són els que obtenen pitjor qualificació.

En tots els edificis el millor escenari és el qual considera la calefacció (centralitzada o individual) amb gas natural i el sistema de suport per al ACS també amb gas natural.

El pitjor escenari és el que considera que l'única energia consumida en l'edifici és l'electricitat.

Els intervals dels percentatges de consum per a cada ús oscil·len entre els següents valors:

Taula 9.4-3 Intervals dels percentatges de consum per a edifici, ús i zona climàtica

Ús	B4				C2				D3				E1			
	Uni	15	44	77	Uni	15	44	77	Uni	15	44	77	Uni	15	44	77
Calefacció	32-38	42-57	30-42	29-41	61-67	75-85	64-75	62-74	71-75	76-86	70-80	71-81	87-91	88-94	85-95	89-94
Refrigeració	51-55	28-39	43-53	42-48	19-22	2-3	13-20	11-17	18-20	6-12	12-18	9-14	2-2	-	-	-
ACS	11-13	14-19	14-17	17-23	13-19	13-23	11-16	14-23	7-9	8-12	7-12	10-15	7-11	6-12	5-12	6-11

En les següents gràfiques s'observa l'evolució dels pesos del consum de cada ús en funció del número d'habitages respecte al consum global de l'edifici. Es representen els valors màxims i mínims de percentatge en pes obtinguts en els escenaris estudiats.

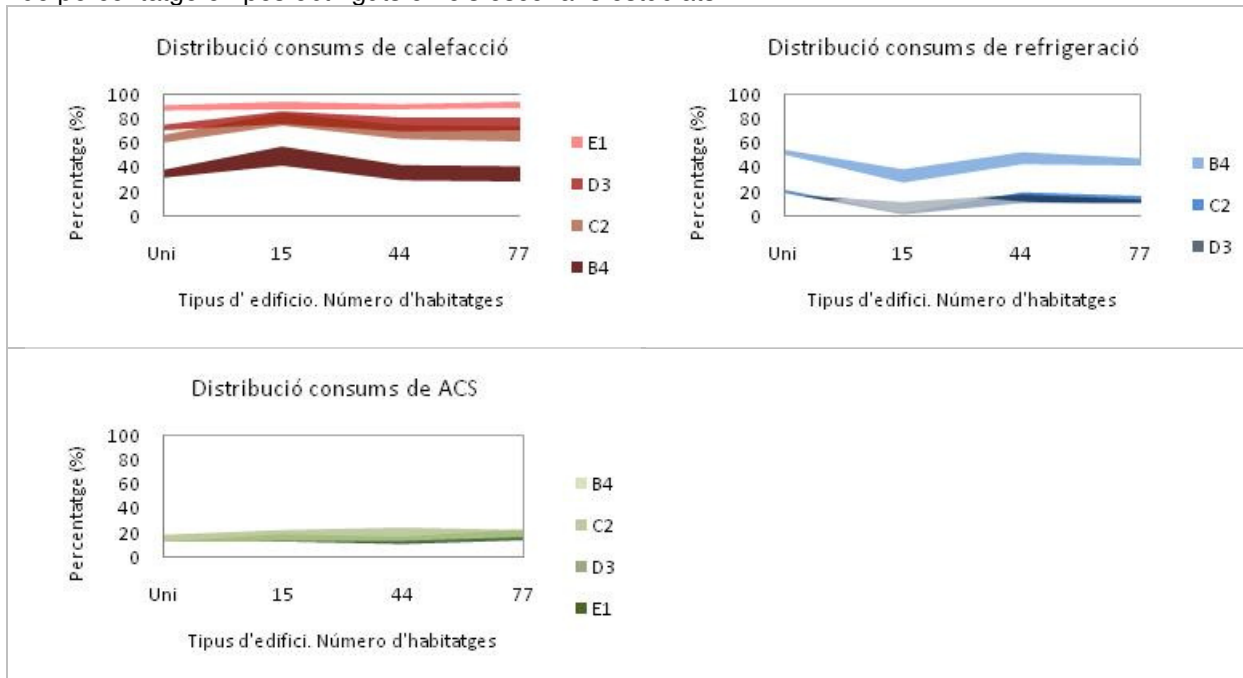


Figura 9.4-4 Intervals dels percentatges de consum d'energia per edifici, ús i zona climàtica

Quant a la distribució de consums i emissions, cal destacar que la calefacció és l'ús més important en tots els edificis i escenaris per a totes les zones climàtiques, excepte per a B4 (Sevilla). L'ús amb

menor consum és l'Aigua Calenta Sanitària en tots els edificis i en tots els escenaris i per a totes les zones climàtiques. Els rangs de consum d'energia per a ACS oscil·len entre el 5 i el 23 % en funció de la zona climàtica, tipus d'edifici i sistemes utilitzats. Els edificis plurifamiliars de la zona climàtica E1 no tenen consum en refrigeració.

Els intervals dels percentatges d'emissions per a cada ús oscil·len entre els següents valors:

Taula 9.4-4 Intervals dels percentatges d'emissions per a edifici, ús i zona climàtica. Escenaris CALENER VyP

Ús	B4				C2				D3				E1			
	Uni	15	44	77	Uni	15	44	77	Uni	15	44	77	Uni	15	44	77
Calefacció	16-32	30-41	20-25	19-25	40-61	66-73	51-61	49-58	50-71	66-75	58-64	59-67	77-89	83-88	87-89	83-89
Refrigeració	55-77	40-56	57-69	51-68	22-42	4-5	23-31	19-27	20-40	13-21	21-28	15-25	6-9	-	-	-
ACS	5-14	9-23	7-20	9-24	14-23	21-30	8-22	18-28	7-13	9-19	8-16	8-21	2-17	12-17	11-13	11-17

En les següents gràfiques s'observa l'evolució de les emissions en funció del nombre d'habitatsges per a tots els usos. Es representen els valors màxims i mínims de percentatge en pes obtinguts en els escenaris estudiats.

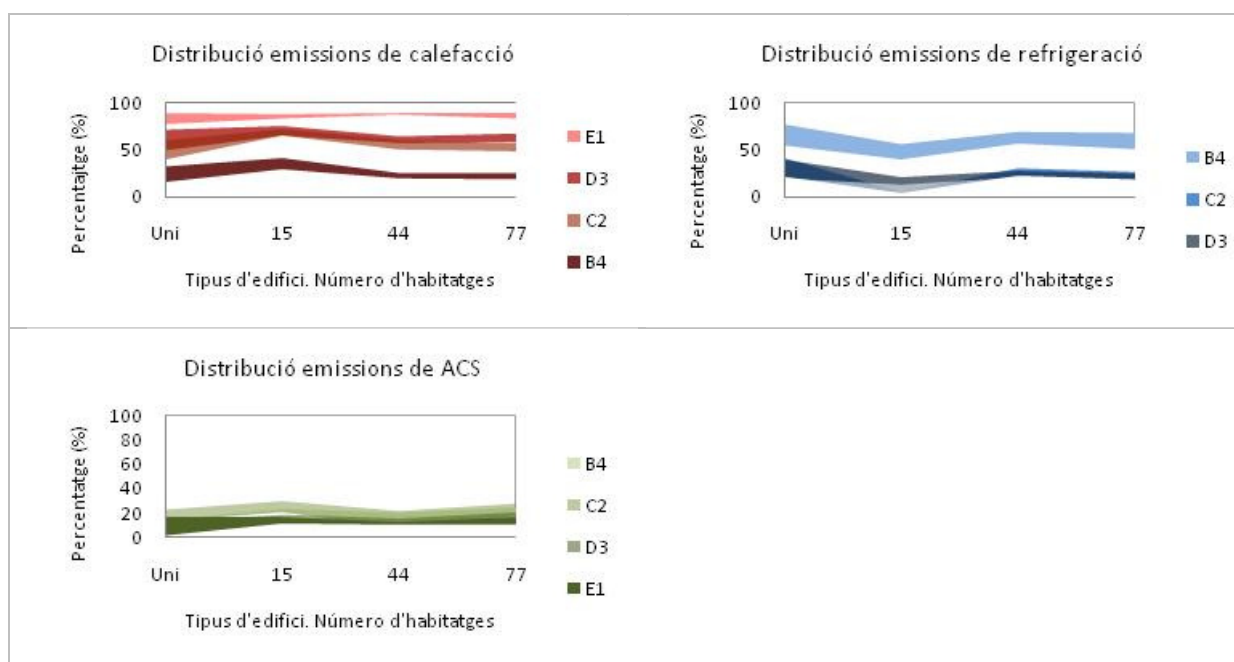


Figura 9.4-5 Intervals dels percentatges d'emissions de CO₂ per edifici, ús i zona climàtica. Escenaris CALENER VyP

Quant a les emissions, la refrigeració augmenta el pes respecte a la distribució de consums, sobretot en la zona climàtica B4, on pot arribar fins al 68% per a edificis plurifamiliars i al 77 per a l'edifici unifamiliar.

Per a la resta de zones climàtiques, encara que augmenta el percentatge, aquest no supera en cap cas el 30% en les zones climàtiques C2 i D3 per als edificis plurifamiliars. La zona climàtica E1 no té consum en refrigeració.

El pes de les emissions relatives al ACS oscil·la entre el 5 i el 30%.

Finalment, si es comparen les emissions de CO₂ en el millor dels escenaris (escenari 1) respecte el pitjor dels escenaris (escenari 5), els percentatges d'estalvi van des del 22 % en la zona climàtica B4 (Sevilla) fins al 76% en la zona climàtica E1 (Burgos) pels edificis plurifamiliars. En l'habitatge unifamiliar els estalvis en emissions van des de 25% per a la zona B4 fins a 118% para E1. Aquests resultats es poden veure en la següent taula.

Taula 9.4-5 Percentatges d'estalvi en les emissions de CO₂ de l'escenari 1 respecte l'escenari 5. CALENER VyP

Usos	B4				C2				D3				E1			
	Uni	15	44	77	Uni	15	44	77	Uni	15	44	77	Uni	15	44	77
Calefacció	117	62	31	56	118	63	30	57	129	73	37	71	133	76	42	75
Refrigeració	9	1	0	2	15	17	0	3	15	0	0	0	36	0		
ACS	223	200	200	255	93	48	211	85	144	112	115	255	94	45	12	86
Total	25	39	22	38	59	58	36	48	72	61	33	68	118	46	39	76

9.4.2 Variacions sobre escenaris 1 i 5 de l'edifici de 44 habitatges

En el primer cas estudiat s'ha substituït la caldera de gas natural de l'escenari 1 (subministrament centralitzat de calefacció, calefacció i ACS amb gas natural i refrigeració elèctrica) per una caldera de biomassa que subministra l'energia necessària per a satisfer la demanda de calefacció i també dona el suport necessari al sistema solar tèrmic de ACS. En aquest cas les qualificacions obtingudes han millorat notablement respecte a l'escenari 1, considerat com escenari base. S'ha aconseguit, fins i tot, una A per a la zona climàtica E1. Per a la resta de zones climàtiques s'ha obtingut una B per a C2 i D3 i una C per a B4. S'observa que el sistema de qualificació afavoreix a les zones climàtiques amb una severitat climàtica a l'hivern més alt.

Quant a la qualitat dels tancaments, s'han realitzat dues simulacions sobre l'edifici de 44 habitatges variant la transmissió tèrmica dels tancaments que conformen l'edifici. S'han estudiat els següents casos:

- Els valors de les transmissió tèrmiques dels tancaments són un 20% millor que els límits establerts per la normativa.
- Els valors de les transmissió tèrmiques dels tancaments són exactament iguals als valors establerts per la normativa.

Els resultats obtinguts mostren que, si bé les emissions són superiors quan el nivell d'aïllament dels tancaments disminueix, o el que és el mateix, la transmissió tèrmica augmenta, aquesta diferència no és suficient perquè la qualificació energètica variï.

Quant al percentatge de superfície útil refrigerada, cal dir que CALENER VyP no considera l'opció que un espai habitat estigui condicionat per a calefacció i no ho estigui per a refrigeració. De manera que si l'edifici objecte d'estudi no té sistema de refrigeració en algun espai condicionat, el programa li assigna el sistema de referència. I si el sistema de l'edifici objecte és millor que el sistema de referència, llavors les emissions augmenten.

Ara bé, la potència del sistema de fred per a refrigerar el 60% de la superfície és menor que el que es necessitaria per a subministrar fred al 100% de la superfície de l'habitatge. Si s'assigna a l'edifici un sistema de menor potència, llavors el consum i per tant, les emissions disminueixen, de manera que la qualificació pot millorar en les zones climàtiques on la refrigeració té un pes específic més gran, com la B4.

Si es realitza un càlcul directe amb les emissions obtingudes per a la refrigeració del 100% de la superfície multiplicant pel percentatge de superfície condicionada, els resultats són similars a la simulació amb CALENER VyP, utilitzant equips de menys potència. En aquest cas, també es millora la qualificació per a l'escenari 1 en la zona climàtica B4, i en l'escenari 5 (només ús elèctric) per a la

zona climàtica B4, sempre que la superfície refrigerada no sigui superior al 60% del total. La resta de zones climàtiques, no varien la qualificació.

Finalment, si es millora el COP de la bomba de calor, fins a 3.5, per a l'escenari 5, s'observa una disminució d'emissions, major com més gran és la demanda de fred. Per a la zona climàtica B4, les emissions poden ser fins a un 14 % menors a les emissions de l'edifici amb un equip que tingui un COP de 2.6. En qualsevol cas, aquesta disminució en les emissions no millora la qualificació energètica obtinguda per l'edifici.

9.4.3 Anàlisi econòmic

L'anàlisi dels costos de consum mostra que aquests són més elevats en un habitatge unifamiliar que en un plurifamiliar. A més, com era d'esperar, l'escenari 5 (només elèctric) té el cost més elevat per a tots els edificis i zones climàtiques. Això és degut al fet que la tarifa per kWh d'electricitat consumit és més alt, 0.1104 € en contra dels 0.0513 € del kWh de gas natural.

A la següent taula es presenten els costos derivats del consum energètic de tots els edificis i zones climàtiques. Només es presenten els dels escenaris 1, 3 i 5 perquè els costos de l'escenari 2 són molt similars als de l'1 i els de l'escenari 4 són molt similars als del 3.

S'han marcat en verd els costos més baixos, i en vermell els més alts per a cada escenari.

Taula 9.4-6 Costos de consum per a tots els edificis i zones climàtiques dels escenaris 1, 3 i 5 (€/m²/any)

	Escenari 1				Escenari 3				Escenari 5			
	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1
Uni	4,90	4,57	5,84	7,48	5,30	4,81	6,13	7,82	5,54	5,76	7,95	11,58
15 hab	2,72	3,11	4,35	6,26	3,04	3,12	4,38	6,26	3,20	3,55	5,31	7,66
44 hab	2,37	2,67	3,55	5,34	2,59	2,54	3,67	5,14	2,77	2,89	4,27	6,26
77 hab	2,32	2,43	3,09	4,83	2,60	2,55	3,51	5,13	2,84	2,96	4,25	6,39

La zona climàtica amb major consum (E1) és la que té uns costos associats més elevats per a tots els edificis.

L'estalvi pot arribar fins a 35 % en el cas de l'habitatge unifamiliar per a la zona climàtica E1 (Burgos) o el 27% per a l'edifici plurifamiliar de 77 habitatges en la zona climàtica D3 (Madrid). Així doncs, des del punt de vista de l'usuari és més econòmic que els diferents usos de l'habitatge siguin abastits amb gas natural.

A la **Taula 9.4-7** es presenta un resum dels costos d'instal·lació, €/habitatge, per a tots els edificis, zones climàtiques i edificis. S'han marcat en vermell els costos més elevats i en verd els més baixos per a cada escenari.

Taula 9.4-7 Costos d'instal·lació per a tots els edificis, zones climàtiques i escenaris (€/habitatge)

	Escenari 1				Escenari 2			
	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1
Unifamiliar	13709,0	11981,0	13917,2	12729,2	13709,0	11981,0	13917,2	12729,2
15 hab	7825,1	7501,1	7926,8	5297,0	7907,9	7583,9	8009,6	5379,8
44 hab	7004,1	6680,1	7105,8	4476,0	7886,5	7562,5	7988,2	5358,4
77 hab	6877,2	6553,2	7162,6	4349,2	7882,4	7558,4	8167,7	5354,3

	Escenari 3				Escenari 4			
	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1
Unifamiliar	13709,0	13169,0	14457,2	13917,2	13709,0	13169,0	14457,2	13917,2
15 hab	8311,1	8127,5	8596,4	5923,4	8361,5	8177,9	8646,8	5973,8
44 hab	7490,1	7490,1	7775,4	5286,0	8361,5	8361,5	8646,8	6157,4
77 hab	7363,2	7363,2	7648,6	5159,2	8361,5	8361,5	8646,8	6157,4

	Escenari 5			
	B4	C2	D3	E1
Unifamiliar	9527,8	8987,8	9527,8	8987,8
15 hab	5859,0	5675,4	5859,0	5675,4
44 hab	5859,0	5859,0	5859,0	5859,0
77 hab	5859,0	5859,0	5859,0	5859,0

Els costos més alts corresponen a l'habitatge unifamiliar a la zona climàtica D3 (entre 9.500 €/habitatge i 14500 €/habitatge en funció de l'escenari) i els més baixos, que corresponen a l'habitatge plurifamiliar de 77 per a tots els escenaris excepte el 4 i el 5 (entre 4.350 €/habitatge i 6157 €/habitatge en funció de l'escenari).

Si es comparen els escenaris, en general, l'escenari més car és el 4, que considera calefacció amb gas, ACS elèctrica i subministrament individual. Si no es considera la zona climàtica E1, els costos es troben entre 8.300 i 14.500 €/habitatge en funció de l'edifici i zona climàtica. Per contra, el més barat és l'escenari 5 que considera tot elèctric. Els costos es troben entre 5.600 i 9.500 €/habitatge en funció de l'edifici i zona climàtica.

La zona climàtica E1 no té demanda de refrigeració, per aquest motiu, els costos d'instal·lació són més baixos en tots els escenaris.

El cost de les instal·lacions és menor en el cas que els sistemes de calefacció, refrigeració i ACS siguin elèctrics. És a dir, al promotor, li resulta més econòmic instal·lar sistemes elèctrics en els edificis que construeix, excepte per a la zona climàtica, E1.

En tots els escenaris, els costos d'instal·lació dels edificis de 44 i 77 habitatges són pràcticament idèntics, encara que existeix una lleugera disminució en el de 77 habitatges, excepte en l'escenari 5.

Referent al temps de retorn, considerant un taxa d'inflació del 4%, s'ha calculat el temps necessari perquè la TIR (Taxa Interna de Retorn) per a cada edifici i zona climàtica sigui igual a 0. S'ha tingut en compte el sobrecost de la instal·lació de gas natural i l'estalvi anual d'aquesta instal·lació a causa del menor cost de consum, en relació al cost de l'escenari 5 (tot elèctric).

A la **Taula 9.4-8** es presenta la taula resum temps de retorn, anys, per a tots els edificis, zones climàtiques i edificis. S'han marcat en vermell el temps de retorn més elevat i en verd el més baix per a cada escenari.

Taula 9.4-8 Temps de retorn per a tots els edificis, zones climàtiques i escenaris vs escenari 5 (anys)

	Escenari 1				Escenari 2				Escenari 3				Escenari 4			
	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1
Unif	19	9	8	4	19	9	8	4	>35	14	10	6	>35	14	10	5
15 hab	26	26	17	<0	26	23	15	3	>35	31	21	2	>35	31	25	16
44/77 hab	16	12	11	<0	25	22	17	<0	>35	24	18	<0	>35	32	23	3

Així, des d'un punt de vista econòmic, s'observa com per a l'habitatge unifamiliar, la inversió del sistema de gas natural es rendibilitza en pocs anys, sobretot en les zones climàtiques amb major severitat a l'hivern.(4 a 8 anys). Això és així a causa del major consum (kWh /m²/any) d'aquest tipus d'habitatge, per tant, l'estalvi aconseguit és major.

En general, existeix una clara disminució del temps de retorn quan disminueix la severitat climàtica d'estiu. Així, una instal·lació completament elèctrica en zones sense necessitat de refrigeració és completament inviable.

Per contra, les zones climàtiques amb més necessitat de refrigeració, com B4, el temps de retorn augmenta (superior a 35 anys en els escenaris 3 i 4). Està clar que, des d'un punt de vista només econòmic, el sobrecost de la instal·lació de gas no és rendible en els edificis plurifamiliars d'aquestes zones climàtiques. Ara bé, si les emissions de CO₂ tinguessin un cost econòmic, el temps de retorn disminuiria considerablement.

Si la instal·lació de calefacció i ACS és individual (escenari 2), el temps de retorn augmenta per als edificis plurifamiliars de més número d'habitatges. Això és així pel major cost d'instal·lació d'aquest tipus de sistemes. Per als escenaris en els quals el sistema de suport de ACS és elèctric (escenaris 3 i 4) el temps de retorn és encara major, perquè l'estalvi respecte a l'escenari 5 és menor.

Referent al cost d'estalviar un kg de CO₂ no emès a l'atmosfera, s'ha calculat prenent com base l'escenari que comporta més emissions, és a dir, l'escenari 5 (tot elèctric). S'ha tingut en compte el temps de vida útil dels equips, i s'ha repercutit el cost de la instal·lació en aquest període.

Si només es té en compte el sobrecost de la instal·lació de cada escenari respecte a l'escenari 5 (veure **Taula 9.4-9**), s'observa que els edificis situats en les zones climàtiques amb major necessitat de refrigeració han d'invertir més per a deixar d'emetre un kg de CO₂ a l'atmosfera. (entre 0.82 i 1.64 €/kg CO₂ en funció de l'escenari i edifici). A més, el sobrecost és superior per a les instal·lacions individuals (escenaris 2 i 4).

Aquest cost disminueix quan ho fa la demanda de refrigeració, sent el cas extrem, E1 (Burgos), podent arribar a ser, fins i tot, negatiu. (entre -0.39 i 0.06 €/kg CO₂ en funció de l'escenari i edifici)

Taula 9.4-9 Sobrecost per estalviar un kg CO₂ (€/kg CO₂). Tots els edificis en funció de zona climàtica i escenari vs escenari 5, tenint en compte només cost d'instal·lació

	Escenari 1				Escenari 2			
	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1
Unifamiliar	0,48	0,12	0,06	-0,05	0,48	0,12	0,06	-0,05
15 hab	0,82	0,12	0,06	-0,32	0,85	0,23	0,06	-0,21
44/77 hab	0,85	0,12	0,17	-0,39	1,50	0,44	0,35	-0,27

	Escenari 3				Escenari 4			
	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1
Unifamiliar	0,77	0,20	0,13	0,06	0,77	0,20	0,13	0,06
15 hab	0,97	0,45	0,29	0,02	0,99	0,46	0,32	0,02
44/77 hab	0,98	0,49	0,33	-0,07	1,64	0,77	0,47	0,03

Finalment, si es tenen en compte els costos totals (instal·lació més consum) (Veure **Taula 9.4-10**), el sobrecost que suposa estalviar l'emissió d'un kg de CO₂ disminueix considerablement, arribant a ser, fins i tot negatiu per a totes les zones climàtiques i edificis de l'escenari 1, excepte per a B4. Això significa que és més barat estalviar un kg de CO₂ en l'escenari 1 que emetre un kg de CO₂ més seguint l'escenari 5.

Taula 9.4-10 Sobrecost per estalviar un kg CO₂ (€/kg CO₂). Tots els edificis en funció de zona climàtica i escenari vs escenari 5.

	Escenari 1				Escenari 2			
	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1
Unifamiliar	0.28	-0.06	-0.16	-0.25	0.28	-0.06	-0.16	-0.25
15 hab	0.63	0.04	-0.13	-0.40	0.66	0.09	-0.15	-0.37
44/77 hab	0.63	-0.07	-0.08	-0.57	1.29	0.25	0.11	-0.47

	Escenari 3				Escenari 4			
	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1
Unifamiliar	0.67	0.10	0.02	-0.05	0.67	0.10	0.02	-0.05
15 hab	0.91	0.38	0.20	-0.07	0.93	0.39	0.24	-0.06
44/77 hab	0.89	0.38	0.22	-0.17	1.55	0.66	0.35	-0.09

V. CONCLUSIONS

10 Conclusions

Per facilitar la comprensió d'aquesta tesi, cada capítol té el seu propi apartat de conclusions, en aquest apartat el que pretén es fer un resum de les més importants. A continuació s'exposen les principals conclusions per a cada un dels objectius plantejats al capítol 1 de la tesi.

10.1 Objectiu 1

- ***Avaluar el potencial d'estalvi energètic del sector habitatge a Catalunya segons diferents escenaris d'eficiència que es definiran en base a les diferents normatives existents tant a nivell estatal com autonòmic.***

Es pot concloure que, tenint en compte un 2% de rehabilitacions anuals i una construcció de 50.000 habitatges/anys fins el 2015, el percentatge de previsió de reducció d'emissions aconseguit és diferent en funció de l'escenari normatiu. En els capítols 3 i 4 de la tesi s'ha demostrat que:

El millor escenari normatiu, en quant a reducció d'emissions, és el nomenat escenari CTE, on es compleixen les limitacions imposades per la normativa estatal Código Técnico de la Edificación. Amb aquest escenari s'aconseguiria una reducció d'emissions del 6.4 % (**213 kt CO₂**) respecte les emissions que es produirien al 2015 sense portar a terme cap mesura de rehabilitació d'edificis. La inversió global en tot el parc d'edificis de Catalunya seria igual a **3.600 M€ (0.45 €/kg CO₂ estalviat / any** considerant un temps de vida útil residual de l'edifici igual a 40 anys). L'estalvi en emissions suposaria un **32,3%** de les reduccions previstes en el Pla de l'Energia de Catalunya pel 2015 per al sector domèstic (DTI, 2006).

L'escenari DEC, corresponent al compliment de les limitacions establertes a la normativa autonòmica, Decret d'Ecoeficiència, aconsegueix un estalvi d'un 2,8 % (**92 kt CO₂**) en emissions, respecte les emissions que es produirien al 2015 sense portar a terme cap mesura de rehabilitació d'edificis. La inversió global en tot el parc d'edificis de Catalunya seria igual a **2.070 M€ (0.55 €/kg CO₂ estalviat / any** considerant un temps de vida útil residual de l'edifici igual a 40 anys). L'estalvi en emissions suposaria un **14 %** de les reduccions previstes en el Pla de l'Energia de Catalunya pel 2015 per al sector domèstic (DTI, 2006).

Tenint en compte, només les mesures considerades "eficients" dels dos escenaris anteriors, s'ha definit un nou escenari, EFIC. Amb aquest escenari s'aconseguiria una reducció d'emissions del 6.8 % (**226 kt CO₂**) respecte les emissions que es produirien al 2015 sense portar a terme cap mesura de rehabilitació d'edificis. La inversió global en tot el parc d'edificis de Catalunya seria igual a **2.900 M€ (0.32 €/kg CO₂ estalviat / any** considerant un temps de vida útil residual de l'edifici igual a 40 anys). L'estalvi en emissions suposaria un **34%** de les reduccions previstes en el Pla de l'Energia de Catalunya pel 2015 per al sector domèstic (DTI, 2006).

A més, s'han trobat les següents limitacions o aspectes a millorar en les normatives estudiades:

La normativa catalana. DEC, no té en consideració l'aïllament de tancaments com coberta i forjats interiors (divisió horitzontal que separi espai habitat d'espai no habitat). L'aïllament d'aquest tipus de tancaments suposa un estalvi important en la demanda global de l'habitatge.

La normativa catalana limita el factor solar de les finestres a 0,35 sigui quina sigui la zona climàtica i el percentatge de vidre. Aquest fet, fa que la demanda de calefacció augmenti considerablement perquè es redueixen els guanys solars. Per tant, es proposa que el factor solar es limiti només a l'estiu.

La normativa catalana no diferencia entre les diferents zones climàtiques per a establir el límit de la U dels tancament façana o de les finestres. Això fa que en les zones climàtiques 3 i 4, els límits de l'escenari DEC siguin menys restrictius que els de l'escenari CTE.

La normativa actual estatal, CTE, considera l'aïllament dels tancaments tipus: envans, soleres i mitgeres. Segons l'indicador, EEC, l'aïllament d'aquests tipus de tancament no suposa un estalvi significatiu però sí un cost afegit a la inversió total en l'habitatge. Això fa que el temps de retorn de la inversió augmenti considerablement.

Es proposa que les normatives tèrmiques, tant l'estatal com la catalana, podrien millorar fent èmfasi en l'aplicació de les mesures més eficients: millora de les finestres, limitació del factor solar a l'estiu, aïllament de cobertes, façanes i forjats interiors (que separin espais condicionats dels que no estan condicionats). En el cas de la normativa catalana, també hauria de tenir en compte les diferents zones climàtiques.

10.2 Objectiu 2

- **Determinar si l'esforç en la reducció d'emissions gràcies a la millora de l'eficiència energètica dels edificis és econòmicament factible i prioritzar les mesures d'eficiència energètica per edificis en funció del seu potencial d'estalvi basant-se en la simulació dinàmica de diferents tipologies d'edificis.**

L'esforç en la reducció d'emissions gràcies a la millora de l'eficiència dels edificis és econòmicament factible per les tipologies més antigues (T1 a T7) pels escenaris CTE i EFIC. Segons un estudi realitzat per la Comissió Europea (Nemry, 2009), es pren com a vida útil residual dels edificis residencials, 40 anys com a màxim. Així si el temps vida residual de les diferents tipologies és superior al temps de retorn, la inversió resultaria econòmicament viable.

Segons l'escenari CTE, que pren com a mesures les que té en compte la normativa estatal, CTE, el temps de retorn en les tipologies més antigues, construïdes abans de la normativa tèrmica de 1979 (T1 a T7) i que serien les tipologies prioritàries per invertir en una rehabilitació es troba entre 16 i 30 anys.

Per l'escenari DEC, el temps de retorn més baix seria pels habitatges construïts abans de la normativa tèrmica catalana del 87, els valors estarien entre 25 i 39 anys.

Per l'escenari EFIC, on només es tenen en compte les mesures considerades eficients dels altres dos escenaris normatius, CTE i DEC, el temps de retorn en les tipologies més antigues (T1 a T7) i que serien les tipologies prioritàries per invertir en una rehabilitació es troba entre 15 i 25 anys.

Així doncs per aquest escenari EFIC, l'estalvi aconseguit és equivalent al que s'aconsegueix amb l'escenari CTE, però el cost associat pot arribar a ser fins un 30% inferior per les tipologies més antigues. Això fa que el temps de retorn de la inversió, també es redueixi considerablement per aquest escenari, EFIC, fins un 25% per aquestes tipologies.

Segons l'escenari més eficient, EFIC, l'ordre de prioritats, segons el temps de retorn, per a la rehabilitació dels habitatges és el següent:

Taula 10.2-1 Ordre de prioritats de les tipologies segons els anys de retorn de la inversió. Escenari EFIC

	Tipologia	Temps de retorn (Anys)
Habitatges muntanya	T7	15
	T5	15
Habitatges construïts abans normativa 79	T2	19
	T3	19
	T4	19
	T1	23
	T6	25
Post – normativa 79	T8	32
	T9A	34
	T9M	35
Post – normativa 87	T11A	50
	T11M	>50.0
	T10	>50.0

Segons l'indicador EEC (Energia estalviada – cost = $EEC_i = \frac{\text{Demanda estalviada (kWh/any)}_i}{\text{cost}_i (\text{€})} \cdot 100 \text{ €}$) l'ordre de prioritats de les mesures més eficients des d'un punt de vista estalvi energètic – cost per l'escenari CTE són:

Taula 10.2-2 Valors de EECi promig per a cada mesura per ordre de prioritats. Escenari CTE

	Finestres	Coberta	Façanes	Forjats	Envans	Mitgeres	Solera
EEC	7,34	6,52	4,77	3,51	0,63	0,46	0,03
Puntuació	10	8,9	6,5	4,8	0,8	0,6	0

Per l'escenari DEC només hi ha dues mesures: façanes i canvi de finestres. El factor solar limitat a 0.35 tot l'any i independentment de la zona climàtica perjudica fortament, la demanda de calefacció. Així aquesta no és una mesura eficient, a no ser que es considerés només la limitació del factor solar a l'estiu.

Així les mesures considerades eficients i que defineixen l'escenari EFIC són les següents:

Segons els resultats obtinguts en l'escenari CTE i en l'escenari DEC, les mesures més eficients són:

Taula 10.2-3 Valors límits de la U (W/m²K) segons zona climàtica. Escenari EFIC

ESCENARI	EFIC			
Limitació	ZC1	ZC2	ZC3	ZC4
Façana	0,70	0,70	0,66	0,57
Coberta	0,41	0,41	0,38	0,35
Forjat	1,20	1,20	1,20	1,20
Finestres	*	*	*	*
Elements d'ombra estacional. (Estiu)	0,35	0,35	0,35	0,35

Taula 10.2-4 Valors límits de la U finestra (W/m²K) segons zona climàtica i tipologia. Escenari EFIC

Tipologia	ZC1	ZC2	ZC3	ZC4
T1	2,90 – 3,30	2,90 – 3,30	2,50 -3,30	2,60 – 3,10
T2				
T4				
T5				
T7				
T3	2,60 – 3,30	2,6 – 3,30	2,2 – 3,30	2,20 – 3,10
T6				
T8				
T9A				
T9M				

Les mesures més eficients per a cada tipologia segons l'escenari EFIC són les següents (En vermell les accions prioritàries i més eficients i en verd les menys rellevants i menys eficients).

Taula 10.2-5 Valors de EECi promig per a cada mesura per ordre de prioritats. Escenari EFIC

	Façanes	Coberta	Forjats	Finestres	Prot. Solars
T1	8,3	11,1	0,0	3,6	8,9
T2	7,9	12,7	1,2	6,3	17,6
T3	5,9	18,4	1,5	3,8	17,1
T4	9,5	10,0	0,0	6,4	19,4
T5	16,8	25,0	0,0	13,6	0,0
T6	2,9	3,3	3,8	6,6	15,0
T7	20,8	21,3	9,1	10,9	0,0
T8	1,3	0,7	0,2	6,2	15,7
T9A	2,0	1,1	4,1	7,3	0,0
T9M	2,5	1,7	1,6	9,4	0,0
T10	2,3	1,1	1,4	0,0	0,0
T11A	2,1	2,4	10,0	0,0	0,0
T11M	1,5	1,1	4,5	0,0	0,0

Finalment, cal dir que aquests resultats proporcionen elements per orientar a l'elaboració de polítiques destinades a recolzar la implementació d'aquestes mesures amb instruments com subvencions. Malgrat això, la decisió sobre quines mesures cal portar a terme per a cada edifici individual hauria de basar-se en una avaluació prèvia que tingui en compte la situació individual de l'edifici.

10.3 Objectiu 3

- **Definir i avaluar una metodologia de certificació energètica per edificis que pugui ser alternativa a la metodologia oficial.**

S'ha presentat la metodologia de qualificació CEPEC, concloent que és una metodologia senzilla, àgil, i fiable, ja que els resultats obtinguts en un mateix edifici no difereixen gaire (menys d'un 20%) dels obtinguts per CALENER VyP.

Fins i tot, es pot afirmar que CEPEC arriba més enllà que CALENER VyP, malgrat el càlcul final d'emissions no sigui tan exhaustiu com el que realitza CALENER, perquè té en consideració molts més paràmetres que la metodologia oficial.

Malgrat tot, CEPEC no pot ser considerada com a metodologia alternativa a CALENER VyP perquè no realitza un càlcul del consum horari. El càlcul que realitza CEPEC és molt més senzill, només té en compte un rendiment mig estacionari dels equips que subministren l'energia necessària per satisfer la demanda, a més d'altres aspectes qualitius com per exemple, la possibilitat de ventilació creuada en l'habitatge o si aquest disposa d'espai per poder estendre la roba o els sistemes de control i la regulació existents a l'habitatge pels usos de calefacció, refrigeració, ACS i il·luminació. A més, CEPEC, considera també pels habitatges, la possibilitat d'autoproducció d'energia.

CEPEC va ser elaborada abans de la publicació del document que explica quins són els requisits de validació per a metodologies alternatives a CALENER VyP (IDAE, 2009). Els motius bàsics pels quals CEPEC no es pot considerar alternativa a CALENER són:

“Para el cálculo del rendimiento medio horario de los sistemas, los métodos alternativos deberán integrar al menos los siguientes aspectos:

- *Cálculo del consumo horario de todos los equipos que intervengan en las necesidades energéticas anteriormente citadas, tales como: luminarias, calderas, plantas enfriadoras, equipos autónomos en expansión directa, ventiladores, bombas, sistemas de condensación, etc.*
- *Cálculo del consumo horario de los equipos, teniendo en cuenta el comportamiento a carga parcial de los mismos.*
- *Cálculo del consumo horario de los equipos, teniendo en cuenta la variación horaria de los parámetros de operación de los equipos, tales como temperatura de distribución, temperatura del aire exterior, etc.*
- *Cálculo de los consumos horarios asociados a las demandas sensibles y latentes.”*

Malgrat aquest impediment inicial, cal dir que han sorgit altres metodologies de certificació, com Ce2, que ja ha estat validada com a metodologia alternativa al procediment simplificat de qualificació energètica. Aquesta metodologia Ce2 és més similar a la que es proposa en aquesta tesi, CEPEC. Per tant, es podria valorar la possibilitat que CEPEC fos considerada com a metodologia alternativa al procediment simplificat.

A més, els resultats que s'han obtingut en els edificis estudiats amb aquesta metodologia, no difereixen gaire (desviacions inferiors al 20%), en la majoria dels casos, dels obtinguts amb la metodologia oficial de qualificació per a edificis residencials, CALENER VyP. Per això, es creu que, l'eina podria ser una eina vàlida de qualificació i fins i tot, si fos acceptat pels organismes competents, es podria utilitzar per definir les solucions tècniques que es defineixen en els procediments simplificats.

Un altre sector important en l'àmbit de la qualificació energètica d'edificis, és el sector d'edificis existents. A data d'avui (Juliol 2010), encara no s'ha definit, el procediment oficial per aquest tipus d'edificis. L'autora d'aquesta tesi creu que CALENER VyP no és una opció gaire viable per aquest tipus d'edificis per la quantitat i qualitat d'informació sobre l'edifici que el programa necessita. Aquesta informació referent a tancaments i sistemes no sempre estaran disponibles en edificis existents.

Per aquest motiu, es creu que la simplicitat de CEPEC fa que aquesta eina pugui ser vàlida per aquest tipus d'edificis, ja que la informació d'entrada que necessita l'eina no és tan precisa, com en el cas de CALENER, ja que és més aviat de caire qualitatiu. A més, les dades de demanda de CEPEC, en un principi, s'obtenen amb LIDER, però això no té perquè ser sempre així, CEPEC com a eina que calcula el consum energètic i les emissions produïdes per un edifici es independent de LIDER. Així doncs, aquestes dades es poden obtenir amb una altra metodologia, més simple que LIDER.

Per tot això, l'autora d'aquesta tesi conclou que CEPEC pot ser una eina vàlida per a la qualificació energètica d'edificis existents, sempre i quan s'ajusti el tractament que li dona CEPEC al subministrament centralitzat de calefacció i ACS per tal que tots els resultats tinguin una desviació inferior al 20% respecte la metodologia oficial CALENER Vyp.

En quant al desenvolupament de l'eina, es destaquen les següents conclusions:

A l'hora de definir l'eina CEPEC, es tria com a eina per calcular la demanda de l'edifici objecte i l'edifici de referència el software oficial que verifica el compliment del DB-HE1 del CTE, LIDER.

S'ha decidit adoptar una sèrie de simplificacions a l'hora d'introduir geomètricament l'edifici, tenint en compte el baix percentatge obtingut en la desviació dels resultats respecte l'edifici introduït amb tots els detalls. L'objectiu és aconseguir disminuir el temps d'introducció de l'edifici, ja que aquesta és la fase que consumeix més temps en el procés total de qualificació. Aquestes simplificacions són les següents:

- No cal introduir la separació interior dels habitatges (envans).
- No cal introduir la separació entre habitatges condicionats.

Per altra banda, no es pot simplificar:

- La introducció de les separacions entre espais habitats i no habitats.
- La definició exacta de les finestres incloent l'encaix.

Les interpretacions i les hipòtesis que s'han d'assumir a l'hora d'introduir l'edifici per varis usuaris poden ser força diferents i per tant els resultats numèrics obtinguts també. Malgrat això els resultats qualitius sobre si compleix o no amb LIDER i la qualificació energètica global de l'edifici ha estat la mateixa pels casos estudiats que han estat introduïts per diferents persones.

Les limitacions gràfiques i conceptuals del software LIDER també fan que el temps d'introducció de l'edifici sigui més elevat.

Introduint els diferents edificis a la metodologia CEPEC es va observar que hi havia certes opcions que, aparentment, no influïen en el percentatge d'estalvi global i que van estar corregides pels programadors de la metodologia.

En el procés de qualificació, utilitzant l'eina CEPEC, les etapes que consumeixen més temps són:

- Interpretació de la informació (3 - 5 hores)
- Introducció a LIDER. (10 - 20 hores)
 - En funció de la complexitat de l'edifici.
 - En funció de l'habilitat i experiència de qui ho introdueixi.

La introducció de dades sobre els equips a la metodologia CEPEC és molt ràpida i fàcil, aquest és el pas més ràpid, entre 10 i 15 minuts. Aquest era un dels objectius d'aquesta eina. Aconseguir una eina que fos ràpida i fàcil d'utilitzar, a més de fiable, és clar.

Segons aquestes limitacions es recomana:

- Demanar la informació necessària per la introducció de l'edifici a LIDER i CEPEC de forma esquemàtica. D'aquesta manera, seria molt més fàcil per qui hagi de revisar les

certificacions, comprovar que són correctes. Per altra banda, si la persona encarregada d'introduir l'edifici a LIDER i CEPEC és diferent de l'arquitecte responsable del projecte seria molt més senzill el pas d'informació i per tant, no caldria fer cap hipòtesi o assumir res. S'annexa un document – plantilla tipus, elaborat per l'autora d'aquesta tesi. (Veure annex D)

10.4 Objectiu 4

- **Avaluar com varia la qualificació energètica d'edificis residencials en funció de paràmetres com, entre d'altres, la zona climàtica o el tipus de font energètica utilitzada pels diferents usos**

L'escenari tot elèctric és el que obté pitjors qualificacions en totes les zones climàtiques i per totes les tipologies d'edificis. Certament, l'ús de l'electricitat per a usos tèrmics suposa un malbaratament energètic si es té en compte el consum d'energia primària.

Però per altra banda, això fa que aquelles zones climàtiques amb demanda de refrigeració elevada surtin perjudicades en la qualificació energètica. Ja que els equips de refrigeració per edificis residencials són tots elèctrics. S'observa que els edificis situats en la zona climàtica E1 són els que obtenen millor qualificació energètica en tots els escenaris i els situats en la zona climàtica B4, són els que obtenen pitjor qualificació.

En la següent taula es presenten les qualificacions obtingudes per tots els edificis en tots els escenaris i zones climàtiques:

Taula 10.4-1 Resum de les qualificacions.

Escenari	B4				C2				D3				E1			
	Unif	15	44	77	Unif	15	44	77	Unif	15	44	77	Unif	15	44	77
Esc 1	D	D	D	D	D	C	C	C	D	D	C	C	C	C	C	C
Esc 2	D	D	D	D	D	C	C	C	D	D	C	C	C	C	C	C
Esc 3	E	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	C	C	D	C	C
Esc 4	E	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	C	C	D	C	C
Esc 5	E	E	D	D	E	E	D	D	E	E	D	D	E	E	D	D

Així es pot concloure que:

- Millor escenari: calefacció i ACS amb gas natural. Qualificació màxima: "C"
- Pitjor escenari: calefacció, refrigeració i ACS amb electricitat. Qualificació mínima: "E"
- L'edifici que suposa menys emissions per m² és l'edifici plurifamiliar amb més habitatges i més compacte.
- L'edifici que suposa més emissions per m² és l'habitatge unifamiliar
- Si es comparen les emissions de CO₂ en el millor dels escenaris (escenari 1) respecte el pitjor dels escenaris (escenari 5), els percentatges d'estalvi van des del 22 % en la zona climàtica B4 (Sevilla) fins el 76% en la zona climàtica E1 (Burgos) pels edificis plurifamiliars. En l'habitatge unifamiliar els estalvis en emissions van des de 25% per a la zona B4 fins a 118% para E1. Aquests resultats es poden veure en la següent taula.

Taula 10.4-2 Percentatges d'estalvi en les emissions de CO₂ de l'escenari 1 respecte l'escenari 5. CALENER VyP

Uso	B4				C2				D3				E1			
	Uni	15	44	77	Uni	15	44	77	Uni	15	44	77	Uni	15	44	77
Calefacció	117	62	31	56	118	63	30	57	129	73	37	71	133	76	42	75
Refrigeració	9	1	0	2	15	17	0	3	15	0	0	0	36	0		
ACS	223	200	200	255	93	48	211	85	144	112	115	255	94	45	12	86
Total	25	39	22	38	59	58	36	48	72	61	33	68	118	46	39	76

A la següent taula es presenta la taula resum del temps de retorn, anys, per a tots els edificis, zones climàtiques i edificis, si es compara la inversió necessària en cada escenari comparant-lo amb l'escenari tot elèctric (escenari 5). S'han marcat en vermell el temps de retorn més elevat i en verd el més baix per a cada escenari.

Taula 10.4-3 Temps de retorn per a tots els edificis, zones climàtiques i escenaris vs escenari 5 (anys)

	Escenari 1				Escenari 2				Escenari 3				Escenari 4			
	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1
Unif	19	9	8	4	19	9	8	4	>35	14	10	6	>35	14	10	5
15 hab	26	26	17	<0	26	23	15	3	>35	31	21	2	>35	31	25	16
44/77 hab	16	12	11	<0	25	22	17	<0	>35	24	18	<0	>35	32	23	3

Així, des d'un punt de vista econòmic, s'observa com per a l'habitatge unifamiliar, la inversió del sistema de gas natural es rendibilitza en pocs anys, sobretot en les zones climàtiques amb major severitat a l'hivern. (4 a 8 anys). Això és així a causa del major consum (kWh/m²/any) d'aquest tipus d'habitatge, per tant, l'estalvi aconseguit és major.

En general, existeix una clara disminució del temps de retorn quan disminueix la severitat climàtica d'estiu. Així, una instal·lació completament elèctrica en zones sense necessitat de refrigeració és completament inviable.

Per contra, les zones climàtiques amb més necessitat de refrigeració, com B4, el temps de retorn augmenta (superior a 35 anys en els escenaris 3 i 4). Està clar que, des d'un punt de vista només econòmic, el sobrecost de la instal·lació de gas no és rendible en els edificis plurifamiliars d'aquestes zones climàtiques. Ara bé, si les emissions de CO₂ tinguessin un cost econòmic, el temps de retorn disminuiria considerablement.

Finalment, si es tenen en compte els costos totals (instal·lació més consum), el sobrecost que suposa estalviar l'emissió d'un kg de CO₂ disminueix considerablement, arribant a ser, fins i tot negatiu per a totes les zones climàtiques i edificis de l'escenari 1, excepte per a B4. Això significa que és més barat estalviar un kg de CO₂ en l'escenari 1 que emetre un kg de CO₂ més seguint l'escenari 5.

Taula 10.4-4 Sobrecost per estalviar un kg CO₂ (€/kg CO₂). Tots els edificis en funció de zona climàtica i escenari vs escenari 5.

	Escenari 1				Escenari 2			
	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1
Unifamiliar	0.28	-0.06	-0.16	-0.25	0.28	-0.06	-0.16	-0.25
15 hab	0.63	0.04	-0.13	-0.40	0.66	0.09	-0.15	-0.37
44/77 hab	0.63	-0.07	-0.08	-0.57	1.29	0.25	0.11	-0.47

	Escenari 3				Escenari 4			
	B4	C2	D3	E1	B4	C2	D3	E1
Unifamiliar	0.67	0.10	0.02	-0.05	0.67	0.10	0.02	-0.05
15 hab	0.91	0.38	0.20	-0.07	0.93	0.39	0.24	-0.06
44/77 hab	0.89	0.38	0.22	-0.17	1.55	0.66	0.35	-0.09

En el capítol 9 de la tesi també s'ha demostrat com només la instal·lació d'una caldera de biomassa fa que la qualificació energètica millori considerablement, arribant, fins i tot a una A en la zona climàtica amb més demanda de calefacció, E1.

En quant a la qualitat dels tancaments, els resultats obtinguts mostren que, si bé les emissions són superiors quan el nivell d'aïllament dels tancaments disminueix, o el que és el mateix, la transmitància tèrmica augmenta, aquesta diferència no és suficient perquè la qualificació energètica variï.

Quant al percentatge de superfície útil refrigerada, cal dir que CALENER VyP no considera l'opció que un espai habitat estigui condicionat per a calefacció i no ho estigui per a refrigeració. De manera que si l'edifici objecte d'estudi no té sistema de refrigeració en algun espai condicionat, el programa li assigna el sistema de referència. I si el sistema de l'edifici objecte és millor que el sistema de referència, llavors les emissions augmenten. Ara bé, la potència del sistema de fred per a refrigerar el 60% de la superfície és menor que el que es necessitaria per a subministrar fred al 100% de la superfície de l'habitatge. Si s'assigna a l'edifici un sistema de menor potència, llavors el consum i per tant, les emissions disminueixen, de manera que la qualificació pot millorar en les zones climàtiques on la refrigeració té un pes específic més gran, com la B4.

Finalment, si es millora el COP de la bomba de calor, fins a 3.5, per a l'escenari tot elèctric, s'observa una disminució d'emissions, major com més gran és la demanda de fred. Per a la zona climàtica B4, les emissions poden ser fins a un 14 % menors a les emissions de l'edifici amb un equip que tingui un COP de 2.6. En qualsevol cas, aquesta disminució en les emissions no millora la qualificació energètica obtinguda per l'edifici.

En quant a limitacions tècniques de CALENER VyP es destaquen les següents:

- Dificultat per introduir a CALENER elements constructius singulars com façanes ventilades, murs trombe o altres aspectes bioclimàtics de l'edifici
- Impossibilitat d'introduir sistemes de climatització que utilitzin un altre tipus d'energia no especificada a CALENER com la geotèrmia.
- Impossibilitat d'introduir a CALENER espais condicionats per calefacció però no per refrigeració.
- No s'aprecien diferències significatives entre instal·lacions individuals i centralitzades.
- Dificultat per a la millora de la qualificació obtinguda actuant sobre els tancaments o els equips. Grans salts entre els intervals de l'escala de qualificació.
- Només s'aconsegueixen millores importants amb la introducció d'energies renovables, però només és possible introduir calderes de biomassa,
- Possibilitat de confusió en la interpretació de resultats ja que l'escala de qualificació no és fixa. Una mateixa qualificació no significa la mateixa quantitat d'emissions si la zona climàtica o la demanda és diferent.

10.5 Conclusió general

Els edificis residencials existents tenen un potencial d'estalvi energètic i d'emissions associades a aquest consum molt important. Per tant, és prioritari dirigir i focalitzar esforços per tal de promoure la millora i la rehabilitació dels edificis.

Les normatives actuals, tot i que han estat un pas endavant molt important, en quant a la qualitat constructiva dels edificis, respecte la situació normativa de fa 5 anys, no són suficients.

Com s'ha vist en aquesta tesi, els costos associats a la millora de l'envolupant, són amortitzables en un període inferior a la vida útil residual dels edificis en la majoria de les tipologies existents. Ara bé, la normativa hauria de prioritzar les mesures que suposen un estalvi major a un cost inferior. En aquest sentit tant la normativa catalana com l'estatal tenen aspectes millorables. Aquesta tesi ha establert un ordre de prioritats per a cada tipologia i un ordre global per definir quines mesures es poden considerar eficients i quines no.

Per altra banda, una de les mesures que proposa la directiva europea, DEEE, per a incentivar la construcció d'edificis eficients és la qualificació i certificació energètica. Cal dir però, que la qualificació en si mateixa no és suficient, el que és realment útil és la bona qualificació. Per tant, s'ha de promoure la construcció d'edificis amb una qualificació alta, A o B. Per exemple es podria plantejar: la reducció d'impostos, permisos d'obres, bonificació en les factures energètiques de gas i electricitat per aquells edificis que obtinguessin una bona qualificació, o bé ajudes per a la concessió de subvencions amb la finalitat de millorar les instal·lacions, envolupant de l'edifici i millorar així la qualificació d'edificis existents.

Per assolir aquest objectiu és primordial que les eines que s'utilitzin per a la qualificació energètica dels edificis siguin fàcils d'utilitzar per l'usuari, àgils i fiables. En aquesta tesi s'ha proposat una nova metodologia de qualificació que compleix amb aquests requisits i que podria ser una eina interessant per a la qualificació d'edificis existents o com alternativa a la metodologia de qualificació simplificada.

Per últim, la qualificació energètica pot i ha de ser una bona eina per incentivar la construcció d'edificis eficients. A més, és evident que CALENER ha suposat un salt qualitatiu molt important en la manera de plantejar el disseny d'un edifici i de les seves instal·lacions però, també és cert, que l'eina té algunes limitacions i que l'administració hauria de recollir les experiències dels usuaris de CALENER per tal de poder millorar-la.

Sigui CEPEC, o sigui CALENER el que es tracta és de disposar d'una eina útil, que estigui integrada en les eines de disseny d'ús comú d'arquitectes i d'enginyers, per a la construcció i rehabilitació d'edificis. Sense oblidar l'objectiu final: construir edificis més eficients, que consumeixin menys energia, menys recursos i per tant, que tinguin un menor impacte ambiental, econòmic i social.

10.6 Futures línies de recerca

Evidentment, les propostes de millora i continuació d'aquesta tesi tenen un abast molt ampli. Però entre totes elles, es volen destacar les següents línies de recerca:

Una vegada identificades les mesures més eficients des d'un punt de vista d'estalvi d'emissions i econòmic, el proper pas seria:

- Avaluar el valor òptim de la transmitància tèrmica de tancaments i factor solar de tancaments semitransparents en el cas de les mesures considerades eficients, per tal de proposar aquests valors a les normatives actuals. Avaluar el potencial d'estalvi aconseguit tant en consum d'energia final i primària com d'emissions.
- Considerar tot el cicle de vida de les mesures de millora, tenint en compte, per exemple, l'energia interna i les emissions associades a l'edifici i a les accions de millora. Aquesta informació està disponible al banc de dades de l'ITEC.
- Estudiar diferents escenaris de rehabilitació, i establir un percentatge d'edificis rehabilitats anual que sigui l'objectiu sobre el que l'administració hauria de treballar dotant dels mecanismes necessaris ja siguin de caire econòmic, formatiu, informatiu...

En quant a la certificació energètica:

- Establir metodologies de seguiment, monitorització i avaluació dels resultats obtinguts. És a dir, comprovar que realment, en la fase d'ús dels edificis qualificats amb una A, B o C es comporten tal i com s'havia previst i que els estalvis aconseguits s'acosten als estimats.
- Incloure a la metodologia de certificació, tal i com indica la normativa, propostes de millora de la qualificació i una avaluació econòmica d'aquestes millores, per facilitar la presa de decisions de l'usuari.
- Una vegada es defineixi la normativa sobre qualificació energètica per edificis existents, adaptar la metodologia CEPEC, i fer-la apta per edificis existents.

11 Bibliografia

11.1 Bibliografia referenciada al text

Álcantara, V. (2007). *Actividad económica y emisiones de CO2 derivadas del consumo de energía en Cataluña*. Departament de Economia Aplicada (UAB).

Alcántara, V. (1995). *Energy and CO2 emissions in Spain. Methodology of analysis and some results for 1980- 1990*. Energy economics vol 17.

APE. (2002). *Associació de professionals de les energies renovables de Catalunya*. Recollit de <http://www.intiam.com/aperca/aperca.htm>

ASHRAE. (2001). 2001. "Standard method of test for the evaluation for building energy analysis computer programs", *Standard 140-2001*. Atlanta: American society of Heating Refrigeration and Air Conditioning Engineers.

Ayuntamiento de Sevilla. (2002). *Ordenanza para la gestión local de la energía de Sevilla*. Sevilla.

Bakers N, S. K. (1994). *The LT Method Version 2.0: An Energy Design Tool for Non Domestic Buildings*". Cambridge Architectural Researd Ltd.

Balaras, C., Gaglia, A., & Georgopoulou, E. (2007). *European residential buildings and empirical assessment of the Hellenic building stock, energy consumption, emissions and potential energy saving*. Building and Environment (42) 1298 - 1314.

Barcelona Regional. (2006). Final Progress Report CEPEC. ALTENER Z/02-072/2002.

Barcelona Regional. (2002). *Pla de millora energètica de Barcelona*. Ajuntament de Barcelona i Agència d'energia de Barcelona.

Brundtland, G. (1992). *Nuestro futuro común*. Madrid: Aliana Editorial.

Casals, X. (2004). Madrid: Regulación y Certificación energética en edificios: asignatura pendiente en España. Universidad Pontificia Comillas.

Casals, X. (2006). 38 (381-382). Analysis of building energy regulation and certification in Europe: Their role, limitations and differences Energy and Buildings (38) 381-392.

Castells, C. (2007). *La certificació energètica dels edificis a Catalunya*. Recollit de www.adigsa.org

- Cuchí, A., & Pagès, A. (2007). *Sobre una estrategia para dirigir al sector de la edificación hacia la eficiencia en la emisión de gases de efecto invernadero (GEI)*. Ministerio de la Vivienda. Disponible a: http://www.mviv.es/es/pdf/otros/doc_GEI.pdf.
- DEEE. (2002). Directiva 2002/91/CE del Parlament Europeu i del Consell de 16 de desembre de 2002, relativa a l'eficiència energètica dels edificis. (2002/91/CE). Bruselas: CEE.
- DMAH. (2009). *Informe sobre el sector de l'habitatge a Catalunya 2004 - 2009*. Departament de Medi Ambient i Habitatge.
- DTI. (2006). *Pla de l'Energia de Catalunya 2006 - 2015*. Departament de Treball i Indústria. Generalitat de Catalunya.
- Ecofys. (7 / Juliol / 2005). *IMproving energy Performance Assessments and Certification schemes by Test*. Consultat el 30 / 7 / 2009, a *IMproving energy Performance Assessments and Certification schemes by Test*: www.e-impact.org
- Eurostat. (2010). *European Statistics*. Recollit de <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>
- EVE. (2006). *La certificación energética de edificios en el País Vasco y el proyecto de Real Decreto*. CADEM.
- Garrido, N. (2005). Recollit de *La certificación energética d'edificis*. Guia. Agència d'Energia de Barcelona http://www.barcelonaenergia.cat/document/altres/COAC_14nov_guiaAEB.pdf
- Garrido, N., & Almécija JC, F. C. (2008). *Certificación energética de edificios residenciales. Report de recerca finançat per Gas Natural Soluciones*. Disponible a *UPC Commons*.
- Generalitat de Catalunya. (2006). *DECRET 21/2006, de 14 de febrer, pel qual es regula l'adopció de criteris ambientals i d'ecoeficiència en els edificis*. DOGC 4574 – 16.2.2006.
- Generalitat de Catalunya. (1987). *Norma reglamentària sobre aïllament tèrmic*. DOGC núm 899.
- Haapio, A., & Viitaniemi, P. (2009). *A critical Review of building environmental assessment tools*. *Environmental Impact Assessment Review*. (28) 469 - 482.
- ICAEN. (1987). *Tecnologies avançades en estalvi i eficiència energètica: normativa d'aïllament tèrmic d'edificis, NRE-AT-87*. Departament d'Indústria i energia. Generalitat de Catalunya.
- IDAE. (2010). *Energía. Consumo y abastecimiento energético*. Recollit de IDAE: <http://www.idae.es/capitulos/energia/en1.htm>
- IDAE. (2009). *Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. "Condiciones de aceptación de Procedimientos alternativos a LIDER y CALENER"*. Recollit de www.mityc.es
- IDESCAT. (2010). *Institut d'Estadística de Catalunya*. . Consultat el Gener / 2010, a www.idescat.net.
- IEA. (2009). *Key World Energy Statistics 2009*. International Energy Agency.
- Institut Cerdà. (2006). *La contribució de l'habitatge de Catalunya a la reducció d'emissions de gasos amb efecte hivernacle*. Generalitat de Catalunya.
- IPCC. (1996). *Revised 1996 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory*.
- IPCC. (2007). *Summary of Policymakers of the AR4 Synthesis Report, 2007 - Intergovernmental Panel of Climate Change*. IPCC.

ITEC. (2010). Banc BEDEC. www.itec.cat.

Ivancic, A., & Salom, J. (2005). Proposta de metodologia de certificació energètica d'edificis. Projecte CEPEC. A *Jornades de Certificació Energètica d'edificis*. COAC. www.barcelonaenergia.com.

Jiménez Herrero, L. (2000). *Desarrollo sostenible*. Pirámide.

Lausten, J. (2008). *Energy efficiency requirements in building codes, energy efficiency policies for new buildings*. International Energy Agency.

Laustsen J., L. K. (2003). Danish experience in energy labeling of buildings.

LIDER. (2006). Manual de usuario del software LIDER. www.codigotecnico.org.

López, F. (2006). *Sobre el uso y la gestión como los factores principales que determinan el consumo de energía en la edificación*. Barcelona: Tesis doctoral.

Macias, M., & Garrido, N. (2005). Madrid: Comparativa de resultados de demanda y consumo energético de un edificio proporcionados por diferentes programas de simulación energética con respecto a los programas LIDER y CALENER Actas Congreso Climatización 2005.

Míguez J.L., P. J.-G. (2006). Review of the energy rating of dwelling in the European Union as a mechanism for sustainable energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 10 (1), pp. 24-45. , 24-25.

MITYC - IDAE. (2008). *Documento de condiciones de aceptación de opciones simplificadas alternativas*. Consultat el Febrero / 2009, a <http://www.mityc.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/OtrosDocumentos/Procedimientos%20simplificados.pdf>

MITYC - IDAE. (2008). *Documento de condiciones de aceptación de Programas Informáticos Alternativos*. Consultat el Febrer / 2009, a <http://www.mityc.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/Paginas/documentosreconocidos.aspx>

MITYC - IDAE. (2007). *Documento reconocido. "Escala de calificación para edificios de nueva construcción"*. Recollit de <http://www.mityc.es/Desarrollo/Seccion/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/Reconocidos/Otros/>

MITYC. (2006). CTE_DB-HE. Documento básico sobre Ahorro de energía. Requisito 1 Limitación de la demanda. A MITYC, *Código Técnico de la Edificación*.

MITYC. (2006). Documento básico de Ahorro de Energía. Requisito 4. Contribución solar mínima al agua caliente sanitaria. A *Código Técnico de la edificación*.

MITYC. (2006). *RD 314/2006 de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación*. BOE núm 74 Pag. 11816-11831.

MITYC. (2007). RD 47/2007 de 19 de Enero por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación energética de edificios de nueva construcción. BOE núm 27 Pag. 4499.

Miv. (2005). *Ministerio de vivienda*. Recollit de <http://www.miv.es>

Molina, J. (2005). *Certificación energética de viviendas*. Mataró: Congreso de Edificación Sostenible. Calificación energéticas de viviendas.

- Molina, J. (2006). HE1. Limitación de Demanda Energética. Opción General. Programa LIDER. AICIA. Universidad de Sevilla.
- Nemry, F. (2009). *Potenciales de mejora medioambiental de los edificios residenciales (ImproBuilding)*. Luxemburgo: Oficina para las Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas.
- Neymark, R. (2001). HVAC Bestest. A procedure of testing the ability of whole building energy simulations programs to model space conditioning equipment. Rio de Janeiro, Brazil: 7th International IBPSA Conference.
- Nieto, J., & Santamarta, J. (2003). *Evolución de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en España (1990-2002)*. Disponible a: <http://www.ecoportel.net/content/view/full/25870>.
- Noël, J. (2004). CODYBA Bestest qualification.
- Ortiz, O., Bonnet, C., Bruno, J., & Castells, F. (2009). *Sustainability based on LCM of residential dwellings: A case study in Catalonia, Spain*. Building and Environmental (44) 584 - 594.
- Paris. (2005). *Sostenible*. Recollit de L'energia al sector domèstic i residencial. Com podem reduir el consum?: <http://www.sostenible.es>
- Passiv Haus*. (2009). Consultat el 31 / Juliol / 2009, a <http://www.passiv.de/>
- Perez-Lombard, L. (2009). *A review of benchmarking, rating and labelling concepts within the framework of building energy certification schemes*. Energy and Buildings 41 272-278.
- Poel, B., van Cruchten, G., & Balaras, C. (2007). *Energy performance assessment of existing dwellings*. Energy and Buildings (39) 393-403.
- Prieto, P. (2002). La energía en los edificios, un nuevo marco normativo. *El instalador*.
- Rey, F. (2002). *Calidad energética de edificios en España. Estudio comparativo de tres diferentes metodologías (CEV, PEEV; AEV), de certificación energética para viviendas*. El instalador.
- Rey, F. (2006). *Eficiencia energética en edificios. Certificación y auditorías energéticas*. Madrid: Thomson.
- Rey, F., Velasco, E., & Varella, F. (2007). Building Energy Analysis (BEA): A methodology to assess building energy labelling. *Energy and Buildings*, 39 (709-716).
- Ricucci, E. (2002). *Certificación energética de edificios en la comunidad económica europea*. Recollit de CAI: <http://www.cai.org.ar/tecnocostruccion/certif-cee.html>
- Salat, S. (2005). La qualitat dels edificis de Catalunya. La certificació energètica dels edificis en el marc de la política energètica de la Generalitat de Catalunya. *A Jornades de Certificació energètica d'edificis*. COAC. www.barcelonaenergia.com.
- Sánchez de la Flor, F., Álvarez, S., & Mólina, J. (2008). *Climatic zoning and its application to Spanish building energy performance regulations*. Energy and Buildings (40) 1984 - 1980.
- Simonin, B. (2001). CSTB. Le Bestest. *A 4èmes journées TRNSYS francophones*. Lyon.
- Tronchin, L., & Fabbri, K. (2009). *Energy performance building evaluation in Mediterranean countries: Comparison between software simulations and operating rating simulations*. Energy and Buildings (40) 1176 - 1187.

Udg. (2002). *La certificació de l'eficiència energètica en les vivendes noves*. Recollit de Udg: <http://ciencias.udg.es/ciencias/infomed.html>

UE. (2007). *EN 15217. Energy performance of buildings-methods for expressing energy performance and for energy certification of buildings*.

11.2 Publicacions i reports de recerca

Garrido, N. (2005). *La certificació energètica d'edificis*. Guia. Agència d'Energia de Barcelona http://www.barcelonaenergia.cat/document/altres/COAC_14nov_guiaAEB.pdf

Macias, M & Garrido, N. (2005). Madrid: Comparativa de resultados de demanda y consumo energético de un edificio proporcionados por diferentes programas de simulación energética con respecto a los programas LIDER y CALENER Actas Congreso Climatización 2005.

Institut Cerdà. (2006). *La contribució de l'habitatge de Catalunya a la reducció d'emissions de gasos amb efecte hivernacle*. Generalitat de Catalunya.

Barcelona Regional. (2006). Final Progress Report CEPEC. ALTENER Z/02-072/2002.

Garrido, N; Almécija JC, Folch C, Martínez I, (2008) *Certificación energética de edificios residenciales*. Report de recerca finançat per Gas Natural Soluciones. Disponible a UPC Commons



TESI DOCTORAL. ANNEXES

EFICIÈNCIA I CERTIFICACIÓ ENERGÈTICA D' EDIFICIS RESIDENCIALS

Avaluació del potencial d'estalvi energètic i d'emissions dels edificis residencials a Catalunya segons diferents escenaris normatius.

Definició d'una metodologia de certificació energètica d'edificis residencials, CEPEC, i comparació d'aquesta amb la metodologia oficial CALENER VyP

Autora: Eng. Ind. Núria Garrido Soriano

Tesi presentada per obtenir el títol de Doctora per la Universitat Politècnica de Catalunya
Programa de Doctorat Interdepartamental d'"Enginyeria de Projectes: Medi Ambient,
Seguretat, Qualitat i Comunicació"

Director: Dr. Eng. Ind. Alex Ivancic
Co-Director: Dr. Eng. Ind. Ramon Sans

Sumari

ANNEX A.	EFICIÈNCIA ENERGÈTICA EN EDIFICIS RESIDENCIALS.....	1
A.1	DESCRIPCIÓ TIPOLOGIA D'EDIFICIS RESIDENCIALS A CATALUNYA.....	1
A.2	JUSTIFICACIÓ DEL COST DE LES MESURES D'EFICIÈNCIA ENERGÈTICA.....	14
ANNEX B.	CERTIFICACIÓ ENERGÈTICA D'EDIFICIS	18
B.1	DESCRIPCIÓ SOFTWARES PER CALCULAR LA DEMANDA.....	18
B.1.1	<i>Entrada de dades segons programa.....</i>	<i>18</i>
B.1.2	<i>Clima de l'emplaçament de l'edifici.....</i>	<i>23</i>
B.1.3	<i>Entorn i ombres en l'edifici.....</i>	<i>25</i>
B.1.4	<i>Càrregues internes de l'edifici.....</i>	<i>26</i>
B.1.5	<i>Tancaments exteriors i interiors de l'edifici.....</i>	<i>27</i>
B.1.6	<i>Resultats.....</i>	<i>28</i>
B.2	VALORACIÓ QUALITATIVA DELS SOFTWARES.....	31
B.3	AVALUACIÓ DE LA FIABILITAT DELS RESULTATS.....	35
B.3.1	<i>Edifici habitatge.....</i>	<i>35</i>
B.3.2	<i>Edifici Oficines.....</i>	<i>40</i>
B.4	COMPOSICIÓ DE TANCAMENTS DE L'EDIFICI TUCUMAN.....	46
ANNEX C.	PROTOCOL PER A LA QUALIFICACIÓ ENERGÈTICA D'EDIFICIS D'ÚS MAJORITARI: RESIDENCIAL, APLICANT LA METODOLOGIA CEPEC	48
C.1	DEFINICIÓ.....	48
C.2	PRELIMINARS.....	48
C.3	PASSOS.....	49
C.4	PAS D – DESCRIPCIÓ DEL PROGRAMA DE CERTIFICACIÓ:.....	50
C.5	ANNEX. EDIFICI DE REFERÈNCIA	56
C.5.1	<i>Descripció general.....</i>	<i>56</i>
C.5.2	<i>Determinació demanda.....</i>	<i>57</i>
C.5.3	<i>Determinació consum.....</i>	<i>57</i>
C.5.4	<i>Energia Final – Emissions.....</i>	<i>57</i>
C.5.5	<i>Altres consideracions.....</i>	<i>58</i>
C.5.6	<i>Consum d'equipaments.....</i>	<i>59</i>
C.5.7	<i>Demanda ACS.....</i>	<i>61</i>
C.5.8	<i>Consum ACS.....</i>	<i>63</i>
C.5.9	<i>Consum calefacció.....</i>	<i>64</i>
C.5.10	<i>Consum refrigeració.....</i>	<i>66</i>
C.5.11	<i>Consum il.luminació.....</i>	<i>67</i>
C.5.12	<i>Cogeneració i DHC.....</i>	<i>67</i>
C.5.13	<i>Edifici de referència.....</i>	<i>69</i>
C.5.14	<i>Característiques del mix elèctric.....</i>	<i>70</i>
C.6	CÀLCUL DE LA DEMANDA. LIDER.....	71
C.6.1	<i>Documentació necessària.....</i>	<i>71</i>
C.6.2	<i>Simplificacions en la introducció de l'edifici.....</i>	<i>71</i>
C.6.3	<i>Opcions.....</i>	<i>74</i>
C.6.4	<i>3D.....</i>	<i>75</i>
ANNEX D.	PLANTILLA DE RECOLLIDA DE DADES PER LIDER I CALENER	86
ANNEX E.	CARACTERÍSTIQUES EDIFICIS UNIFAMILIAR, 15, 44 I 77 HABITATGES.....	93
E.1	COMPOSICIÓ DE TANCAMENTS.....	93
E.2	SISTEMES DE CALEFACCIÓ, ACS I REFRIGERACIÓ.....	95
E.2.1	<i>Sistemes mixtes de calefacció i ACS centralitzat.....</i>	<i>95</i>
E.2.2	<i>Sistemes de refrigeració.....</i>	<i>96</i>
E.2.3	<i>Sistema ACS individual. Efecte Joule.....</i>	<i>96</i>

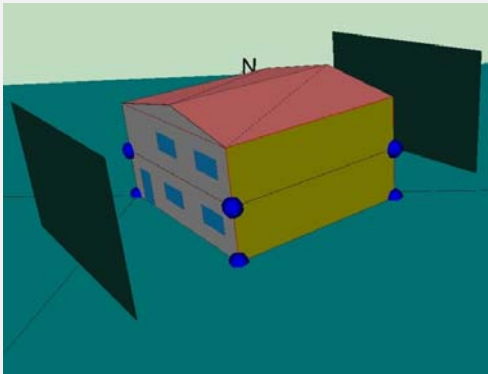
E.2.4	<i>Sistema de calefacció individual</i>	96
E.2.5	<i>Sistema de calefacció i refrigeració elèctrics. Bomba de calor</i>	97
E.3	ANÀLISI ECONÒMIC. EDIFICIS UNIFAMILIAR, 15, 44 I 77 HABITATGES	98
E.3.1	<i>Habitatge unifamiliar</i>	98
E.3.2	<i>Edifici 15 habitatges</i>	106
E.3.3	<i>Edifici 44 habitatges</i>	114
E.3.4	<i>Edifici 77 habitatges</i>	122

Annex A. Eficiència energètica en edificis residencials

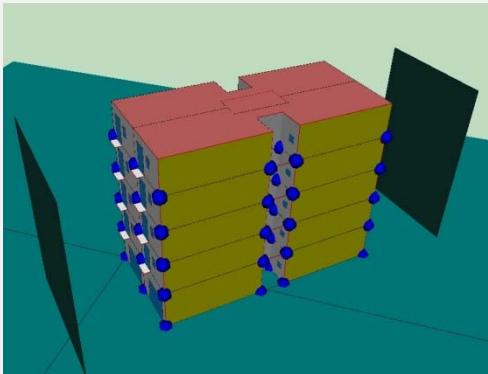
A.1 Descripció tipologia d'edificis residencials a Catalunya

A continuació, es descriuen totes les tipologies d'edificis residencials a Catalunya utilitzades al capítol 3 de la tesi per determinar el consum energètic en calefacció i refrigeració global del parc d'edificis a Catalunya.

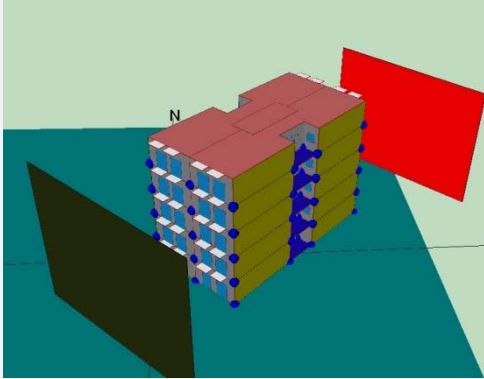
Taula A.1-1 Tipologia 1. Casa rural >1940. Característiques edificatòries i elements constructius.

Tipologia 1, Casa rural < 1940		Característiques edificatòries	
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ ORIENTACIÓ: NE-SO ▪ AMPLADA DEL CARRER: 10 m, ▪ EDIFICI AÏLLAT ▪ ALÇADA EDIFICI: 2 plantes ▪ COBERTA: INCLINADA A DUES AIGÜES ▪ SUPERFÍCIES: <ul style="list-style-type: none"> – Superfície útil total edifici = 115 m² – Superfície per planta = 57,5 m² (10 x 5,75 m²) – Alçada lliure de les plantes = 2,8 m – Superfície útil per habitatge = 115 m² – Superfície vidrada façanes principal i posterior = 3,84 m² per planta (8 finestres de 0,8 x 0,6 m²) – Superfície vidrada façanes perpendiculars = 1 m² per planta (4 finestres de 0,5 x 0,5 m²) – Superfície porta d'accés PB = 2,5 m² (porta de mig punt) 	
Element Constructiu	Material	Gruix (cm)	
Façanes	Arrebossat exterior amb morter de calç hidràulica	3	
	Pedra calcària	50	
	Enguixat interior	1	
Tancaments interiors	Enguixat interior	1	
	Murs de càrrega de maó massís	15	
	Envans de maó massís	3	
Forjat entre plantes	Enguixat a cara i cara	1	
	Paviment de rajola ceràmica	1,5	
	Replè de runa i morter de calç	8	
	Revoltons de peces ceràmiques	4	
Coberta	Bigues de fusta (cada 60 cm)	11 x 20	
	Teula àrab col·locada a salt de garça (17 x 48 cm)		
	Taulell ceràmic	1,5	
	Llates de fusta cada 50 cm,	5	
	Biguetes de fusta de roure (15 x 15) cada 60 cm	8	
Obertures façanes	Jàssera principal central de fusta de roure (30 x 50 cm)		
	Fusta de baixa qualitat (20%)	5	
	Vidre senzill (80%)	0,2	

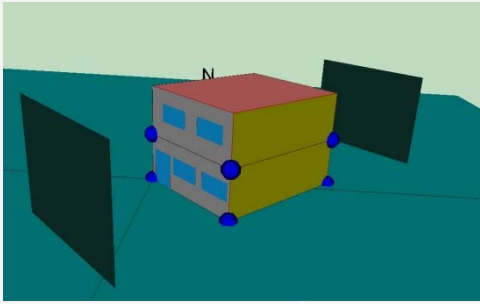
Taula A.1-2 Tipologia 2. Casc antic >1940. Característiques edificatòries i elements constructius.

Tipologia 2, Casc antic < 1940		Característiques edificatòries	
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ ORIENTACIÓ: NE-SO ▪ AMPLADA DEL CARRER: 6 m, ▪ EDIFICI ENTRE MITGERES ▪ ENTITATS PER PLANTA: 2 habitatges per planta + 2 patis interiors + escala, ▪ ALÇADA EDIFICI: 4 plantes + PB amb local comercial ▪ COBERTA: plana ▪ SUPERFÍCIES: <ul style="list-style-type: none"> – Superfície total edifici: 680 m² – Superfície per planta = 120 + 8 + 8 = 136 m² (8 x 17 m²) – Alçada lliure de les plantes = 2,6 m (3 m PB local) – Superfície per habitatge = 60 m² – Superfície patis interiors = 2 x 2 = 4 m², 2 patis = 8 m² – Superfície escala = 4 x 2 = 8 m² – Superfície vidrada façanes principal i posterior = 9,6 m² per planta (4 finestres de 0,5 x 0,8 m² + 4 balcons de 1 x 2 m² i voladís de 0,5 m) – Superfície vidrada patis interiors = 2 m² per planta (2 finestres de 0,5 x 0,5 m, en cada pati interior) – Superfície obertures PB: façana principal = 2 m² porta entrada habitatge + 2 m² porta entrada local + 4 m² superfície vidrada; façana posterior = 2 finestres de 0,6 x 0,6 m² 	
		Element Constructiu	Material
Façanes	Arrebossat exterior	2	
	Totxo massís	30	
	Enguixat interior	1	
	Pedra calcària en PB (local comercial)	45	
Tancaments interiors	Murs de càrrega de maó massís	15	
	Envans de maó massís	3	
	Enguixat a cara i cara	1	
Forjat entre plantes	Paviment de rajola ceràmica	1,5	
	Replè de runa i morter de calç	8	
	Revoltons de peces ceràmiques	4	
	Bigues de fusta (cada 60 cm)	11 x 20	
Coberta	Paviment, 3 capes de rajola	6	
	Bigues de fusta que formen el pendent (cada 60 cm)	22,5 x 22,5	
	Cambra de ventilació	20	
	Cel ras d'escaiola i canyís	2	
Obertures façanes	Fusta de baixa qualitat (20%)	5	
	Vidre senzill (80%)	0,2	
	Balcons amb voladís de 0,5 m		
Mitgeres	Totxo massís	15	
	Enguixat interior	1	

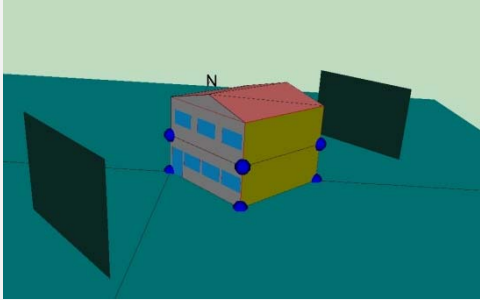
Taula A.1-3 Tipologia 3. Eixample. Característiques edificatòries i elements constructius.

Tipologia 3, Eixample	Característiques edificatòries	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ORIENTACIÓ: NE-SO ▪ AMPLADA DEL CARRER: 15 m, ▪ EDIFICI ENTRE MITGERES ▪ ENTITATS PER PLANTA: 4 habitatges per planta + 4 patis interiors + escala, ▪ ALÇADA EDIFICI: 4 plantes + PB amb local comercial ▪ COBERTA: plana ▪ SUPERFÍCIES: <ul style="list-style-type: none"> - Superfície total edifici: 1,905 m² - Superfície per planta = 328 + 32 + 21 = 381 m² (13 x 29,3 m) - Alçada lliure de les plantes = 3 m (3,6 m PB local) - Superfície per habitatge = 82 m² - Superfície patis interiors = 4 x 2 = 8 m², 4 patis = 32 m² - Superfície escala = 7 x 3 = 21 m² - Superfície vidrada façanes principal i posterior = 16 m² per planta <ul style="list-style-type: none"> (8 balcons de 1 x 2 m, amb voladís de 0,9 m) - Superfície vidrada patis interiors = 3 m² per planta (3 finestres de 0,5 x 0,5 m, en cada pati interior) - Superfície obertures PB: façana principal = 2 m² porta entrada habitatge + 2 m² porta entrada local + 6 m² superfície vidrada; façana posterior = 2 finestres de 0,6 x 0,6 m² 	
Element Constructiu	Material	Gruix (cm)
Façanes	Arrebossat exterior	2
	Totxo massís	30
	Enguixat interior	1
	Pedra calcària en PB (local comercial)	60
Tancaments interiors	Murs de càrrega de maó massís	14
	Envans de maó massís	3
	Paredons de maó perforat	9
	Enguixat a cara i cara	1
Forjat entre plantes	Paviment de rajola ceràmica	3
	Replè de runa i morter de calç	10
	Revoltons de peces ceràmiques	4
	Biguetes metàl·liques	IPN 150 cada 60 cm,
	Cambra d'aire sobre cel ras	20
	Cel ras d'escaiola i canyís	2
Coberta	Paviment, rajola ceràmica	6
	Cambra de ventilació	20
	Envanets conillers de maó de ¼ massís (cada 60 cm,)	3
	Revoltons peces ceràmiques	4
	Biguetes metàl·liques	0,2
Obertures façanes	Fusta de baixa qualitat (20%)	6
	Vidre senzill (80%)	0,3
	Balcons amb voladís de 0,5 m	
Mitgeres	Totxo massís	15
	Enguixat interior	1

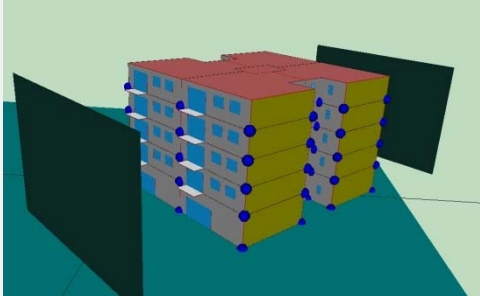
Taula A.1-4 Tipologia 4. Casa postguerra. Característiques edificatòries i elements constructius.

Tipologia 4, Casa postguerra		Característiques edificatòries	
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ EDIFICI ENTRE MITGERES ▪ AMPLADA DEL CARRER: 8 m, ▪ ALÇADA EDIFICI: 2 plantes ▪ COBERTA: plana ▪ SUPERFÍCIES: <ul style="list-style-type: none"> – Superfície total edifici = 108 m² – Superfície per planta = 54 m² (8 x 6,75 m²) – Alçada lliure de les plantes = 2,8 m – Superfície útil per habitatge = 108 m² – Superfície vidrada façanes principal i posterior = 8 m² per planta (4 finestres de 1 x 2 m²) – Superfície porta d'accés PB = 2,5 m² 	
Element Constructiu	Material	Gruix (cm)	
Façanes	Arrebossat exterior (morter de calç)	2	
	Paret ceràmica maó foradat	14	
	Cambra d'aire	8	
	Envà de maó buit	3,5	
	Enguixat interior	1,5	
Tancaments interiors	Enguixat interior	1,5	
	Parets de càrrega: envà ceràmic perforat	1,4	
	Envans maó quart buit	3,5	
	Enguixat interior	1,5	
Forjat entre plantes	Paviment de rajola ceràmica	2	
	Morter	2	
	Capa compressió	3,5	
	Revoltó prefabricat ceràmic	18	
	Biguetes formigó armat	3	
	Jàsseres formigó armat 30 x 40 cm	2	
	Enguixat interior	1,5	
Coberta	Paviment, rajola ceràmica	6	
	Envanets conillers	3	
	Capa de compressió	3,5	
	Revoltó prefabricat ceràmic	18	
	Biguetes formigó armat	3	
	Cambra ventilació	20	
	Cel ras escaiola i canyís	2	
Obertures façanes	Fusta de baixa qualitat (20%)	6	
	Vidre senzill (80%)	0,3	
	Balcons amb voladís de 0,5 m		

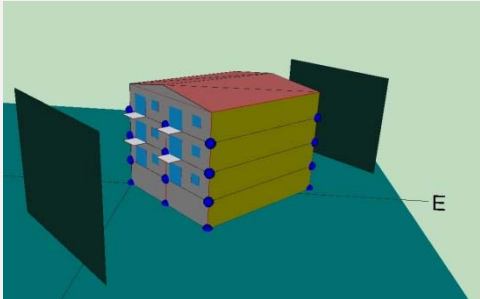
Taula A.1-5 Tipologia 5. Casa muntanya. Característiques edificatòries i elements constructius.

Tipologia 5, Casa muntanya		Característiques edificatòries	
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ EDIFICI ENTRE MITGERES ▪ AMPLADA DEL CARRER: 10 m, ▪ ALÇADA EDIFICI: 2 plantes ▪ COBERTA: inclinada a dues aigües ▪ SUPERFÍCIES: <ul style="list-style-type: none"> – Superfície total edifici = 112 m² – Superfície per planta = 56 m² (7,5 x 7,5 m²) – Alçada lliure de les plantes = 2,8 m – Superfície útil per habitatge = 112 m² – Superfície vidrada façanes principal i posterior = 11 m² per planta (6 finestres de 1 x 1,8 m²) – Superfície porta d'accés = 2,5 m² 	
Element Constructiu	Material	Gruix (cm)	
Façanes	Arrebossat exterior (morter de calç)	2	
	Aplacat de pedra amb morter	15	
	Paret ceràmica, Maó foradat	14	
	Cambra d'aire	8	
	Envà maó foradat	3,5	
	Enguixat interior	1,5	
Tancaments interiors	Enguixat interior	1,5	
	Murs de càrrega de maó massís	14	
	Envans maó foradat	3,5	
	Enguixat interior	1,5	
Forjat entre plantes	Paviment de rajola ceràmica	1,5	
	Replé runa i morter	8	
	Taulell de fusta (aglomerat)	2	
	Taulell de fusta	1,6	
	Bigues fusta cada 60 cm	3,7	
Coberta	Pissarra	0,6	
	Taulell fusta	4	
	Biguetes fusta 20x12 cm	3,7	
	Cambra d'aire	20	
	Cel ras d'encanyisat	2	
Obertures façanes	Fusta de qualitat mitjana	6	
	Vidre senzill (80%)	0,3	
Paret mitgera	Maó foradat	14	
	Enguixat interior	1,5	

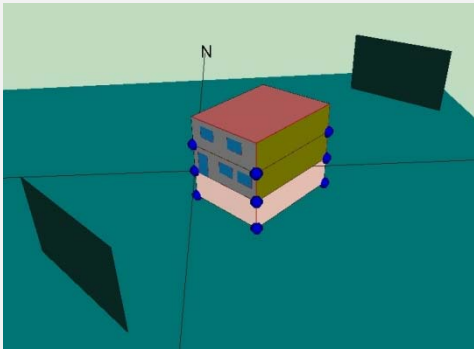
Taula A.1-6 Tipologia 6. Edifici postguerra. Característiques edificatòries i elements constructius.

Tipologia 6, Edifici postguerra		Característiques edificatòries	
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ EDIFICI ENTRE MITGERES ▪ AMPLADA DEL CARRER: 10 m, ▪ ENTITATS PER PLANTA: 4 habitatges per planta + 2 patis interiors + escala, ▪ ALÇADA EDIFICI: 4 plantes + PB amb local comercial ▪ COBERTA: plana ▪ SUPERFÍCIES: <ul style="list-style-type: none"> - Superfície total edifici = 1,825 m² - Superfície per planta = 320 + 30 + 15 = 365 m² (20,3 x 18 m²) - Alçada lliure de les plantes = 2,5 m (3,2 m PB local) - Superfície útil per habitatge = 80 m² - Superfície patis interiors = 30 m² (2 patis de 5 x 3 m² cadascun) - Superfície escala = 15 m² (5 x 3 m²) - Superfície vidrada façanes principal i posterior = 30 m² per planta <ul style="list-style-type: none"> - (8 finestres de 1 x 1 m² + 4 terrasses de 2 x 2,75 m²) - Superfície vidrada patis interiors = 2 m² per planta (4 finestres de 1 x 0,5 m, en cada pati interior) - Superfície obertures PB: façana principal = 2,15 m² porta entrada habitatge + 2,15 m² porta entrada local + 6 m² superfície vidrada; façana posterior = 2 finestres de 1 x 1 m² 	
		Element Constructiu	Material
Façanes	Arrebossat exterior (morter de ciment)		2
	Totxo perforat		14
	Cambra d'aire		10
	Totxo foradat		4
	Enguixat		1
Tancaments interiors	Enguixat interior		1
	Totxo perforat		14
	Enguixat interior		1
Forjat entre plantes	Paviment terratzo		3
	Morter		2
	Forjat ceràmic		22
	Enguixat interior		1
Coberta	Paviment rajola ceràmica		4
	Tela asfàltica		0,5
	Formigó de pendents		10
	Forjat ceràmic		22
Obertures façanes	Acer massís		3
	Vidre senzill (80%)		0,4
Paret mitgera	Totxo perforat		14
	Enguixat interior		1

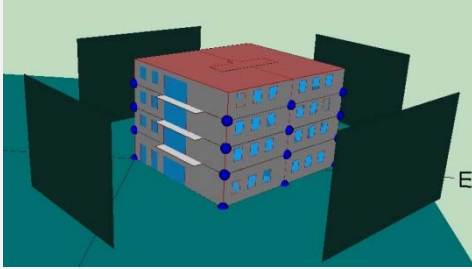
Taula A.1-7 Tipologia 7. Edifici muntanya. Característiques edificatòries i elements constructius.

Tipologia 7, Edifici muntanya		Característiques edificatòries	
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ EDIFICI ENTRE MITGERES ▪ AMPLADA DEL CARRER: 10 m ▪ ALÇADA EDIFICI: 3 plantes + PB amb local comercial ▪ ENTITATS PER PLANTA: 2 habitatges per planta ▪ COBERTA: INCLINADA A DUES AIGÜES ▪ SUPERFÍCIES: <ul style="list-style-type: none"> – Superfície útil total edifici = 591 m² – Superfície per planta = 182 + 15 = 197 m² (15 x 13,13 m²) – Alçada lliure de les plantes = 2,8 m – Superfície útil per habitatge = 91 m² – Superfície escala = 15 m² (5 x 3 m²) – Superfície vidrada façanes principal i posterior = 15,2 m² per planta (6 finestres de 1 x 1,2 m² i 2 terrasses de 2 x 2 m² amb volada de 1,5 m) – Superfície obertures PB: façana principal = 2,15 m² porta entrada habitatge + 2,15 m² porta entrada local + 6 m² superfície vidrada; façana posterior = 2 finestres de 1 x 1 m² 	
Element Constructiu	Material	Gruix (cm)	
Façanes	Arrebossat exterior (morter de calç)	3	
	Aplacat de pedra amb morter	15	
	Paret ceràmica perforada	14	
	Cambra d'aire	8	
	Envà de maó buit	3,5	
	Enguixat interior	1,5	
Tancaments interiors	Enguixat interior	1,5	
	Envans maó foradat	3,5	
	Paredó maó foradat	9,5	
	Enguixat interior	1,5	
Forjat entre plantes	Rajola ceràmica	1,5	
	Morter	2,5	
	Forjat ceràmic	22	
	Enguixat interior	1,5	
Coberta	Pissarra	0,6	
	Taulell de fusta	5	
	Forjat ceràmic	22	
	Cambra d'aire	20	
	Cel ras staff	2	
Obertures façanes	Fusta qualitat mitjana	6	
	Vidre senzill (80%)	0,4	
Paret mitgera	Totxo perforat	15	
	Enguixat interior	1	

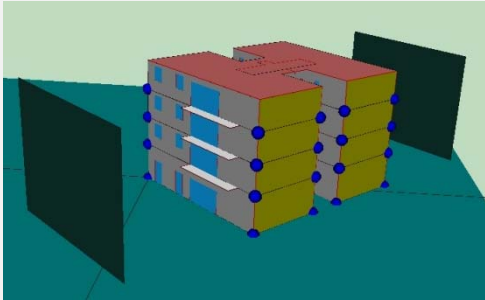
Taula A.1-8 Tipologia 8. Casa post 1979. Característiques edificatòries i elements constructius.

Tipologia 8, Casa post 1979		Característiques edificatòries	
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ EDIFICI ENTRE MITGERES ▪ AMPLADA DEL CARRER: 15 m, ▪ ALÇADA EDIFICI: 2 plantes + aparcament soterrani ▪ COBERTA: plana ▪ SUPERFÍCIES: <ul style="list-style-type: none"> – Superfície total edifici = 124 m² – Superfície per planta = 62 m² (7 x 8,85 m²) – Alçada lliure de les plantes = 2,5 m – Superfície útil per habitatge = 124 m² – Superfície escala (inclosa en la superfície útil de l'habitatge) = 3,6 m² – Superfície vidrada façanes principal i posterior = 10 m² per planta (3 finestres de 1 x 1,5 m² + 1 terrassa de 2 x 3 m² amb volada de 1,1 m) – Superfície portes d'accés = 2,15 m² 	
Element Constructiu	Material	Gruix (cm)	
Façanes	Arrebossat exterior	2	
	Totxo perforat o calat	14	
	Cambra d'aire	6	
	Aïllament	1,5	
	Envà de maó ¼ buit	3,5	
	Enguixat interior	1,5	
Tancaments interiors	Enguixat interior	1,5	
	Envà de maó ¼ buit	7,5	
	Paredó maó foradat	1,5	
	Enrajolat	1	
	Enguixat interior	1	
Forjat entre plantes	Paviment gres	1	
	Morter	1	
	Forjat ceràmic	22	
	Enguixat interior	1,5	
Coberta	Paviment rajola ceràmica	4	
	Tela asfàltica	0,15	
	Formigó de pendents	10	
	Aïllament	2,5	
	Forjat ceràmic	22	
	Enguixat interior	1,5	
Obertures façanes	Alumini (marc de perfil buit)	6	
	Vidre senzill (80%)	0,4	
Paret mitgera	Totxo perforat	14	
	Enguixat interior	1	

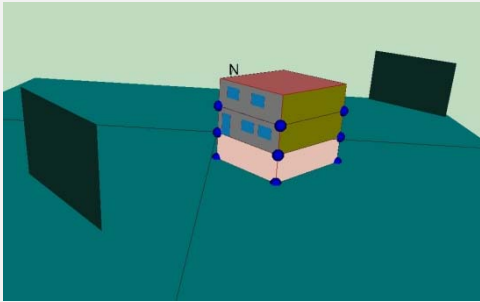
Taula A.1-9 Tipologia 9A. Edifici aïllat post 1979. Característiques edificatòries i elements constructius.

Tipologia 9A, Edifici aïllat post 1979		Característiques edificatòries	
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ EDIFICI AÏLLAT ▪ AMPLADA DEL CARRER: 12 m, ▪ ALÇADA EDIFICI: 3 plantes + PB amb local comercial ▪ ENTITATS PER PLANTA: 2 habitatges per planta + 2 patis interiors + escala ▪ COBERTA: plana ▪ SUPERFÍCIES: <ul style="list-style-type: none"> – Superfície total edifici: 896 m² – Superfície per planta = 184 + 24 + 16 = 224 m² (14 x 16 m²) – Alçada lliure de les plantes = 2,5 m (3,2 m PB local) – Superfície per habitatge = 92 m² – Superfície escala = 16 m² – Superfície vidrada façanes principal i posterior = 18,8 m² per planta (4 finestres de 1,2 x 1 m² i 2 finestres de terrassa de 2 x 3,5 m²), Terrassa de 6 m de llarg amb volada de 1,1 m – Superfície vidrada de les façanes perpendiculars a la façana principal = 14,4 m² per planta (6 finestres de 1 x 1,2 m² en cada façana perpendicular) – Superfície obertures PB = 16 m² en façana principal (porta de 2 m² d'accés a l'habitatge + porta de 2 m² i 2 x 3,5 m² de superfície vidrada del local comercial) i 4,8 m² en façana posterior (4 finestres de 1 x 1,2 m²) 	
		Element Constructiu	Material
Façanes	Arrebossat exterior		2
	Totxo perforat o calat		14
	Cambrà d'aire		6
	Aïllament		2,5
	Envà de maó ¼ buit		4
	Enguixat interior		1
Tancaments interiors	Enguixat interior		1
	Totxo buit (fàbrica)		14
	Enguixat interior		1
Forjat entre plantes	Paviment gres		1
	Morter		1
	Forjat ceràmic		22
	Enguixat interior		1
Coberta	Paviment rajola ceràmica		4
	Tela asfàltica		0,15
	Formigó de pendents		10
	Aïllament		2,5
	Forjat ceràmic		22
	Enguixat interior		1
Obertures façanes	Alumini (marc de perfil buit)		6
	Vidre senzill (80%)		0,4

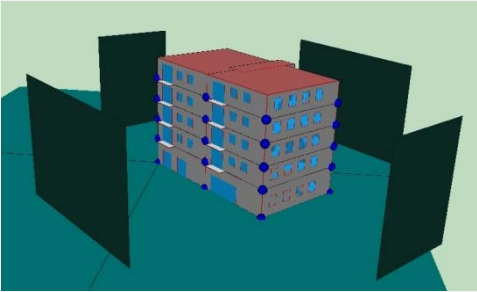
Taula A.1-10 Tipologia 9M. Edifici entre mitgers post 1979. Característiques edificatòries i elements constructius.

Tipologia 9M, Edifici entre mitgeres post 1979		Característiques edificatòries	
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ EDIFICI ENTRE MITGERES ▪ AMPLADA DEL CARRER: 12 m, ▪ ALÇADA EDIFICI: 3 plantes + PB amb local comercial ▪ ENTITATS PER PLANTA: 2 habitatges per planta + escala, ▪ COBERTA: plana ▪ SUPERFÍCIES: <ul style="list-style-type: none"> – Superfície total edifici = 800 m² – Superfície per planta = 184 + 16 = 200 m² (13 x 15,4 m) – Alçada lliure de les plantes = 2,5 m (3,2 m PB local) – Superfície per habitatge = 92 m² – Superfície escala = 16 m² – Superfície patis interiors = 27 m² (2 patis de 4,5 x 3 m²) – Superfície vidrada façanes principal i posterior = 18,8 m² per planta (2 finestres de 1,2 x 1 m² i una finestra de terrassa de 2 x 3,5 m² en cada façana, principal i posterior), Terrassa de 6 m de llarg amb voladiu de 1m, – Superfície vidrada patis interiors = 3,2 m² per planta (4 finestres de 0,8 x 0,5 m, en cada pati interior) – Superfície obertures PB = 16 m² en façana principal (porta de 2 m² d'accés a l'habitatge + porta de 2 m² i 2 x 3,5 m² de superfície vidrada del local comercial) i 4,8 m² en façana posterior (4 finestres de 1 x 1,2 m²) 	
Element Constructiu	Material	Gruix (cm)	
Façanes	Arrebossat exterior	2	
	Totxo perforat o calat	14	
	Cambra d'aire	6	
	Aïllament	2,5	
	Envà de maó ¼ buit	4	
	Enguixat interior	1	
Tancaments interiors	Enguixat interior	1	
	Totxo buit (fàbrica)	14	
	Enguixat interior	1	
Forjat entre plantes	Paviment gres	1	
	Morter	1	
	Forjat ceràmic	22	
	Enguixat interior	1	
Coberta	Paviment rajola ceràmica	4	
	Tela asfàltica	0,15	
	Formigó de pendents	10	
	Aïllament	2,5	
	Forjat ceràmic	22	
	Enguixat interior	1	
Obertures façanes	Alumini (marc de perfil buit)	6	
	Vidre senzill (80%)	0,4	
Paret mitgera	Totxo perforat	14	
	Enguixat interior	1	

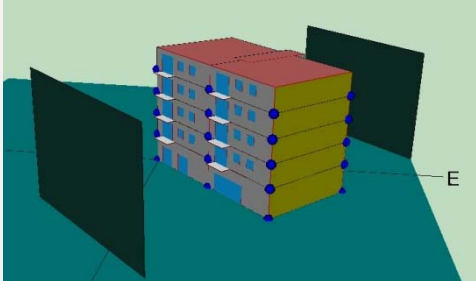
Taula A.1-11 Tipologia 10. Casa post 1987. Característiques edificatòries i elements constructius.

Tipologia 10, Casa post 1987		Característiques edificatòries	
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ EDIFICI ENTRE MITGERES ▪ AMPLADA DEL CARRER: 17 m, ▪ ALÇADA EDIFICI: 2 plantes + aparcament soterrani ▪ COBERTA: plana ▪ SUPERFÍCIES: <ul style="list-style-type: none"> – Superfície total edifici = 129 m² – Superfície per planta = 64,5 m² (7,5 x 8,6 m²) – Alçada lliure de les plantes = 2,5 m – Superfície útil per habitatge = 129 m² – Superfície escala (inclosa en la superfície útil total) = 3,6 m² – Superfície vidrada façanes principal i posterior = 10 m² per planta (3 finestres de 1 x 1,5 m² i 1 terrassa de 2 x 3 m² amb volada de 0,9 m) – Superfície portes d'accés = 2,15 m² 	
		Element Constructiu	Material
Façanes	Arrebossat exterior		2
	Totxo perforat o calat		14
	Cambra d'aire		6
	Aïllament		2
	Envà de maó ¼ buit		4
	Enguixat interior		1
Tancaments interiors	Enguixat interior		1
	Enva de maó ¼ buit		7,5
	Paredó de maó foradat		1,5
	Enrajolat		1
	Enguixat interior		1,5
Forjat entre plantes	Paviment gres		1
	Morter		1
	Forjat ceràmic		22
	Enguixat interior		1
Coberta	Paviment rajola ceràmica		4
	Tela asfàltica		0,5
	Formigó de pendents		10
	Aïllament		3
	Forjat formigó		22
	Enguixat interior		1
Obertures façanes	Alumini (marc de perfil buit)		6
	Vidre climalit 4/8/6		0,4+0,8+0,6
Paret mitgera	Totxo perforat		14
	Enguixat interior		1

Taula A.1-12 Tipologia 11A. Edifici aïllat post 1987. Característiques edificatòries i elements constructius.

Tipologia 11A, Edifici aïllat post 1987		Característiques edificatòries	
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ EDIFICI AÏLLAT ▪ AMPLADA DEL CARRER: 15 m, ▪ ALÇADA EDIFICI: 4 plantes + PB amb local comercial ▪ ENTITATS PER PLANTA: 2 habitatges per planta + escala, ▪ COBERTA: plana ▪ SUPERFÍCIES: <ul style="list-style-type: none"> – Superfície total edifici = 1,000 m² – Superfície per planta = 180 + 22 = 200 m² (19 x 10,5 m) – Alçada lliure de les plantes = 2,5 m (3,2 m PB local) – Superfície per habitatge = 90 m² – Superfície escala = 8 X 2,5 = 20 m² – Superfície vidrada façanes principal i posterior = 21 m² per planta: façana principal = 12 m² (4 finestres de 1 x 1 m i 2 terrasses de 2 x 2 m); façana posterior = 9 m² (2 finestres de 1 x 1 m , 2 finestres de 1 x 0,5 m i 2 terrasses 2 x 1,5 m), Volada de terrasses de 2,5 x 1,1 m – Superfície vidrada de les façanes perpendiculars a la façana principal = 9,6 m² per planta (4 finestres de 1 x 1,2 m² en cada façana perpendicular) – Superfície obertures PB = 16 m² en façana principal (porta de 2 x 1,8 m² d'accés a l'habitatge + porta de 2 x 1,8 m² i 8,8 m² de superfície vidrada del local comercial) i 8,8 m² de superfície vidrada en façana posterior, 	
		Element Constructiu	Material
Façanes	Arrebossat exterior		2
	Totxo perforat o calat		14
	Cambra d'aire		6
	Aïllament		2,5
	Envà de maó ¼ buit		4
	Enguixat interior		1
Tancaments interiors	Enguixat interior		1
	Totho buit (fàbrica)		14
	Enguixat interior		1,5
Forjat entre plantes	Paviment gres		1
	Morter		1
	Forjat formigó		22
	Enguixat interior		1
Coberta	Paviment rajola ceràmica		4
	Tela asfàltica		0,5
	Formigó de pendents		10
	Aïllament		3
	Forjat formigó		22
	Enguixat interior		1
Obertures façanes	Alumini (marc de perfil buit)		6
	Vidre climalit 4/8/6		0,4+0,8+0,6

Taula A.1-13 Tipologia 11M. Edifici entre mitgeres post 1987. Característiques edificatòries i elements constructius.

Tipologia 11M, Edifici entre mitgeres post 1987		Característiques edificatòries	
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ EDIFICI ENTRE MITGERES ▪ AMPLADA DEL CARRER: 15 m, ▪ ALÇADA EDIFICI: 4 plantes + PB amb local comercial ▪ ENTITATS PER PLANTA: 2 habitatges per planta + escala, ▪ COBERTA: plana ▪ SUPERFÍCIES: <ul style="list-style-type: none"> – Superfície total edifici = 1,000 m² – Superfície per planta = 180 + 22 = 200 m² (19 x 10,5 m) – Alçada lliure de les plantes = 2,5 m (3,2 m PB local) – Superfície per habitatge = 90 m² – Superfície escala = 8 X 2,5 = 20 m² – Superfície vidrada façanes principal i posterior = 21 m² per planta: façana principal = 12 m² (4 finestres de 1 x 1 m i 2 terrasses de 2 x 2 m); façana posterior = 9 m² (2 finestres de 1 x 1 m , 2 finestres de 1 x 0,5 m i 2 terrasses 2 x 1,5 m), Volada de terrasses de 2,5 x 1,1 m, – Superfície obertures PB = 16 m² en façana principal (porta de 2 x 1,8 m² d'accés a l'habitatge + porta de 2 x 1,8 m² i 8,8 m² de superfície vidrada del local comercial) i 8,8 m² de superfície vidrada en façana posterior, 	
		Element Constructiu	Material
Façanes	Arrebossat exterior		2
	Totxo perforat o calat		14
	Cambra d'aire		6
	Aïllament		2,5
	Envà de maó ¼ buit		4
	Enguixat interior		1
Tancaments interiors	Enguixat interior		1
	Totho buit (fàbrica)		14
	Enguixat interior		1,5
Forjat entre plantes	Paviment gres		1
	Morter		1
	Forjat formigó		22
	Enguixat interior		1
Coberta	Paviment rajola ceràmica		4
	Tela asfàltica		0,5
	Formigó de pendents		10
	Aïllament		3
	Forjat formigó		22
	Enguixat interior		1
Obertures façanes	Alumini (marc de perfil buit)		6
	Vidre climallit 4/8/6		0,4+0,8+0,6
Paret mitgera	Totxo perforat		14
	Enguixat interior		1

A.2 Justificació del cost de les mesures d'eficiència energètica.

A continuació es presenten les taules on s'indiquen els preus i els codis corresponents al banc de dades BEDEC de l'ITeC, que s'han utilitzat per calcular el cost de les accions de millora als edificis descrites als capítols 3 i 4 de la tesi.

Taula A.2-1 Codi ITeC i cost per m² per rehabilitar cada tancament incloent el cost de l'aïllament.

Item	Codi ITeC	€/m ²
Façana	47CD1110	53,56
Coberta	15123ACH	29,41
Mitgera	B7C4B360C70M	16,42
Envans	E83ER300	8,1
Forjats	E8442100	15,59
Solera	1971110A	37,36
Aïllament (m)		
0,08	E7C29871	13,96
0,06	E7C28651	9,45
0,05	E7C28551	8,13
0,04	E7C28451	6,87
0,03	E7C28351	5,54
0,02	E7C28251	5,27
0,01	E7C121A0	2,8
Finestra	1A1E1110	202,08
Vidre		
4/6/4	EC171113	33,27
4/8/4	EC171123	33,71
4/10/4	EC171133	34,04
Aïllament solera		
0,07	E7C9J991	19,89
0,06	E7C9J881	16,98
0,05	E7C9J681	14,79
0,04	E7C9J581	12,76
0,03	E7C9J401	8,83

Taula A.2-2 Superfície de cada tipus de tancament per tipologia d'edificis

	Façana	Coberta	Mitgera	Div, Int,	Forjat	Solera	Finestra	
TIPOLOGIES	(m ²)	(m ²)	(m ²)	(m ²)	(m ²)	(m ²)	(m ²)	% vidre
T1 Casa rural pre-guerra	104,7	110,0	112,0	0,0	0,0	110,0	18,5	17,67%
T2 Casc antic < 1940	310,1	128,0	402,0	83,2	128,0	0,0	65,2	21,01%
T3 Eixample < 1940	429,0	221,6	528,0	252,0	221,6	0,0	141,0	32,87%
T4 Casa post guerra	56,6	54,0	89,6	0,0	0,0	54,0	19,0	33,57%
T5 Casa muntanya	59,4	56,3	84,0	0,0	0,0	56,3	24,6	41,41%
T6 Postguerra ciutat	560,5	335,4	382,5	150,0	215,4	0,0	155,0	27,65%

	Façana	Coberta	Mitgera	Div, Int,	Forjat	Solera	Finestra	
T7 Edificis habitatges muntanya	248,5	197,0	168,0	179,2	196,9	0,0	45,6	18,35%
T8 Adosada post 79	64,7	54,0	120,0	0,0	54,0	54,0	36,6	56,61%
T9A Post 79	454,6	224,0	0,0	168,0	224,0	0,0	187,4	41,22%
T9M Post 79	214,6	224,0	190,0	168,0	224,0	0,0	85,0	39,61%
T10 Adosada post 87	89,3	64,5	86,0	0,0	64,5	0,0	23,2	25,92%
T11A Post 87	640,8	199,5	0,0	150,0	199,5	0,0	136,8	21,35%
T11M Post 87	404,8	199,5	517,8	150,0	199,5	0,0	96,8	23,91%

A continuació es presenten el gruix d'aïllament necessari per arribar a la transmissió tèrmica de cada tipus de tancament i per a cada escenari.

Per complir amb la normativa sobre el factor solar, s'indica si és necessari o no la introducció de proteccions solars.

Taula A.2-3 Gruix d'aïllament necessari per tipologia i zona climàtica (m). Escenari DEC

ESCENARI DEC	FAÇANA				PROT SOLAR			
	ZC 1	ZC 2	ZC 3	ZC 4	ZC 1	ZC 2	ZC 3	ZC 4
T1	0,03	0,03	0,03	0,00	Sí	Sí	Sí	
T2	0,03	0,03	0,03	0,00	Sí	Sí	Sí	
T3	0,03	0,00	0,00	0,00	Sí			
T4	0,03	0,03	0,03	0,00	Sí	Sí	Sí	
T5	0,00	0,00	0,00	0,02	Sí	Sí	Sí	Sí
T6	0,02	0,02	0,02	0,00	Sí	Sí	Sí	
T7	0,00	0,00	0,00	0,03	Sí	Sí	Sí	Sí
T8	0,01	0,01	0,01	0,00	Sí	Sí	Sí	
T9A	0,00	0,00	0,00	0,00				
T9M	0,00	0,00	0,00	0,00				
T10	0,01	0,01	0,01	0,00				
T11A	0,00	0,00	0,00	0,00				
T11M	0,00	0,00	0,00	0,00				

Taula A.2-4 Gruix d'aïllament necessari per tipologia i zona climàtica (m). Escenari CTE

ESCENARI CTE	FAÇANA				COBERTA				MITGERA				ENVANS				FORJATS INTERIORS				SOLERA			
	ZC 1	ZC 2	ZC 3	ZC 4	ZC 1	ZC 2	ZC 3	ZC 4	ZC 1	ZC 2	ZC 3	ZC 4	ZC 1	ZC 2	ZC 3	ZC 4	ZC 1	ZC 2	ZC 3	ZC 4	ZC 1	ZC 2	ZC 3	ZC 4
T1	0,03	0,03	0,03	0,00	0,07	0,07	0,07	0,00	0,03	0,03	0,03	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,06	0,06	0,07	0,00
T2	0,03	0,03	0,03	0,00	0,06	0,06	0,07	0,00	0,03	0,03	0,03	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00				
T3	0,03	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00				
T4	0,03	0,03	0,03	0,00	0,05	0,05	0,06	0,00	0,03	0,03	0,03	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,06	0,06	0,07	0,00
T5	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,07
T6	0,02	0,02	0,02	0,00	0,05	0,05	0,06	0,00	0,03	0,03	0,03	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00				
T7	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02				
T8	0,01	0,01	0,02	0,00	0,01	0,01	0,02	0,00	0,03	0,03	0,03	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00				
T9A	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,00	0,03	0,03	0,03	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00				
T9M	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,00	0,03	0,03	0,03	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00				
T10	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,03	0,03	0,03	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,02	0,02	0,02	0,00				
T11A	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,03	0,03	0,03	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00				
T11M	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,03	0,03	0,03	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00				

Taula A.2-5 Gruix d'aïllament necessari per tipologia i zona climàtica (m). Escenari EFIC

ESCENARI EFIC	FAÇANA				COBERTA				FORJATS INTERIORS				PROT SOLAR			
	ZC 1	ZC 2	ZC 3	ZC 4	ZC 1	ZC 2	ZC 3	ZC 4	ZC 1	ZC 2	ZC 3	ZC 4				
T1	0,03	0,03	0,03	0,00	0,07	0,07	0,07	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	Sí	Sí	Sí	
T2	0,03	0,03	0,03	0,00	0,06	0,06	0,07	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	Sí	Sí	Sí	
T3	0,03	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	Sí			
T4	0,03	0,03	0,03	0,00	0,05	0,05	0,06	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	Sí	Sí	Sí	
T5	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,01	Sí	Sí	Sí	Sí
T6	0,02	0,02	0,02	0,00	0,05	0,05	0,06	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	Sí	Sí	Sí	

	FAÇANA				COBERTA				FORJATS INTERIORS				PROT SOLAR			
T7	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,02	Sí	Sí	Sí	Sí
T8	0,01	0,01	0,02	0,00	0,01	0,01	0,02	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	Sí	Sí	Sí	
T9A	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00				
T9M	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00				
T10	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,02	0,02	0,02	0,00				
T11A	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,02	0,02	0,02	0,00				
T11M	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,02	0,02	0,02	0,00				

Annex B. Certificació energètica d'edificis

Als capítols 5 i 6 de la tesi es descriu la metodologia per escollir un software per calcular la demanda de l'edifici, les dades de demanda seran una de les entrades necessàries per a la determinació de la qualificació energètica de l'edifici segons la metodologia proposada, CEPEC.. Els tres softwares són: TRNSYSlite, LIDER i CODYBA. En aquest annex es fa una descripció qualitativa dels tres softwares..

B.1 Descripció softwares per calcular la demanda.

A continuació, s'expliquen els paràmetres qualitius més rellevants dels tres softwares.

B.1.1 Entrada de dades segons programa

B.1.1.1 TRNSYSlite

La introducció de les dades geomètriques de l'edifici és molt senzilla, només cal introduir els valors de les superfícies de cada tancament exterior façanes i cobertes així com la superfície de finestres de cada façana.

La pantalla que es presenta és la següent:

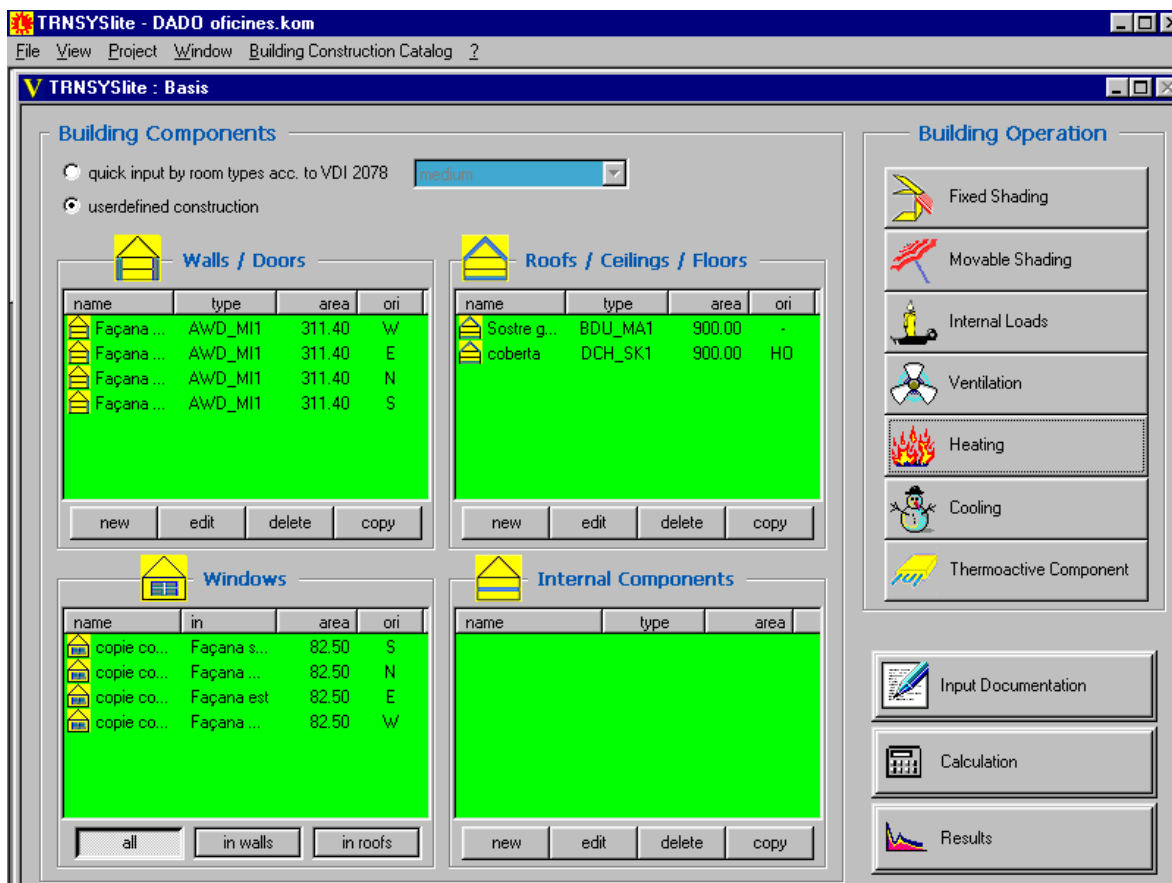


Figura B.1-1 Pantalla principal TRNSYSlite

Com es pot veure en una mateixa pantalla es presenten tots els components: tancaments exteriors, cobertes, sostres, terres, finestres i altres components interns. Així com càrregues internes.

Com s'ha dit anteriorment les dades que cal introduir respecte a la geometria de l'edifici són superfícies i orientacions. Això exigeix un càlcul previ en funció de les mides de les àrees estudiades. La pantalla per introduir les dades de les façanes és la següent. En aquesta mateixa pantalla s'inclouen també el tipus de tancament i les finestres.

Characteristic of Wall / Door

name:

type:

total area: m²

window fraction: %

remaining wall area: m²

orientation:

Construction

class:

type:

U-value: W/m²K

insulation thickness: cm

Window

name	m ²	Uw-value	glassing	Ug-value	g-value	frame	Uf-value	mov. shading	position	fixed shading
copie copi...	82.50	1.500	2-HPG,Ar...	1.400	0.589	matgr 1	2.00	no	no	no

new edit delete copy icons list report

OK Cancel

Figura B.1-2 Pantalla introducció dades façanes i portes. TRNSYSlite

Cal destacar que, malgrat la facilitat d'introducció de dades del TRNSYSlite, un handicap important és que no és multizona, és a dir, no es poden definir diferents espais en una planta, es considera l'edifici com un cub.

B.1.1.2 LIDER

La introducció de les dades geomètriques de l'edifici objecte d'estudi és força més complexa que en el cas del TRNSYSlite. L'edifici es defineix de forma gràfica. L'esquema operatiu per introduir gràficament l'edifici és el següent:

- 1.- Definició de materials i tancaments.
- 2.- Definició de plantes
- 3.- Definició d'espais en els que es divideix la planta
- 4.- Alçat de tancaments
- 5.- Introducció de finestres
- 6.- Definició de forjats.

La pantalla que presenta l'eina per la introducció de les característiques de materials, tancaments, forats i ponts tèrmics és la següent:

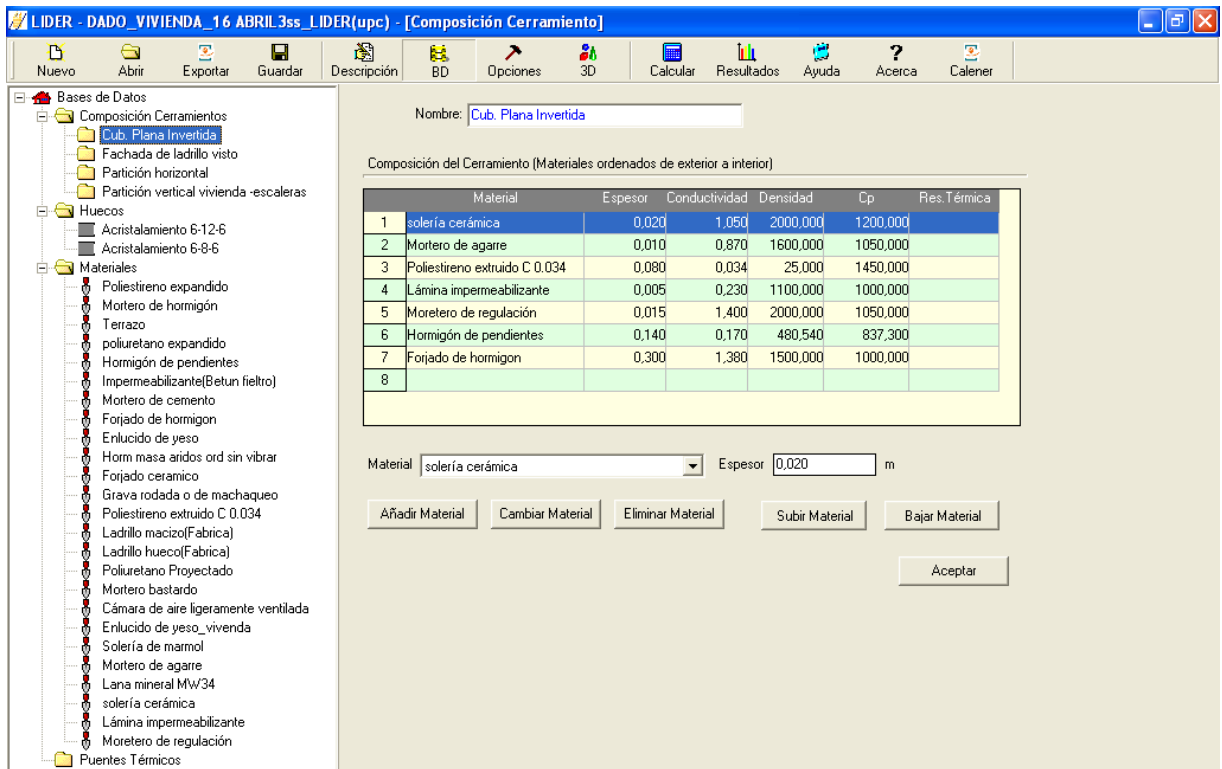


Figura B.1-3 Base de dades de materials i tancaments.

La introducció gràfica de les plantes i els espais es pot simplificar utilitzant un plànol d'autocad en format .bmp o .dxf com a base del dibuix.

La pantalla per dibuixar l'edifici és pot veure a la **Figura B.1-4**. A l'esquerra de la pantalla es troben les icones per dibuixar les plantes, els espais, fer els tancaments, etc.

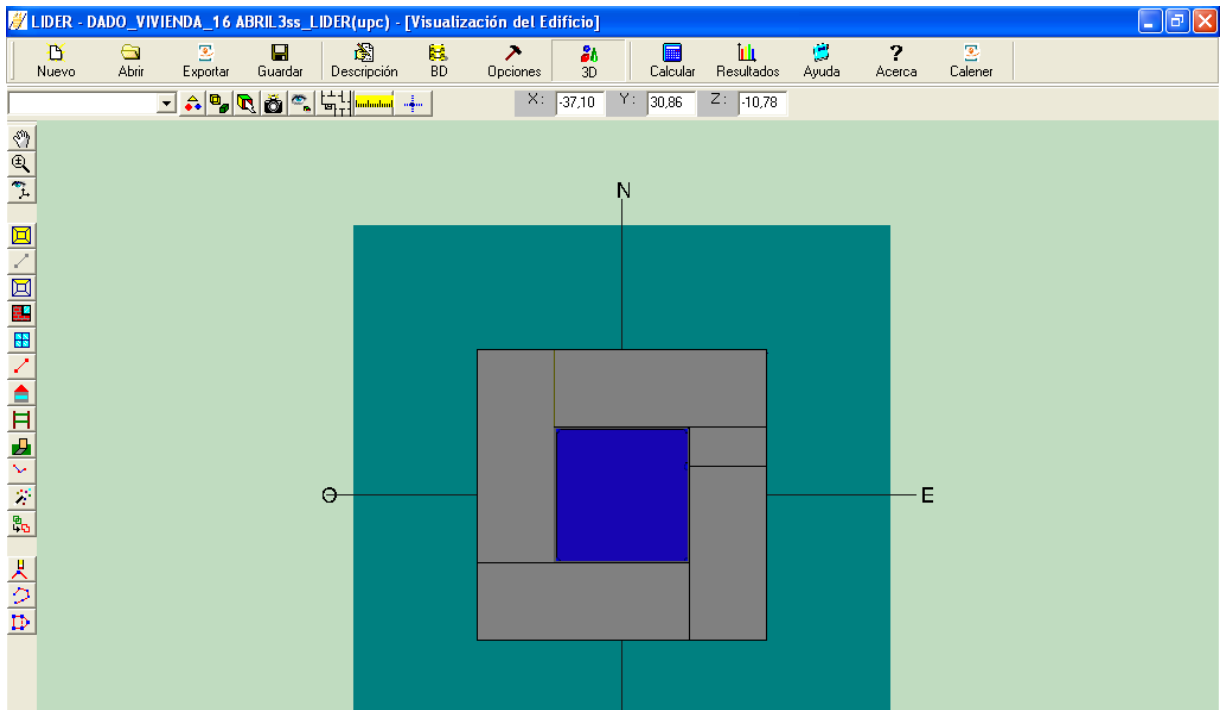


Figura B.1-4 Pantalla introducció dades geomètriques. Definició polígons LIDER

El resultat després d'introduir els tancaments i les finestres és el següent:

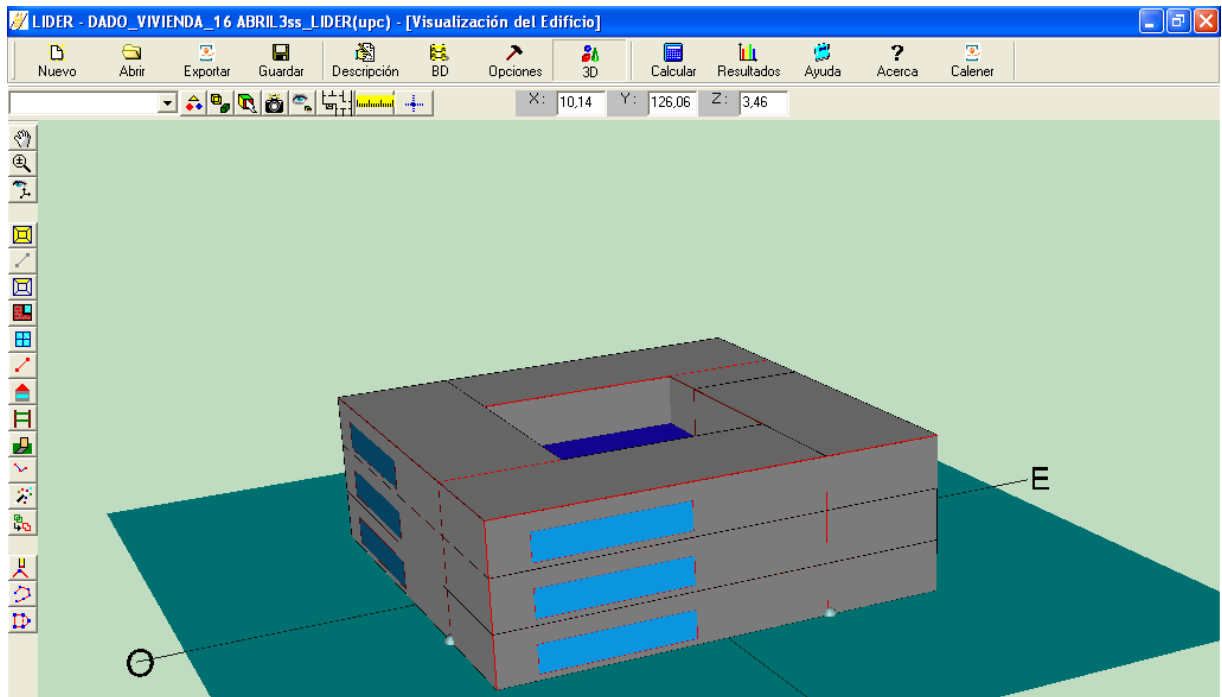


Figura B.1-5 Visió 3D de l'edifici habitatge.

Com es pot veure el procediment és força més complicat que amb el TRNSYSlite, però aquest tractament permet fer un estudi multizona i tractar edificis més complicats.

B.1.1.3 CODYBA

La introducció de les dades geomètriques és numèrica, és a dir, es defineixen les façanes, terres, sostres, parets interiors, finestres, portes, etc... indicant només la superfície d'aquests elements.

Per a cada element constructiu s'ha de definir:

- l'orientació segons els graus de desviació al azimuth. Així doncs, Nord: 180, Oest: 90, Est: 90; Sud: 0.
- Si és un mur, una sostre, un terra o altre per definir la inclinació
- Si existeixen més d'un element igual aleshores es pot definir el número d'elements iguals i no cal introduir-los un per un.
- També s'ha d'especificar si és un tancament exterior amb radiació solar, sense, exterior sense flux (adiabàtic)
- Prèviament haurem definit els materials que intervenen als tancament de l'edifici en qüestió, i per tant, ja s'està en disposició d'indicar la composició del tancament.
- És important tenir en compte que també s'ha d'especificar un tipus de "revestiment" interior i exterior que va lligat al color, etc... que dona un coeficient d'absorció i emissió i Coeficient de pèrdues (W/m^2K). Si no s'especifica aquest paràmetre el programa dóna error a l'hora de fer els càlculs. Per tant, s'han de definir tots els paràmetres.

B.1.2 Clima de l'emplaçament de l'edifici

Les dades climàtiques més rellevants pel càlcul de demanda energètica en un edifici són la temperatura de l'aire, la radiació solar i els efectes del vent.

El paràmetre més important és la radiació solar. Aquest és un dels sistemes naturals més important que faciliten l'escalfament dels habitatges. La radiació solar es divideix en radiació directa i radiació difosa. L'energia transmesa depèn de l'alçada solar i per tant existeix un comportament variable durant el dia i durant l'any.

Qualsevol programa utilitzat pel càlcul de la demanda energètica en un edifici haurà de considerar la radiació solar directa i difosa tant en un pla horitzontal com en un pla vertical considerant les variacions diàries i estacionals.

B.1.2.1 TRNSYSlite

El programa TRNSYSlite demana perfils diaris mitjos mensuals de temperatura i perfils diaris mitjos mensuals d'irradiació global en un pla horitzontal. No demana la latitud i la longitud de la localitat on es troba l'edifici. El programa fabrica a partir d'aquestes dades uns valors de radiació mitjos diaris per a cada orientació sobre un pla vertical.

TRNSYSlite és un software creat per professional alemanys i pensat per treballar amb edificis situats en aquest país. Cal doncs adaptar-lo per poder utilitzar-lo per edificis d'altres països. Cal introduir a quina zona climàtica es troba l'edifici en qüestió, es mostra un mapa d'Alemanya on clicant sobre la zona on es troba l'edifici pots definir la zona climàtica de l'edifici. El que s'ha fet per poder treballar amb un edifici d'una altre país és "enganyar" al programa associant cada zona climàtica alemanya a la zona climàtica corresponent al país en qüestió. De moment, això només s'ha fet per Catalunya, dividint en quatre zones climàtiques. Després de la instal·lació del programa, s'han de carregar els arxius corresponents a les dades climàtiques del país corresponent. Evidentment, això és un handicap però fàcilment solucionable, de fet introduint les dades una vegada ja està solucionat el problema. Cal però disposar de les dades en el format correcte, això és feina dels distribuïdors del software.

B.1.2.2 LIDER.

Les dades climàtiques d'Espanya estan introduïdes per defecte al software. Això facilita molt el càlcul a l'usuari perquè no se n'ha de preocupar. Només cal introduir la capital de província on està situat l'edifici, automàticament apareix la latitud i es pot introduir la longitud i l'altitud a la que es troba l'edifici.

No es pot introduir la ciutat on es troba exactament l'edifici, és a dir la localització exacta. Això pot portar a errors perquè les dades climàtiques poden ser sensiblement diferents a la ciutat en qüestió i la capital de província a la que pertany.

Els arxius de dades climàtiques es troben al directori "Meteorologia" però no es poden consultar.

A diferència del TRNSYSlite les dades climàtiques són de totes les capitals de província de l'estat espanyol i no només de Catalunya. Cal insistir, però, que aquesta mancança del TRNSYSlite és fàcilment solucionable segons els distribuïdors del programa a l'estat espanyol.

També cal dir que no treballa segons zones climàtiques com és el cas del TRNSYSlite.

B.1.2.3 CODYBA

S'ha de definir un arxiu on venen les dades de la zona climàtica en qüestió. Evidentment, només hi ha dades per localitats franceses. Si es vol utilitzar aquest programa s'haurien de generar arxius amb les dades climatològiques espanyoles i catalanes.

L'altra possibilitat és introduir les dades climàtiques de la zona en qüestió a mà o copiant les dades d'un arxiu excel. Si es volen introduir les dades a mà, és força laboriós. Abans d'introduir cap dada de l'edifici, s'ha de produir aquest fitxer. A l'opció "outils" – "météo". Apareix aquesta pantalla:

Les dades climatològiques necessàries són:

Generals:

- Latitud
- Coeficient de transparenta
- Fracció d'insolació
- Humitat específica (g/kg)
- Temperatura mínima
- Temperatura màxima
- Dia mínim.

Amb aquestes dades et genera un dia, setmana o any típic

O bé pots fer-lo tu amb la següent informació, horàries:

- Alçada del sol
- Azimut
- Temperatura de l'aire
- Humitat relativa
- Radiació directa horitzontal
- Radiació difusa horitzontal
- Temperatura del cel
- Velocitat del vent
- Direcció del vent.

Figura B.1-8 Pantalla introducció dades climatològiques. CODYBA

Si es vol introduir les dades horàries, d'un dia, una setmana o un any en format taula:

Mois	Jour	Heure	Temp. Air	Flux Direct	Flux Diffus	Humidité	A. Soleil	H Soleil	Temp. Ciel	Vit. V	Dir. V.
1	1	1	-1.82	0	0	100	-111	0	-13.3	0	0
1	1	2	-0.15	0	0	100	-107	0	-11.3	0	0
1	1	3	2.04	0	0	100	-101	0	-8.8	0	0
1	1	4	4.6	0	0	95.4	-93	0	-5.8	0	0
1	1	5	7.36	0	0	78.8	-84	0	-2.6	0	0
1	1	6	10.13	0	0	65.3	-74	0	0.6	0	0
1	1	7	12.72	0	0	55	-64	0	3.7	0	0
1	1	8	14.95	0	37	47.6	-53	3	6.3	0	0
1	1	9	16.68	6	64	42.6	-41	11	8.4	0	0
1	1	10	17.78	36	76	39.8	-29	17	9.7	0	0
1	1	11	18.18	67	82	38.8	-15	21	10.1	0	0

Figura B.1-9 Pantalla introducció dades climatològiques, horàries. CODYBA

B.1.3 Entorn i ombres en l'edifici

La definició d'Obstacles remots de l'edifici permet especificar la posició, mides i orientació d'aquells obstacles llunyans que sense formar part de l'edifici projecten ombres sobre aquest, per exemple, edificis adjacents.

B.1.3.1 TRNSYSlite

El programa TRNSYSlite no treballa amb l'entorn de l'edifici, però sí ho fa amb les ombres pròpies. Aquest programa calcula les ombres en una finestra provocada per la geometria de l'edifici, així com permet també la definició d'una protecció solar dels vidres variable segons les condicions de radiació incidents o de temperatura interior.

B.1.3.2 LIDER

Aquest programa sí treballa amb l'entorn de l'edifici i es poden introduir obstacles que facin ombres sobre l'edifici en estudi.

Els obstacles remots només poden ser superfícies rectangulars col·locades a l'espai respecte al sistema de coordenades global. El programa calcula l'ombra de radiació solar directa i difusa.

Adicionalment, es considera inclosa la persiana exterior si es munta en obra per protecció de la radiació solar i millora de l'aïllament. També es consideren inclosos a les finestres els dispositius d'ombra de façana (sortints laterals, voladius, "retranqueos").

L'envidrament o sistema transparent està constituït per una o més unitats que poden ser de vidre o dispositius d'ombra. Els dispositius d'ombra poden ser interiors, exteriors o interns. Les tipologies considerades són les cortines, estors i persianes venecianes de làmines horitzontals o verticals. S'ha de precisar que només es tenen en compte aquells dispositius d'ombra inclosos al projecte de l'edifici i que s'instal·lin integrats amb el sistema transparent.

B.1.3.3 CODYBA

Per definir les ombres externes, s'ha de fer l'arxiu d'ombres externes a l'edifici. Es pot llegir un fitxer que ja existeix o bé crear-ne un. L'edifici es té en compte com el centre, i l'horitzó està discretitzat en bandes de 10° segons l'azimut (-180° i 170 °); cada banda es caracteritza per una alçada angular mitja.

L' alçada angular és l'angle format per una direcció particular i la seva projecció sobre el pla horitzontal . Varia de 0° a 90°. Aquesta forma de definir les ombres és força laboriosa perquè necessites saber primer les alçades angulars. No es poden introduir de forma gràfica.

B.1.4 Càrregues internes de l'edifici

Les càrregues internes són les aportacions de calor no solars que existeixen en un edifici. Aquestes venen definides per l'ús que es fa de l'edifici. Per definir aquestes càrregues s'ha d'especificar:

- Horari d'ocupació (variació diària, setmanal i estacional)
- Ocupació. Aportació energètica dels personal que ocupa l'edifici que varia segons el nombre d'ocupants i segons el tipus d'activitat que s'hi realitza
- Ventilació: depèn del número de persones que ocupen l'edifici
- Aparells elèctrics. Aportació energètica deguda als aparells elèctrics que s'utilitzen com la il·luminació, els ordinadors,...
- Calefacció i refrigeració. Aportació energètica per aconseguir les condicions de confort.

B.1.4.1 TRNSYSlite

El programa TRNSYSlite permet l'entrada dels perfils horaris tant de l'ocupació de les persones, de les aportacions energètiques per il·luminació, de la renovació de l'aire, etc., i ho fa tant pels dies d'entre setmana com pels caps de setmana.

La introducció d'aquestes dades és relativament senzilla i permet fer variacions i veure com afecten aquestes a la demanda global de l'edifici.

B.1.4.2 LIDER

El programa LIDER no permet la introducció de les dades de càrregues internes per l'usuari. Aquest només pot introduir quin és l'ús de l'edifici.

Segons el tipus d'ús de l'edifici el programa defineix les fonts internes i el patró horari de funcionament de les instal·lacions de l'edifici en el que afecten a la demanda energètica del mateix. Aquesta dada es defineix per a cada espai per permetre un edifici multiús. El valor escollit se subministra com a valor per defecte a tots els espais de l'edifici

Es defineixen els següents tipus:

- Alta càrrega interna
- Baixa càrrega interna.

No es poden consultar directament al programa quins valors d'ocupació, ventilació, il·luminació, etc... han estat utilitzats per fer el càlcul. Se suposa que són els valors de referència que s'indiquen al CTE. En qualsevol cas, no són uns valors que puguin ser modificats per l'usuari.

B.1.4.3 CODYBA

Per definir les càrregues tèrmiques has de definir l'interior de l'edifici. Les càrregues tèrmiques que es consideren són:

- persones
- ventilació
- aparells elèctrics
- il·luminació
- calefacció.

Per definir les càrregues internes, s'ha de definir prèviament un perfil d'ús. S'ha de definir els perfils de:

- Potència infinita
- Taxa de renovació de l'aire
- Consigna d'humitat per defecte
- Consigna de temperatura per defecte
- Potència de 100 W
- Activitat constant.

Una vegada s'han definit els perfils es defineixen les càrregues internes. Si no s'han especificat prèviament el perfil d'activitat i consigna i potència no es pot incloure aquest ítem.

B.1.5 Tancaments exteriors i interiors de l'edifici

La pell de l'edifici actua com a filtre entre les condicions externes i internes per a controlar l'entrada d'aire, el calor, el fred, la llum i el soroll.

La pell de l'edifici està definida pels tancaments exteriors. Els tancaments exteriors s'utilitzen per especificar les mides i el tipus de construcció i altres propietats d'una superfície exterior (façana o coberta).

La composició tant dels tancaments exteriors com dels interiors és bàsica a l'hora d'avaluar les càrregues tèrmiques de l'edifici. Així doncs, cal definir quins materials s'utilitzen i també les propietats que els defineixen (conductivitat, densitat, C_p , gruix...) per poder calcular la transferència de calor a través de cada una de les capes que formen part del tancament.

B.1.5.1 TRNSYSlite

El programa TRNSYSlite treballa amb una base de dades de materials i composicions de murs predefinida pel programa i que no es pot modificar, ni ampliar per l'usuari, però sí pel distribuïdor.

Com s'ha dit anteriorment, aquest és un programa pensat pels edificis d'Alemanya, així doncs la base de dades és de materials utilitzats en la construcció d'aquest país. Evidentment, aquests materials són molt diferents als utilitzats a Espanya. Aquest és un problema important.

L'única manera de poder treballar amb aquest programa ha estat realitzar una base de dades amb els tancament típics de Catalunya (per tant, de moment està limitat a aquesta zona) i fer una correspondència directa amb els tancaments de la base de dades alemanya, és a dir, "s'enganya" al programa. Probablement s'haurà d'ampliar la base de dades amb tancaments tipus d'Espanya. Caldria incloure totes les solucions constructives que s'inclouen al CTE.

El que si que es pot variar amb el TRNSYSlite és el gruix de l'aïllant, jugant amb aquest valor es poden aconseguir valors de U (W/m^2K) iguals als de la composició real de l'edifici.

B.1.5.2 LIDER

Cada edifici conté els seus propis tancaments, i aquests poden haver-se definit expressament per aquest edifici, o venir de les bases de dades que manté el programa. Aquestes són dues: l'original de l'aplicació (standard) i la de l'usuari.

La primera conté els elements (materials, vidres, marcs) dels que la normativa vigent marquen les seves propietats. L'usuari no pot modificar els seus valors.

La segona és confeccionada per l'usuari per la seva pròpia comoditat, per poder mantenir la mateixa definició dels elements bàsics d'uns edificis a altres.

Aquesta és una gran avantatge respecte al TRNSYSlite. L'usuari pot definir la composició exacta dels tancaments dels seus edificis.

B.1.5.3 CODYBA

Abans s'han d'especificar els materials que componen els tancaments de l'edifici. A la biblioteca de materials. No només s'han de definir els materials dels edificis sinó també, els tipus de revestiments interiors i exteriors, vidres i tipus de gasos. Les característiques dels materials que s'han de conèixer són: conductivitat, calor específic i densitat

També s'han d'introduir les finestres. S'ha d'especificar els % de vidre, en comptes del de marc. No es considera el tipus de marc, sinó un K mitja de la finestra. També es poden incloure "retranqueos, persianes, etc.". Una vegada ja s'han introduït tots els materials que s'utilitzaran, es poden fer les composicions dels tancaments a la mateixa pantalla on es definien les característiques geomètriques.

B.1.6 Resultats

L'objectiu final de qualsevol mètode de càlcul és determinar la demanda energètica de l'edifici. La forma d'expressar aquests resultats pot variar en funció del programa utilitzat.

B.1.6.1 TRNSYSlite

Amb aquest programa obtenim tres tipus de resultats.

a.- Informe de les dades introduïdes:

- Components de l'edifici
- Càrregues internes
- Ventilació: natural i mecànica
- Calefacció
- Refrigeració.

b.- Simulació de l'evolució mensual o anual de:

- Temperatura: ambient, interior i operativa
- Demanda energètica: calefacció, refrigeració, infiltracions, ventilació, guanys solars i guanys convectius interns i externs.
- Radiació: total, difosa i per façana.

c.- Sortida gràfica dels resultats anteriors o tabulats.

La simulació es pot fer horària, de manera que els resultats obtinguts són molt detallats. Per una altra banda, no ens dóna com a resultat immediat la demanda anual total de calefacció,

refrigeració, etc... Si l'usuari està interessat en aquest resultat, haurà de fer el càlcul posteriorment.

Una altra mancança respecte al LIDER és que el programa no crea l'edifici de referència de forma automàtica per poder comparar si la demanda energètica de l'edifici objecte d'estudi és superior o inferior al de referència. Aquest problema és fàcilment solucionable ja que el programa permet fer una còpia del projecte anterior on només hauria de canviar la composició dels tancaments i finestres pels especificats al CTE. També es pot veure de forma gràfica el resultat de dues simulacions al mateix gràfic, de forma que la comparació és directa.

B.1.6.2 LIDER

A diferència del TRNSYSlite aquest programa ens dona com a resultat directe la comparació entre l'edifici en estudi i el de referència en termes de percentatge respecte la demanda energètica de calefacció i refrigeració, d'edifici de referència. Es mostra un gràfic amb els valors percentuals. És a dir, el programa crea amb les dades geomètriques de l'edifici objecte d'estudi l'edifici de referència. Els valors de demanda mensuals es poden veure en un arxiu intern de resultats

A més, també es pot accedir als resultats d'avaluació per espais. Cada espai condicionat de l'edifici en estudi es compara amb el corresponent de l'edifici de referència, tant en calefacció com en refrigeració.

Els resultats poden analitzar-se amb més detall per espais. Es fa un desglossament per conceptes de demanda energètica. S'indica en kWh/m² d'espai, els resultats de calefacció i refrigeració, dividits en guanys, pèrdues i net pels següents conceptes:

- Transmissió per tots els tancaments verticals
- Transmissió per la coberta
- Transmissió pels sòls en contacte amb el terreny.
- Radiació Solar transmesa per totes les finestres de l'espai
- Transmissió per totes les finestres de l'espai
- Fluxos deguts a les fonts internes
- Fluxos deguts a la infiltració

També es poden veure els resultats de la demanda energètica, en kWh/m² d'espai de calefacció i refrigeració, dividits en Guanys, pèrdues i net pels diferents elements exteriors de l'edifici (finestres i tancaments) així com els tancaments en contacte amb el terrenys i els tancaments interiors que separen els espais d'altres no habitables.

Tots aquests resultats es poden veure en format informe (arxiu pdf) on s'inclouen els següents punts :

1. Dades generals
2. Complimentació amb la reglamentació
3. Descripció geomètrica i constructiva
 - 3.1. Espais
 - 3.2. Composició de tancaments
 - 3.3. Materials
4. Resultats
 - 4.1. Resultats globals
 - 4.2. Resultats per espais
5. Llista de comprovació.

B.1.6.3 CODYBA

S'ha d'escollir el temps en el que vols fer la simulació: un dia, una setmana, varies setmanes, un any etc...Els resultats es graven en un arxiu ".rtf" que després es pot obrir amb l'Excel.

Els resultats que dona la simulació són:

- Potència latent de l'edifici
- Potència sensible de l'edifici
- Radiació directa horitzontal
- Radiació difusa horitzontal
- Humitat relativa de l'aire
- Temperatura de l'aire
- Potència sensible interior
- Temperatura resultant interior
- Humitat relativa de l'aire interior
- Temperatura de l'aire interior

Cada un d'aquests resultats es pot veure de forma gràfica. El mètode no és evident. Aquests resultats també es poden tenir en forma de taula, i importar-la a l'excel per treballar amb les dades. Fer la suma de la demanda total, demanda per mesos, etc.

CODYBA no genera de forma automàtica l'arxiu de referència. Només s'haurà de canviar els materials utilitzats per aquells que compleixin estrictament la normativa. La comparació de resultats s'ha de fer fora del programa CODYBA. No es pot saber les demandes per tancaments, ni infiltracions, ni guanys solars per elements, etc. També crea un informe de forma automàtica amb un resum de les dades introduïdes.

B.2 Valoració qualitativa dels softwares

La valoració qualitativa, tal i com s'ha descrit a l'apartat 5.2 de Metodologia de la memòria, s'ha realitzat segons la taula de criteris descrita a la memòria. Per tal d'arribar a valorar tots els paràmetres s'han analitzat els tres softwares de forma detallada.

Taula B.2-1 Taula criteris qualitius per LIDER, TRNSYSLITE i CODYBA

CONCEPTE	NIVELL	LIDER	TRNSYSLITE	CODYBA
1.- ACCESSIBILITAT/ DISPONIBILITAT/ PRESTACIONS GENERALS				
1.1 COST PROMOTOR				
Disposició lliure	1	12		
Disposició lligada negociació				6
Disposició limitada			3	
Adquisició costosa				
1.2 QUALIFICACIÓ DE L'USUARI				
Usuari no especialista	2		6	6
Usuari especialista		3		
Usuari molt especialitzat				
1.3 IDIOMA				
Català/castellà	3	3	3	3
Altres				
1.4 SISTEMA OPERATIU				
Windows	1	12	12	12
Altres sense Windows				
1.5 EDIFICI DE REFERENCIA				
Generació automàtica	1	12		
Generació semiautomàtica				
No genera			3	3
1.6 FORMA DE CÀLCUL				
Hora – hora tot l'any	1	12	12	12
Mensuals				
Només càlculs estacionals				
1.7 ENTRADA DE DADES				
Directa de CAD	1			
Variable gràfica – numèrica				
Gràfica		6		
Numèrica			3	3
1.8 FRIENDLINESS				
Alta ergonomia	2			
Mitja ergonomia			3	3
Poc ergonòmic		1		
1.9 EXPORTABILITAT ALTRES PROGRAMES				
Format compatible amb altres programes	2	6	6	

CONCEPTE	NIVELL	LIDER	TRNSYSLITE	CODYBA
1.- ACCESSIBILITAT/ DISPONIBILITAT/ PRESTACIONS GENERALS				
Format no compatible				3
1.10 AJUDA A L'USUARI				
Ofereix ajuda sobre funcionament	2			
Ofereix ajuda sobre alternatives				
Només té manual		1	1	1
Críptic, sense cap ajuda				
TOTAL 1.		66	52	52

CONCEPTE	NIVELL	LIDER	TRNSYSLITE	CODYBA
2.- VARIABLES DE CÀLCUL				
2.1 ZONES				
Multizona.	1	12		12
Unizona			6	
2.2 CLIMA I ENTORN				
2.2.1 ORIENTACIONS				
Permet totes les orientacions.	1	12		12
Permet orientacions bàsiques			6	
Orientacions predeterminades				
2.2.2 RADIACIO I CONDICIONS EXTERIORS				
Dades específiques de Barcelona	1	12		
Entrada manual de dades			3	3
No dades de Barcelona.				
2.2.3 OMBRES				
Pròpies + projectades	1	12		12
Projectades o pròpies			6	
Introducció d'ombres calculades a banda				
No considera ombres				
2.3 CONDICIONS INTERIORS				
2.3.1 PERFILS D'USOS (ocupació)				
Perfil d'usos predeterminat per tipologia	2	6		
Permet establir perfils d'usos			3	3
No considera usos				
2.3.2 TEMPERATURES INTERIORS				
Permet definir-les acuradament	2		6	6
Permet definir-les globalment				
Valors predeterminats		1		
2.4 VOLUM I GEOMETRIA				
2.4.1 PLANTES				
Admet plantes diferents	1	12	12	12

CONCEPTE	NIVELL	LIDER	TRNSYSLITE	CODYBA
2.- VARIABLES DE CàLCUL				
No admet plantes diferents				
2.4.2 COBERTES				
Admet geometries complexes	1	12		12
Admet només geometries simples			3	
2.4.3 PATIS				
Patis caracteritzables.	1	12		
Admet l'existència de patis			6	6
No admet patis				
2.4.4 COMPOSICIÓ INTERIOR				
Admet definició acurada dels interiors	1	12	12	12
Considera estadísticament els interiors				
No considera la composició interior				
2.5 TRANSFERÈNCIA ENERGÈTICA				
2.5.1 GUANY PER RADIACIÓ				
Factor solar vidre variable	1	12	12	12
Proteccions mòbils		12	12	12
Proteccions fixes		12	12	12
Consideració ubicació fusteria		6	6	6
Admet/reconeix finestres inclinades		6	6	6
No admet proteccions solars				
2.5.2 TRANSMISSIÓ – TIPUS TANCAMENT				
Tancaments verticals variables	1	12	12	12
Cobertes variables		12	12	12
Tancaments amb "no exterior"		12	12	12
Tancaments a patis		12	12	12
2.5.3 TRANSMISSIÓ – COMPOSICIÓ TANCAMENT				
Tipus de vidre variable	1	12	12	12
Aïllants tèrmics mòbils		6	6	6
Considera colors superfícies			6	6
Llibreria ampliable de solucions		12		
Llibreria de materials lliure		12		12
Considera ponts tèrmics		12	12	12
Sense llibreria				
Llibreries no ampliables/no adequades				
2.5.4 SISTEMES DE CAPTACIÓ				
Admet i calcula sistemes passius	1	12		
TOTAL 2.		265	189	234

CONCEPTE	NIVELL	LIDER	TRNSYSLITE	CODYBA
3.- RESULTATS				
3.1 RESULTATS BÀSICS				
Dades anuals i mensuals, diàries, etc.	1		12	12
Dades mensuals		6		
Dades només anuals o estacionals				
Sense dades anuals				
3.2 FORMAT DELS RESULTATS				
Numèrics i gràfics	1	12	12	12
Només numèrics				
Només gràfics				
3.3 COMPARA AMB EDIFICI DE REFERÈNCIA				
Si	1	12		
No			3	3
TOTAL 3.		30	27	27

B.3 Avaluació de la fiabilitat dels resultats.

B.3.1 Edifici habitatge.

B.3.1.1 TRNSYSlite.

Segons s'ha comentat anteriorment, la base de dades de les solucions constructives és tancada (en principi) i per tant, ens hem d'adaptar a les que proposa el programa. Les opcions que hi apareixen són el resultat d'un estudi realitzat per l'ITEC¹ on es va arribar a les solucions més típiques a Catalunya. Per tant, s'han hagut de fer adaptacions.

En primer lloc s'especifiquen les característiques sobre les dades constructives. En aquest punt s'especifiquen les adaptacions que s'han hagut de fer per introduir aquestes dades al TRNSYSlite, considerant que la llibreria de solucions és tancada i, per tant, s'ha hagut d'escollir aquella que més s'hi assembla. També s'inclou la U dels tancaments segons la solució constructiva real.

- Coberta

Correspondència amb TRNSYSlite: Coberta tipus I

Taula B.3-1 Solució constructiva per coberta segons TRNSYSlite

Coberta amb forjat reticular				
Material	λ W/m·K	e m	R m ² K/W	U W/m ² K
Forjat reticular	1,200	0,300	0,250	
Formigó de pendents	0,090	0,150	1,667	
Membrana impermeable	0,190	0,003	0,016	
Aïllament tèrmic (poliestirè extruït)	0,033	0,050	1,515	
Grava	0,810	0,100	0,123	
Total			3,571	0,280
Total (amb gruix d'aïllament 0.03 m)				0,320
Solució constructiva real				0,330

- Façanes:

Correspondència amb TRNSYSlite: Façana exterior tipus I

Taula B.3-2 Solució constructiva per façanes segons TRNSYSlite

Façana de ladrillo visto (absortividad = 0,70)				
Material	λ W/m·K	e m	R m ² K/W	U W/m ² K
Geró (Maó calat)	0,760	0,140	0,184	
Arrebossat	1,400	0,010	0,007	
Aïllament tèrmic (poliestirè extruït)	0,033	0,050	1,515	
Cambra d'aire		0,050	0,180	
Envà de ceràmic foradat	0,490	0,040	0,082	
Enguixat + pintat	0,300	0,010	0,033	
Total			2,001	0,460
Total amb gruix d'aïllament 0.04 m				0,530
Solució constructiva real				0,580

¹ ITEC: Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya.

- Partició horitzontal:

Correspondència amb TRNSYSlite: Massive floor with screed.

Taula B.3-3 Solució constructiva per partició horitzontal segons TRNSYSlite

Partició horitzontal				
Material	λ W/m·K	e m	R m ² K/W	U W/m ² K
Total				0,830
Solució constructiva real			0,939	1,064

- Partició vertical amb pati interior.

Correspondència amb TRNSYSlite: Tancament exterior tipus 2.

Taula B.3-4 Solució constructiva per partició vertical amb pati interior segons TRNSYSlite

Partició vertical: separació vivendes - caixa escala				
Material	λ W/m·K	e m	R m ² K/W	U W/m ² K
Gero (maho calat)	0,760	0,140	0,184	
Arrebosat	1,400	0,010	0,007	
Aïllament tèrmic	0,033	0,050	1,515	
Bloc de formigó	0,560	0,110	0,196	
Total			1,902	0,525
Solució constructiva real			1,190	0,830

Taula B.3-5 Solució constructiva per partició vertical amb caixa escala segons TRNSYSlite

Partició vertical amb caixa escala.				
Material	λ W/m·K	e m	R m ² K/W	U W/m ² K
Arrebosat exterior	1,400	0,015	0,011	
Totxana ("maó foradat")	0,490	0,140	0,286	
Aïllament tèrmic (PS extruït)	0,033	0,050	1,515	
Barrera de vapor			0	
Totxana (envà ceràmic foradat)	0,490	0,090	0,184	
Enguixat més pintat	0,300	0,010	0,033	
Total			2,029	0,492
Solució constructiva real			1,190	0,830

- Forats:

Vidre CLIMALIT con PLANITHERM'S' 6-8-6 : $U_H = 2,30$ $F_H = 0,52$

Correspondència amb TRNSYSlite: Doble 6 – 6 – 6 . Marc 10 %. Grup 2.3

A continuació, s'especifiquen les característiques geomètriques principals: àrees de façanes, cobertes, finestres, etc en format segons TRNSYSlite.

Taula B.3-6 Característiques geomètriques i constructives de l'edifici Habitatge

	Àrees totals de referència (m ²)	Solució constructiva	U (W/m ² K) TRNSYSlite	U (W/m ² K) CTE
Façana nord	187,93	Façana exterior tipus I	0,53	0,58
Façana sud	187,93			
Façana est	187,93			
Façana oest	187,93			
Finestres nord	40,66	Double 6-8-6 10 % marc grup 2,3	Climalit 6-8-6 U _h =2.30 F _h = 0.52	Climalit 6-8-6 U _h =2.30 F _h = 0.52
Finestres sud	40,66			
Finestres est	40,66			
Finestres oest	40,66			
Coberta	704	Coberta tipus I	0,32	0,33
Partició interior horitzontal	672	Massive floor with screed	0,83	1,064
Partició vertical amb pati interior	353	Façana exterior tipus I	0,53	0,58
Partició vertical caixa escales	101	Tacament interior tipus 4	0,83	0,578
Vivendes (m ²)	1344			
Volum total (m ³)	4247			

El següent pas és especificar les càrregues internes, ventilació, etc... Com s'ha dit anteriorment, segons CTE, (pag 17 del DAC) les càrregues internes associades a ús residencial són 5 W/m².

Així doncs, en l'apartat càrregues internes del TRNSYSlite els apartats: Ocupació, PC, Il·luminació artificial són igual a 0. Tota la càrrega interna s'inclou en aparells elèctrics

Ombres fixes		NO
Ombres mòbils		NO
Càrregues internes:		
Ocupació		0 p
PC		0 u
Aparells elèctrics (100 % convec.)	5 W/ m ² x 2016 m ² x 1 kW/ 1000 W	10,08 kW
Il·luminació artif. (20 % convec.)		0 W/ m ²
Ventil·lació		0.5 /h
Calefacció (període off: 1417 h – 8016 h)	Tset	20 °C
Refrigeració	Tset	25 °C

L'ocupació segons CTE és 24 hores.

Per últim, cal dir que segons CTE només es considera calefacció els mesos de gener, febrer i desembre. Amb les dades anteriors, els resultats obtinguts són els següents:

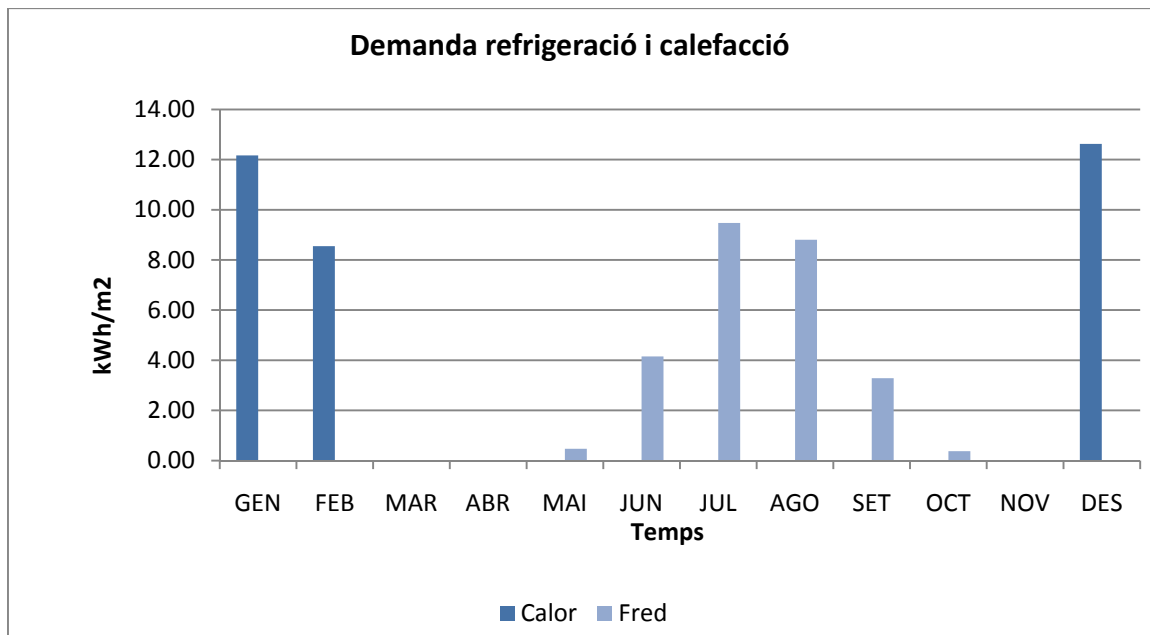


Figura B.3-1. Demanda de refrigeració i calefacció per edifici habitatge.

Taula B.3-7 Demandes mensuals de calefacció i refrigeració. Edifici habitatge.

MES	Calefacció	Refrigeració
	kW·h/m2	kW·h/m2
GEN	12,17	0,00
FEB	8,55	0,00
MAR	0,00	0,00
ABR	0,00	0,00
MAI	0,00	0,47
JUN	0,00	4,15
JUL	0,00	9,47
AGO	0,00	8,81
SET	0,00	3,28
OCT	0,00	0,38
NOV	0,00	0,00
DES	12,63	0,00
ANY	33,34	26,57

Evolució temperatures

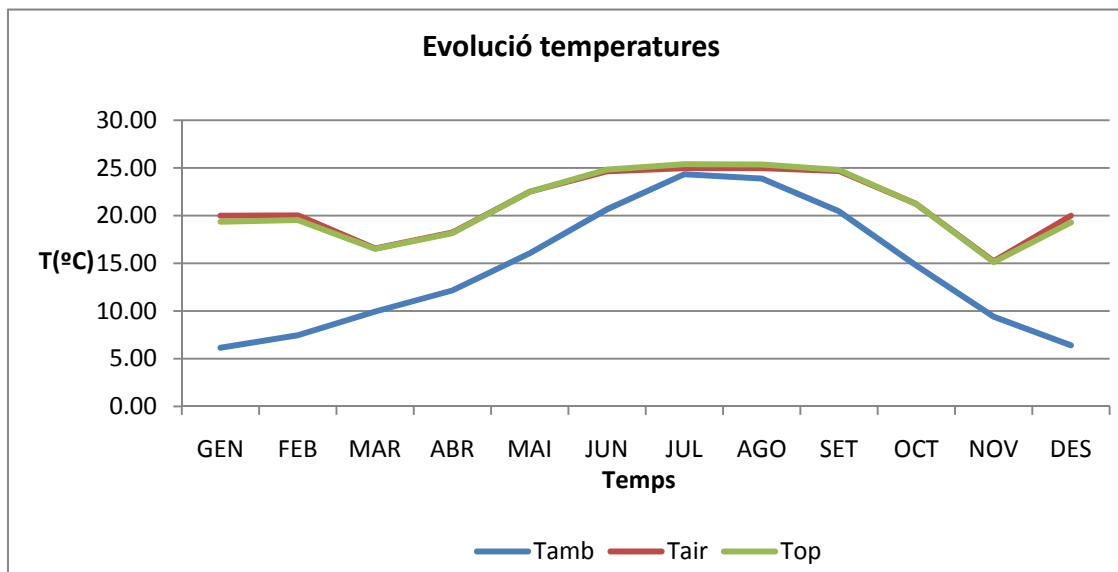


Figura B.3-2. Evolució de temperatures per edifici habitatge.

Taula B.3-8 Evolució temperatures. Edifici habitatge.

MES	Tamb	Tair	Top
	°C	°C	°C
GEN	6,15	20,00	19,36
FEB	7,45	20,02	19,54
MAR	9,95	16,56	16,52
ABR	12,15	18,23	18,16
MAI	16,05	22,51	22,51
JUN	20,66	24,64	24,82
JUL	24,35	24,98	25,40
AGO	23,90	24,98	25,37
SET	20,44	24,68	24,80
OCT	14,76	21,21	21,20
NOV	9,40	15,23	15,14
DES	6,40	20,00	19,29

B.3.1.2 LIDER

Els tipus de tancaments

Taula B.3-9 Demandes mensuals de calefacció i refrigeració. Edifici habitatge. Segons LIDER

MES	Calefacció	Refrigeració
	kW·h/m ²	kW·h/m ²
GEN	12,26	0,00
FEB	9,20	0,00
MAR	5,70	0,00
ABR	2,50	0,00

MES	Calefacció	Refrigeració
MAI	0,00	0,00
JUN	0,00	0,23
JUL	0,00	3,68
AGO	0,00	3,02
SET	0,00	0,00
OCT	0,6	0,00
NOV	7,40	0,00
DES	12,50	0,00
ANY	49,56	6,93

B.3.2 Edifici Oficines

B.3.2.1 TRNSYSlite

Seguint el mateix esquema que per l'edifici d'habitatges, primer s'especifiquen les solucions constructives adoptades en funció de les possibilitats que ofereix el programa TRNSYSlite, indicant la U de la solució constructiva real.

- Coberta

Correspondència amb TRNSYSlite: Coberta tipus 3 (Prellosa de formigó)

Taula B.3-10 Solució constructiva per coberta segons TRNSYSlite

Coberta amb forjat reticular				
Material	λ W/m·K	e m	R m ² K/W	U W/m ² K
Prellosa de formigó	1,670	0,300	0,18	
Formigó de pendents	0,090	0,150	1,667	
Membrana impermeable	0,190	0,003	0,016	
Aïllament tèrmic (poliestirè extruït)	0,033	0,050	1,515	
Grava	0,810	0,100	0,123	
Total			3,501	0,280
Total (amb gruix d'aïllament 0.01 m)				0,436
Solució constructiva real			2,279	0,438

- Façanes:

Correspondència amb TRNSYSlite: Façana exterior tipus 5. (Inclòs expressament, per tant coincideix exactament).

Taula B.3-11 Solució constructiva per façanes segons TRNSYSlite

Mur cortina (absortivitat = 0,70)				
Material	λ W/m·K	e m	R m ² K/W	U W/m ² K
Xapa acer galvanitzat	58,000	0,02	$3,4 \cdot 10^{-3}$	
Poliestirè extruït	0,032	0,050	1,562	
Xapa acer galvanitzat	58,000	0,02	$3,4 \cdot 10^{-3}$	
Total			1,562	0,640

- Partició horitzontal:

Taula B.3-12 Solució constructiva per partició horitzontal segons TRNSYSlite

Partició horitzontal				
Material	λ W/m·K	e m	R m ² K/W	U W/m ² K
Forjat de formigó	1,204	0,300	0,250	
Morter de formigó	1,400	0,040	0,028	
Terrazo	0,290	0,020	0,069	
Total			0,347	2,880

Correspondència amb TRNSYSlite: Massive floor with screed

- Partició horitzontal amb garatge

Correspondència amb TRNSYSlite: Forjat tipus I.

Taula B.3-13 Solució constructiva per partició horitzontal amb garatge segons TRNSYSlite

Partició horitzontal amb garatge				
Material	λ W/m·K	e m	R m ² K/W	U W/m ² K
Forjat reticular	1,200	0,300	0,250	
Sorra de nivellació	0,580	0,020	0,034	
Paviment terrazo – master	1,740	0,050	0,029	
Total			0,313	3,190
Total amb 0.02 m d'aïllament				0,920
			1,170	0,855

- Forats:

Vídreo CLIMALIT con PLANITHERM'S' 6-12-6: $U_H = 3.49$ $F_H = 0,68$

Correspondència amb TRNSYSlite: Double 4 – 12 – 6. Marc 10%. Grup 2.3

A continuació les característiques geomètriques de l'edifici d'oficines.

Taula B.3-14 Característiques geomètriques i constructives de l'edifici Habitatge

	Àrees totals de referència (m ²)	Solució constructiva	U (W/m ² K) TRNSYSlite	U (W/m ² K) CTE
Façana nord	311,40	Façana exterior tipus I	0,53	0,58
Façana sud	311,40			
Façana est	311,40			
Façana oest	311,40			
Finestres nord	82,50	Double 6-8-6 10 % marc grup 2,3	Climalit 6-8-6 U _h = 2,30 F _h = 0,52	Climalit 6-8-6 U _h = 2,30 F _h = 0,52
Finestres sud	82,50			
Finestres est	82,50			
Finestres oest	82,50			

	Àrees totals de referència (m ²)	Solució constructiva	U (W/m ² K) TRNSYSlite	U (W/m ² K) CTE
Coberta	900	Coberta tipus I	0,32	0,33
Partició horitzontal	900	Massive floor with screed	0,83	1,064
Partició horitzontal amb garatge	900	Forjat tipus I	0,53	0,58
Àrea total de referència	2700			
Volum total (m3)	9342			

En quant a càrregues internes, ventilació,....

Ombres fixes		NO
Ombres mòbils		NO
Càrregues internes		
Ocupació	2700 m ² x 1 persona / 12 m ²	225 p
PC		0 u
Aparells elèctrics (30 % convec.)	4.5 W/ m ² x 2700 m ² x 1 kW/ 1000 W	12,15 kW
Il·luminació artif. (20 % convec.)		4,5 W/ m ²
Ventil·lació		2 /h
Calefacció (període off: 1417 h – 8016 h)	Tset	20 °C
Refrigeració (HR: 50%)	Tset	25 °C

S'ha fet una simulació suposant de 7 a 19 hores

Segons CTE només es considera calefacció els mesos de gener, febrer i desembre.

Amb les dades anteriors, els resultats obtinguts són els següents:

Demanda de calor i fred

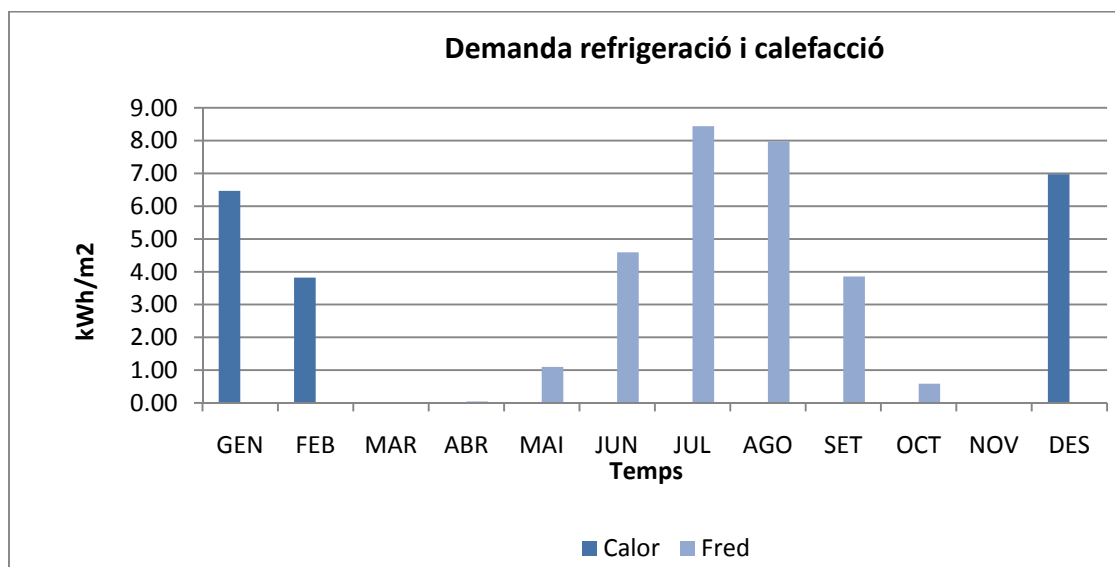


Figura B.3-3. Demanda de refrigeració i calefacció per edifici d'oficines. Ocupació: 7 – 15 h.

Taula B.3-15 Demandes mensuals de calefacció i refrigeració. Edifici oficines, període ocupació: 7 –15 h

MES	Calefacció kW·h/m ²	Refrigeració kW·h/m ²
GEN	6,47	0,00
FEB	3,82	0,00
MAR	0,00	0,00
ABR	0,00	0,04
MAI	0,00	1,10
JUN	0,00	4,59
JUL	0,00	8,44
AGO	0,00	7,98
SET	0,00	3,86
OCT	0,00	0,59
NOV	0,00	0,00
DES	6,97	0,00
ANY	17,26	26,59

Per un període d'ocupació de 7 a 19 hores (més realista per un edifici d'oficines), els resultats són els següents:

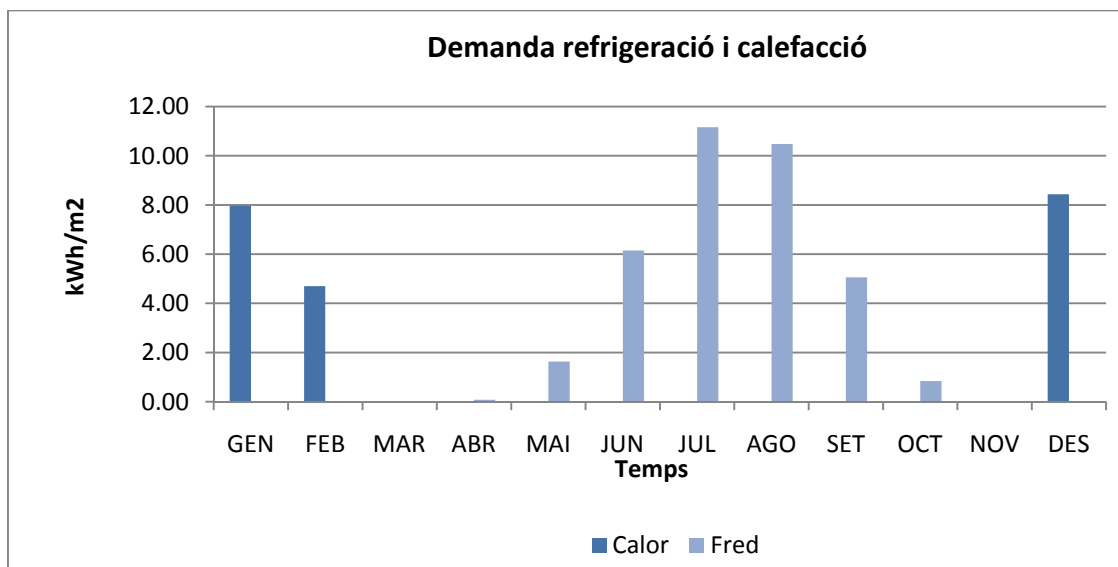


Figura B.3-4. Demanda de refrigeració i calefacció per edifici d'oficines. Ocupació: 7 – 19 h.

MES	Calefacció kW·h/m ²	Refrigeració kW·h/m ²
GEN	7,96	0,00
FEB	4,70	0,00
MAR	0,00	0,00
ABR	0,00	0,08
MAI	0,00	1,63
JUN	0,00	6,15
JUL	0,00	11,16
AGO	0,00	10,48
SEP	0,00	5,06
OCT	0,00	0,84
NOV	0,00	0,00
DEC	8,43	0,00
ANY	21,10	35,40

Taula B.3-16 Demandes mensuals de calefacció i refrigeració. Edifici oficines, període ocupació: 7 –19 h

Els resultats obtinguts amb altres softwares, segons dades dels participants del FORO són els següents:

MES	CCALEFACCIÓ (kWh/m ²)						RREFRIGERACIO (kWh/m ²)					
	ILIDER	DDOE	HHAP	TRACE	TRN Slite 7(9 a 15)	TRN Slite 7(9 a 19)	CCTE	DDOE	HHAP	TRACE	TRN Slite 7(9 a 15)	TRN Slite 7(9 a 19)
GEN	10,18	12,56		8,4	6,47	7,96						
FEB	7,29	9,45		7,1	3,82	4,70						
MAR												
ABR											0,04	0,08
MAI											1,10	1,63
JUN							4,78	10,67	12,32	4,7	4,59	6,15
JUL							9,28	14,02	12,13	9,9	8,44	11,16
AGO							8,41	13,71	12,37	10,1	7,98	10,48
SET							3,87	9,41	11,41	8,1	3,86	5,06
OCT											0,59	0,84
NOV												
DES	10,03	12,83		7,2	6,97	8,43						
Any	27,50	34,84		22,7	17,26	21,10	26,34	47,8	48,23	32,8	26,59	35,40

Els resultats són força variables amb tots els softwares. Per la simulació que correspon a un període d'ocupació de 7 a 15 hores, els resultats per a calefacció obtinguts amb TRNSYSlite són inferiors a la resta de programes. En canvi per un període d'ocupació de 7 a 19 hores, els resultats obtinguts amb TRNSYSlite són més similars als obtinguts amb el programa TRACE i amb el CTE. És important, doncs, aclarir quin és el període d'ocupació utilitzat pels diferents programes.

Cal destacar que només s'ha considerat calefacció pels mesos de gener, febrer i desembre, tal com diu el nou Codi Tècnic de l'Edificació (CTE).

En el cas de la refrigeració, per un període d'ocupació de 7 a 15 els resultats obtinguts amb el TRNSYSlite coincideixen amb els obtinguts amb el CTE. Suposant una ocupació de 7 a 19 hores s'obtenen valors similars als del programa TRACE.

També cal dir que, fent la simulació per tot l'any s'obtenen valors de demanda de fred pels mesos d'abril, maig i octubre. Aquests són molt més baixos que pels mesos de juny a setembre. Per tant, en aquest cas, sembla raonable limitar el període de refrigeració als mesos de juny a setembre.

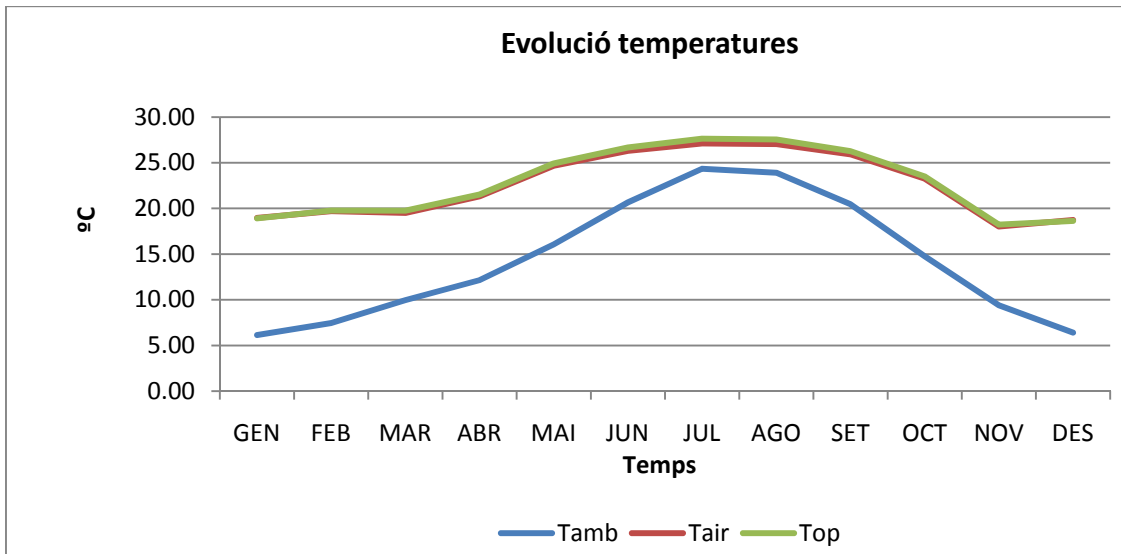


Figura B.3-5. Evolució de temperatures per edifici d'oficines.

MES	Tamb	Tair	Top
	°C	°C	°C
GEN	6,15	18,97	18,92
FEB	7,45	19,69	19,76
MAR	9,95	19,51	19,75
ABR	12,15	21,32	21,53
MAI	16,05	24,68	24,93
JUN	20,66	26,30	26,68
JUL	24,35	27,12	27,63
AGO	23,90	27,04	27,55
SET	20,44	25,92	26,27
OCT	14,76	23,25	23,50
NOV	9,40	18,01	18,24
DES	6,40	18,74	18,64

B.4 Composició de tancaments de l'edifici Tucuman.

La composició dels tancaments de l'edifici que s'utilitza al capítol 6 de la memòria per realitzar les proves de sensibilitat de l'eina CEPEC, són les següents:.

Taula B.4-1 Composició façanes exteriors

Materials	Gruix	Conductivitat
	(m)	(W/m K)
Maó massís (fàbrica)	0,14	0,87
Morter de ciment	0,01	1,40
Poliestirè extruït C 0.034	0,05	0,03
Maó foradat (fàbrica)	0,04	0,49
Guix	0,01	0,18

Taula B.4-2 Composició tancaments interiors (zones comuns i habitatges)

Materials	Gruix	Conductivitat
	(m)	(W/m K)
Guix	0,01	0,18
Maó Foradat	0,08	0,49
Maó Foradat	0,08	0,49
Guix	0,01	0,18

Taula B.4-3 Composició tancaments interiors (envans). Opció 1

Materials	Gruix	Conductivitat
	(m)	(W/m K)
Guix	0,01	0,18
Maó Foradat	0,04	0,49
Guix	0,01	0,18

Taula B.4-4 Composició tancaments interiors (envans). Opció 2

Materials	Gruix	Conductivitat
	(m)	(W/m K)
Guix	0,01	0,18
Maó Foradat	0,07	0,49
Guix	0,01	0,18

Taula B.4-5 Composició tancaments interiors (envans). Opció 3 (Pladur)

Materials	Gruix	Conductivitat
	(m)	(W/m K)
Guix	0,02	0,18
Cambrà d'aire	0,046	0,49
Guix	0,02	0,18

Taula B.4-6 Composició forjat sobre local no calefactat

Materials	Gruix	Conductivitat
	(m)	(W/m K)
Terrazo (Formigó densitat mitja)	0,03	1,15
Morter	0,04	1,40
Poiestirè extruït C 0.034	0,04	0,03
Forjat ceràmic	0,21	0,95
Guix	0,01	0,18

Taula B.4-7 Composició forjat entre habitatges

Materials	Gruix	Conductivitat
	(m)	(W/m K)
Terrazo (Formigó densitat mitja)	0,03	1,15
Morter	0,04	1,40
Forjat ceràmic	0,21	0,95
Guix	0,01	0,18

Taula B.4-8 Composició coberta

Materials	Gruix	Conductivitat
	(m)	(W/m K)
Baldosin català	0,02	1,05
Formigó. Massa àrids ord. Sense vibrar	0,05	1,16
Poliestirè expandit tipus IV	0,06	0,04
Impermeabilitzant	0	0,23
Morter de ciment	0,01	1,40
Forjat ceràmic	0,2	0,95
Guix	0,01	0,18

Taula B.4-9 Composició finestres

Materials	Conductivitat
	(W/m K)
Doble vidre clar 6-6-Aire	3,10
Marc fusta	5,88

Annex C. Protocol per a la qualificació energètica d'edificis d'ús majoritari: residencial, aplicant la metodologia CEPEC

C.1 Definició

Es defineix com: **ETIQUETA ENERGÈTICA D'UN EDIFICI**, al resultat d'una puntuació que va des de la A (edifici més eficient) fins a la G (edifici més ineficient), que se li atorga a un edifici en funció del seu previst consum energètic respecte un edifici de referència. D'aquesta manera les variables que afecten a la puntuació energètica de l'edifici són:

- la seva orientació i entorn
- la seva arquitectura i solucions bioclimàtiques
- els materials utilitzats en la seva construcció
- les instal·lacions d'ACS, calefacció, refrigeració, cuina, etc.. que disposaran els habitatges 'de sèrie'
- Els sistemes d'energies renovables que l'edifici contingui o no

C.2 Preliminars

Aquesta metodologia només es aplicable a edificis d'ús majoritari RESIDENCIAL

Per aplicar la metodologia es necessiten dos programes informàtics:

- 1) El programa LIDER, desenvolupat per AICIA - Grup de Termotècnia per a la Dirección General de Arquitectura y Política de Vivienda del Ministerio de la Vivienda y el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. Aquest software és d'accés gratuït i es pot trobar a la web: www.codigotecnico.org/esp/programas.htm.
- 2) El programa de CERTIFICACIÓ ENERGÈTICA (en format d'EXCEL) desenvolupat pel grup d'experts del CEPEC

El primer programa dona els resultats de la demanda de calefacció i refrigeració del edifici introduït (edifici OBJECTE) i d'un hipotètic edifici de REFERÈNCIA que és el mateix que l'edifici objecte però considerant el mínim legal permès en qüestió d'aïllaments i tancaments, etc...

El segon programa dona, després d'introduir certes variables com els equipaments de l'edifici i d'introduir els resultats del programa informàtic anterior, la puntuació final de la CERTIFICACIÓ ENERGÈTICA.


La informació requerida per aquests dos programes informàtics és la següent:

- Ubicació de l'edifici. Orientació, obstacles remots.
- Superfícies dels diferents tipus d'habitatges.
- Plànols de construcció de l'edifici: plantes, alçats i detalls constructius.
- Tancaments de l'edifici, tant exteriors com interiors: materials de construcció: tipus i característiques tèrmiques
- Finestres: dimensions, tipus de vidre i les seves característiques i en quant als marcs, % de marc respecte al total de la finestra, tipus i propietats.
- Plànols d'instal·lacions (ACS, calefacció, refrigeració, tipus de cuina, sistemes solars, etc..)
- Característiques de les instal·lacions dels habitatges

C.3 Passos

Els passos a seguir són els següents:

PAS	DEFINICIÓ	TEMPS INVERTIT (hores:minuts)
A	Interpretació de la documentació de l'edifici	
B	Introducció al lider de l'edifici de objecte	
C	Simulació amb lider de l'edifici objecte	
D	Introducció al programa de certificació (l'excel) de les dades necessàries	
E	FINAL DEL PROCÈS sumar el temps ->	Total =



OMPLIR

NOTA: com la metodologia està en procés de prova pilot, es demana que anotar a la taula anterior el temps invertit en cada pas dels següents a efectes de valorar l'aplicabilitat de la metodologia en el món professional.

Amb la intenció de que el temps de cada PAS pugui ser comparable entre diferents persones acollides a la prova pilot, s'apliquen les següents recomanacions:

Abans de 'posar en marxa el cronòmetre' l'usuari s'haurà familiaritzat amb els dos programes informàtics fent proves amb aquests

- **PAS A:** cronometrar el temps necessari per interpretar tota la documentació de l'edifici, així com el temps invertit en localitzar o preparar la informació que després serà demanada pels programes informàtics.
- **PAS B:** cronometrar el temps invertit en introduir tota la informació necessària al programa LIDER, segons les simplificacions descrites en l'annex
- **PAS C:** un cop completat el pas B, cronometrar el temps utilitzat per l'ordinador en simular i obtenir els resultats que dona el programa LIDER tant per l'edifici REFERÈNCIA com per l'edifici OBJECTE
- **PAS D:** cronometrar el temps invertit en introduir totes les dades necessàries al programa d'Excel de CERTIFICACIÓ

C.4 Pas D – descripció del programa de certificació:

A continuació es descriuen els passos a seguir per completar el PAS D.

El programa de CERTIFICACIÓ ENERGÈTICA D'EDIFICIS consta de 3 fulles d'EXCEL que són les principals per omplir i obtenir la puntuació energètica. Aquestes fulles són:

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data and structure:

QUALIFICACIÓ	Tipus principal	Tipus d'obra	Data	Referència	QUALIFICACIÓ PROFESSIONAL
ENVIAT A LA D'EDIFICI	Habitatge	NOVA	300604	30000X	E

DADES GENERALS

Localitat: _____
 Adreça del projecte: _____
 Promotor: _____ Email contacte: mooco Tel. de contacte: _____
 Autor de la qualificació: _____ Email contacte: mooco Tel. de contacte: _____

TIPIUS D'US PRINCIPAL

Tipus d'ús: [dropdown]

TIPIUS D'EDIFICI

06 PRINCIPAL: HABITATGE					
		Tipus 1	Tipus 2	Tipus 3	Tipus 4
Unitat/m²					
en línia		4	20	16	1
entre col·legers					
entre col·legers		2	3	4	5
entre col·legers		45	45	95	100
en teixera					
Nombre total d'habitatges		50			
Total ocupació		3328 m²			
Total línia habitatges		3328 m²			

ALTRES USOS (m² totals)

Us	m² totals
Locals	428
Oficines	273
Garatges	0
Altres	0
TOTAL	699 m²

ESPAIS COMUNS

	m² totals
Vestíbul, escalers, ascensors, etc.	0
Altres	0
TOTAL	427 m²

SUPERFICIE HABITATGE I ESPAIS COMUNS: 3762 m²

OBSERVACIONS

RESULTATS DE LA CERTIFICACIÓ

A continuació es descriuen cadascuna d'aquestes fulles. S'indiquen amb les àrees a omplir per l'usuari n els passos numerats.

0.0 USUARI 0

QUALIFICACIÓ ENERGÈTICA D'EDIFICIS	Habitatge	NOVA	data	referència	QUALIFICACIÓ PROVISIONAL	E
------------------------------------	-----------	------	------	------------	--------------------------	---

DADES GENERALS

Nom del projecte: NOM

Localitat: LOCALITAT

Adreça del projecte: ADREÇA

Promotor: PROMOTOR

Autor del projecte: AUTOR PROJ.

Autor de la qualificació: AUTOR QUALIFIC.

E-mail contacte: -MAIL

Tel. de contacte: TELÈFON

TIPUS D'US PRINCIPAL

Tipus d'ús: Habitatatge

TIPUS D'EDIFICI

Unifamiliar: aïllat, en filera, entre mitgeres

Plurifamiliar: bloc aïllat, entre mitgeres, en testera

US PRINCIPAL: HABITATGE

	Tipus 1	Tipus 2	Tipus 3	Tipus 4	Tipus 5
# habitatges	10	20	30	40	50
persones/hab	1	2	3	4	5
m2/hab útils	30	40	50	60	70

Total ocupació: 550 pers./edifici

Total àrea habitatges: 8500 m2

ALTRES USOS (m² totals)

Us	m² totals
Locals	1000
Oficines	500
Garatges	0
Altres	0

ESPAIS COMUNS

Vestíbul, escales, ascensors, e	100
Altres	0

TOTAL: 100 m2

TOTAL: 1500 m2

SUPERFÍCIE HABITATGE I ESPAIS COMUNS: 8600 m2

OBSERVACIONS

RESULTATS DE LA QUALIFICACIÓ

Consum D'ENERGIA PRIMÀRIA de l'edifici objecte i de referència

EMISSIONS DE GASOS D'EFFECTE HIVERNACLE de l'edifici objecte i de referència

Signatura Promotor: _____

Signatura Arquitecte: _____

Segell/Signatura Entitat de Certificació: _____

1 Introduir l'ús principal de l'habitatge de l'edifici (HABITATGE en aquest cas), el tipus d'obra (NOVA o REHABILITACIÓ) i la data de simulació

2 Introducció de les dades del projecte i persones vinculades a la construcció/projecte

3 *Introducció del tipus d'edifici: UNIFAMILIAR/PLURIFAMILIAR, i els seus subcategories
* Introducció dels diferents tipus d'habitatges de l'edifici (màxim 5 tipus diferents)

4 * Introduir la superfície sota de l'edifici de usos NO residencials
* Introduir la superfície de l'edifici dels ELEMENTS COMUNS

5 Indicar observacions a destacar o que es vulguin ressaltar de l'edifici



0.1 USUARI 1

DEMANDA DE CALEFACCIO I REFRIGERACIO				
DANYS DEL CAL·LEFACCIO I REFRIGERACIO PER HABITATGE				
EDIFICI OBJECTE	CALEFACCIO		REFRIGERACIO	
	ENERGIA	PREU	ENERGIA	PREU
1001	10.0	0.0	10.0	0.0
1002	8.4	0.0	8.4	0.0
1003	10.0	0.0	10.0	0.0
1004	10.0	0.0	10.0	0.0
1005	10.0	0.0	10.0	0.0
1006	10.0	0.0	10.0	0.0
1007	10.0	0.0	10.0	0.0
1008	10.0	0.0	10.0	0.0
1009	10.0	0.0	10.0	0.0
1010	10.0	0.0	10.0	0.0
1011	10.0	0.0	10.0	0.0
1012	10.0	0.0	10.0	0.0
1013	10.0	0.0	10.0	0.0
1014	10.0	0.0	10.0	0.0
1015	10.0	0.0	10.0	0.0
1016	10.0	0.0	10.0	0.0
1017	10.0	0.0	10.0	0.0
1018	10.0	0.0	10.0	0.0
1019	10.0	0.0	10.0	0.0
1020	10.0	0.0	10.0	0.0
1021	10.0	0.0	10.0	0.0
1022	10.0	0.0	10.0	0.0
1023	10.0	0.0	10.0	0.0
1024	10.0	0.0	10.0	0.0
1025	10.0	0.0	10.0	0.0
1026	10.0	0.0	10.0	0.0
1027	10.0	0.0	10.0	0.0
1028	10.0	0.0	10.0	0.0
1029	10.0	0.0	10.0	0.0
1030	10.0	0.0	10.0	0.0
1031	10.0	0.0	10.0	0.0
1032	10.0	0.0	10.0	0.0
1033	10.0	0.0	10.0	0.0
1034	10.0	0.0	10.0	0.0
1035	10.0	0.0	10.0	0.0
1036	10.0	0.0	10.0	0.0
1037	10.0	0.0	10.0	0.0
1038	10.0	0.0	10.0	0.0
1039	10.0	0.0	10.0	0.0
1040	10.0	0.0	10.0	0.0
1041	10.0	0.0	10.0	0.0
1042	10.0	0.0	10.0	0.0
1043	10.0	0.0	10.0	0.0
1044	10.0	0.0	10.0	0.0
1045	10.0	0.0	10.0	0.0
1046	10.0	0.0	10.0	0.0
1047	10.0	0.0	10.0	0.0
1048	10.0	0.0	10.0	0.0
1049	10.0	0.0	10.0	0.0
1050	10.0	0.0	10.0	0.0
1051	10.0	0.0	10.0	0.0
1052	10.0	0.0	10.0	0.0
1053	10.0	0.0	10.0	0.0
1054	10.0	0.0	10.0	0.0
1055	10.0	0.0	10.0	0.0
1056	10.0	0.0	10.0	0.0
1057	10.0	0.0	10.0	0.0
1058	10.0	0.0	10.0	0.0
1059	10.0	0.0	10.0	0.0
1060	10.0	0.0	10.0	0.0
1061	10.0	0.0	10.0	0.0
1062	10.0	0.0	10.0	0.0
1063	10.0	0.0	10.0	0.0
1064	10.0	0.0	10.0	0.0
1065	10.0	0.0	10.0	0.0
1066	10.0	0.0	10.0	0.0
1067	10.0	0.0	10.0	0.0
1068	10.0	0.0	10.0	0.0
1069	10.0	0.0	10.0	0.0
1070	10.0	0.0	10.0	0.0
1071	10.0	0.0	10.0	0.0
1072	10.0	0.0	10.0	0.0
1073	10.0	0.0	10.0	0.0
1074	10.0	0.0	10.0	0.0
1075	10.0	0.0	10.0	0.0
1076	10.0	0.0	10.0	0.0
1077	10.0	0.0	10.0	0.0
1078	10.0	0.0	10.0	0.0
1079	10.0	0.0	10.0	0.0
1080	10.0	0.0	10.0	0.0
1081	10.0	0.0	10.0	0.0
1082	10.0	0.0	10.0	0.0
1083	10.0	0.0	10.0	0.0
1084	10.0	0.0	10.0	0.0
1085	10.0	0.0	10.0	0.0
1086	10.0	0.0	10.0	0.0
1087	10.0	0.0	10.0	0.0
1088	10.0	0.0	10.0	0.0
1089	10.0	0.0	10.0	0.0
1090	10.0	0.0	10.0	0.0
1091	10.0	0.0	10.0	0.0
1092	10.0	0.0	10.0	0.0
1093	10.0	0.0	10.0	0.0
1094	10.0	0.0	10.0	0.0
1095	10.0	0.0	10.0	0.0
1096	10.0	0.0	10.0	0.0
1097	10.0	0.0	10.0	0.0
1098	10.0	0.0	10.0	0.0
1099	10.0	0.0	10.0	0.0
1100	10.0	0.0	10.0	0.0

Punt de ventilació exterior per habitatge amb façana exterior orientada a més de 30% d'habitatges.
 Punt de ventilació exterior per habitatges amb façana exterior orientada a més de 30% d'habitatges.
 Punt de ventilació exterior amb façana exterior (part de ventilació a més de 30% d'habitatges).
 Punt de ventilació exterior amb façana exterior i conducte de ventilació amb element de control d'espais d'entrada a més de 30% d'habitatges.
 Punt de ventilació exterior (sistema de ventilació amb element de control d'espais d'entrada a més de 30% d'habitatges).
 Galeries o ventiladors col·locats a Sud-Est, amb possibilitat de ventilació a través de superfície > 40% de la façana, sense sistema conducte de distribució de calor cap a la resta de l'habitatge, residencial o estalvi a més de 30% d'habitatges.
 Galeries o ventiladors col·locats a Sud-Est, amb possibilitat de ventilació a través de superfície > 40% de la façana, amb sistema conducte de distribució de calor cap a la resta de l'habitatge, residencial o estalvi a més de 30% d'habitatges.
 Instal·lació de sistemes de climatització.
 Control de ventilació preinstal·lat a l'habitatge.
 Instal·lació d'equips de control de pressió de sistemes peninsulars (protecció aïllada, ventilació i control de pressió...).
 Instal·lació d'equips de control de pressió de sistemes peninsulars (protecció aïllada, ventilació i control de pressió...).

DANYS DELS DISPOSITIUS D'ESTALVI PER HABITATGE				
EDIFICI OBJECTE	CALEFACCIO		REFRIGERACIO	
	ENERGIA	PREU	ENERGIA	PREU
1001	10.0	0.0	10.0	0.0
1002	8.4	0.0	8.4	0.0
1003	10.0	0.0	10.0	0.0
1004	10.0	0.0	10.0	0.0
1005	10.0	0.0	10.0	0.0
1006	10.0	0.0	10.0	0.0
1007	10.0	0.0	10.0	0.0
1008	10.0	0.0	10.0	0.0
1009	10.0	0.0	10.0	0.0
1010	10.0	0.0	10.0	0.0
1011	10.0	0.0	10.0	0.0
1012	10.0	0.0	10.0	0.0
1013	10.0	0.0	10.0	0.0
1014	10.0	0.0	10.0	0.0
1015	10.0	0.0	10.0	0.0
1016	10.0	0.0	10.0	0.0
1017	10.0	0.0	10.0	0.0
1018	10.0	0.0	10.0	0.0
1019	10.0	0.0	10.0	0.0
1020	10.0	0.0	10.0	0.0
1021	10.0	0.0	10.0	0.0
1022	10.0	0.0	10.0	0.0
1023	10.0	0.0	10.0	0.0
1024	10.0	0.0	10.0	0.0
1025	10.0	0.0	10.0	0.0
1026	10.0	0.0	10.0	0.0
1027	10.0	0.0	10.0	0.0
1028	10.0	0.0	10.0	0.0
1029	10.0	0.0	10.0	0.0
1030	10.0	0.0	10.0	0.0
1031	10.0	0.0	10.0	0.0
1032	10.0	0.0	10.0	0.0
1033	10.0	0.0	10.0	0.0
1034	10.0	0.0	10.0	0.0
1035	10.0	0.0	10.0	0.0
1036	10.0	0.0	10.0	0.0
1037	10.0	0.0	10.0	0.0
1038	10.0	0.0	10.0	0.0
1039	10.0	0.0	10.0	0.0
1040	10.0	0.0	10.0	0.0
1041	10.0	0.0	10.0	0.0
1042	10.0	0.0	10.0	0.0
1043	10.0	0.0	10.0	0.0
1044	10.0	0.0	10.0	0.0
1045	10.0	0.0	10.0	0.0
1046	10.0	0.0	10.0	0.0
1047	10.0	0.0	10.0	0.0
1048	10.0	0.0	10.0	0.0
1049	10.0	0.0	10.0	0.0
1050	10.0	0.0	10.0	0.0
1051	10.0	0.0	10.0	0.0
1052	10.0	0.0	10.0	0.0
1053	10.0	0.0	10.0	0.0
1054	10.0	0.0	10.0	0.0
1055	10.0	0.0	10.0	0.0
1056	10.0	0.0	10.0	0.0
1057	10.0	0.0	10.0	0.0
1058	10.0	0.0	10.0	0.0
1059	10.0	0.0	10.0	0.0
1060	10.0	0.0	10.0	0.0
1061	10.0	0.0	10.0	0.0
1062	10.0	0.0	10.0	0.0
1063	10.0	0.0	10.0	0.0
1064	10.0	0.0	10.0	0.0
1065	10.0	0.0	10.0	0.0
1066	10.0	0.0	10.0	0.0
1067	10.0	0.0	10.0	0.0
1068	10.0	0.0	10.0	0.0
1069	10.0	0.0	10.0	0.0
1070	10.0	0.0	10.0	0.0
1071	10.0	0.0	10.0	0.0
1072	10.0	0.0	10.0	0.0
1073	10.0	0.0	10.0	0.0
1074	10.0	0.0	10.0	0.0
1075	10.0	0.0	10.0	0.0
1076	10.0	0.0	10.0	0.0
1077	10.0	0.0	10.0	0.0
1078	10.0	0.0	10.0	0.0
1079	10.0	0.0	10.0	0.0
1080	10.0	0.0	10.0	0.0
1081	10.0	0.0	10.0	0.0
1082	10.0	0.0	10.0	0.0
1083	10.0	0.0	10.0	0.0
1084	10.0	0.0	10.0	0.0
1085	10.0	0.0	10.0	0.0
1086	10.0	0.0	10.0	0.0
1087	10.0	0.0	10.0	0.0
1088	10.0	0.0	10.0	0.0
1089	10.0	0.0	10.0	0.0
1090	10.0	0.0	10.0	0.0
1091	10.0	0.0	10.0	0.0
1092	10.0	0.0	10.0	0.0
1093	10.0	0.0	10.0	0.0
1094	10.0	0.0	10.0	0.0
1095	10.0	0.0	10.0	0.0
1096	10.0	0.0	10.0	0.0
1097	10.0	0.0	10.0	0.0
1098	10.0	0.0	10.0	0.0
1099	10.0	0.0	10.0	0.0
1100	10.0	0.0	10.0	0.0

PUNTS DE CONSUM
 ANUL·LEI D'ESTALVI D'ENERGIA
 Dependència d'energia per cada punt de consum
 Tipus:
 Dependència d'energia per cada punt de consum:
PUNTS DE CONSUM D'ASSECADORA DE GAS
 Dependència de control de la pressió en cada habitatge?

CONDICIONS D'INSTAL·LACIONS
 TIPUS DE CUINA:
 TIPUS DE FORN:
 TIPUS DE GAS:
 PREINSTAL·LACIONS:
 Rentadora bitèrmica
 Rentavaixelles bitèrmica
 Rentadora de gas
 Espai per estendre la roba dins de cada un dels habitatges

En VERMELL: opció que NO és necessari d'omplir segons les opcions escollides anteriorment

8 Introdurir la DEMANDA de CALEFACCIO I REFRIGERACIO tant de l'edifici OBJECTE com de l'edifici de REFERÈNCIA segons el programa informàtic LIDER. Introdurir les xifres per cada mes i en kWh/m2

7 Segons pertorqui: NO MARCAR CAP OPCIO o Marcar UNA ÚNICA OPCIO

6 Segons pertorqui: NO MARCAR CAP OPCIO o Marcar UNA ÚNICA OPCIO

5 Segons pertorqui: MARCAR o NO MARCAR la opció

10 Segons pertorqui: MARCAR o NO MARCAR la opció

11 Segons pertorqui: NO MARCAR CAP OPCIO o Marcar UNA ÚNICA OPCIO

12 * Seleccionar si les AIXETES de RENTAMANS tenen o no dispositius d'estalvi (i quin tipus si en tenen).
 * Seleccionar si les DUTXES dels habitatges tenen o no aixetes TERMOESTÀTIQUES preinstal·lades
 * Seleccionar si ALTRES PUNTS DE CONSUM disposen o no de dispositius d'estalvi (i de quin tipus si en tenen).
 * Indicar si cada habitatge disposa de sistema de control de pressió de l'aigua

13 * Introdurir el tipus de CUINA (FOGONS) venen instal·lats als habitatges
 * Introdurir el tipus de FORN que vindrà preinstal·lat als habitatges
 * Introdurir (en cas de FOGONS i/o FORN amb gas) el TIPUS DE GAS utilitzat: GAS NATURAL / GLP (BUTÀ)
 * Indicar si els habitatges tindran preinstal·lacions de: RENTADORA BITÈRMICA, RENTAVAIXELLES BITÈRMICA
 * Indicar si els habitatges tenen preinstal·lacions d'ASSECADORA DE GAS
 * Indicar si els habitatges tenen ESPAI PER ESTENDRE LA ROBA DINS DE CADASCUN DELS HABITATGES



0.2 USUARI 2

XARXA DE DISTRIBUCIÓ			
<input type="checkbox"/> Ha connectat a una XARXA DE DISTRIBUCIÓ TERMICA externa a l'edifici. Tipus de combustible: ACS, CALEFACCIÓ I REFRIGERACIÓ			
SISTEMES D'ENERGIES RENOVABLES			
SISTEMA D'ENERGIA SOLAR TERMICA Fecció o calor al demando d'ACS: 0% Fecció o calor i demanda de calefacció: 0% Fecció o calor i demanda de refrigeració: 0%			
SISTEMA D'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA Producció Energètica anual del sistema: 0 kWh			
SISTEMA D'ENERGIA EOLICA (AEROGENERADORS) Producció Energètica anual del sistema: 0 kWh			
SISTEMA DE PRODUCCIÓ ELÈCTRICA AMB BIOMASSA Producció Energètica anual del sistema: 0 kWh			
SISTEMA DE COGENERACIÓ			
<input type="checkbox"/> Ha sistema de cogeneració?			
TIPUS DE COMBUSTIBLE Tipus de Combustible: Gas Natural			
BALANÇ ELÈCTRIC DE L'EDIFICI SEGONS PROJECTE DE COGENERACIÓ			
Q _m	Consum de combustible	0,000	kWh
E _m	Generació no autoritzada per l'edifici	0,000	kWh
E _{exp}	Generació no produïda per sistema de cog	0,000	kWh
E _{imp}	Generació no exportada per l'edifici	0,000	kWh
E _{exp}	Generació no importada per l'edifici	0,000	kWh
ALERTES: <input type="checkbox"/> exportada > E _{exp} produïda			
APROFITAMENT DE CALOR ÚTIL			
C _{acs}	Calor per a producció de ACS	0	kWh
C _{cal}	Calor per a producció de CALEFACCIÓ	0	kWh
C _{ref}	Calor per a producció de REFRIGERACIÓ	0	kWh

14 Marcar la opció si l'edifici es connecta a un sistema d'escalfament d'ACS, calefacció i refrigeració mitjançant **XARXA DE DISTRIBUCIÓ TERMICA** externa a l'edifici.
NOTA: Si aquesta opció està marcada, no s'haurà d'omplir la informació del **PUNT 17** al **PUNT 23** (amb la opció de xarxes marcada no és possible tenir equips de cogeneració, ni escalfament d'ACS, ni calefacció ni refrigeració).

15 Si l'edifici disposa d'un sistema **SOLAR TÈRMIC** per ACS, i/o **CALEFACCIÓ** i/o **REFRIGERACIÓ**, assenyalar el % de fracció solar per cadascun dels usos i segons indiqui projecte del sistema solar, en cas negatiu posar ZERO.

15 Si l'edifici disposa de sistema: **FOTOVOLTAIC**, **PETIT SAEROGENERADOR/s** (molins de vent), i/o producció d'energia elèctrica amb caldera de **BIOMASSA**, indicar la producció **ELECTRICA ANUAL** (segons el projecte de la instal·lació). En cas de no disposar d'algun o tots els sistemes posar ZERO a les caselles que correspongui.

17 Marcar si l'edifici disposa d'un equip de **COGENERACIÓ**. **NOTA:** no poden estar marcades al mateix temps el punt 14 i aquest punt, s'obindrà un missatge d'advertència.

18 Només omplir en cas de que l'edifici efectivament disposi d'un equip de **COGENERACIÓ**.
 * Indicar el tipus de combustible: **GAS NATURAL / GLP**
 * Omplir les xifres: **Consum de combustible (Q_m)**, **Electricitat produïda pel sistema de cogeneració (E_m)** i **Electricitat exportada per l'edifici (E_{exp})** que han de figurar al projecte del sistema de cogeneració
 * Omplir les xifres: **Calor per a producció d'ACS (C_{acs})**, **Calor per a producció de Calefacció (C_{cal})** i **Calor per a producció de Refrigeració (C_{ref})** que han de figurar al projecte del sistema de cogeneració

NOTA: per més detalls veure el document:
[Etiquetatge i Certificació Energètica d'Edificis](#)
EDIFICI DE REFERÈNCIA
 25 d'Octubre de 2004
 Adjuntat a l'ANNEX d'aquest document



0.2 USUARI 2

SISTEMA DE CALEFACCIÓ

PRODUCCIÓ

Tipus de instal·lació:

Equip de producció d'aigua calenta:

Potència del equip:

Contribució al cost:

El combustible no es correspon amb l'equip escollit.

Elements de millora en la producció d'aigua calenta amb CALDERES:

INSTAL·LACIONS INDIVIDUALS:

Caldera d'energia elèctrica amb consum de fons per instal·lació (aigua de, aigua sense plom)

Caldera estanca amb aïllament tèrmic i/o en aïllament acústic

Caldera estanca amb aïllament tèrmic i/o en aïllament acústic

Caldera amb modulació continua i aïllament (no per a gas)

INSTAL·LACIONS COL·LECTIVES:

No s'ha disposat d'equips de producció de l'energia de la central de la caldera substituïda a la base de la central

Mitjà de regulació de temperatura amb aïllament tèrmic

Mitjà de regulació de temperatura amb aïllament acústic

REGULACIÓ

INSTAL·LACIONS INDIVIDUALS:

Sistema automàtic d'equip d'aigua de selecció regulador de la temperatura de parpallons de fregat

Amb automàtic: Equip d'aigua de selecció regulador de temperatura a la sortida a monitor

ACUMULACIÓ-DISTRIBUCIÓ

INSTAL·LACIONS INDIVIDUALS: (selecciona una de les opcions)

No ha acumulat

Amb acumulació

No ha acumulat

INSTAL·LACIONS COL·LECTIVES: (selecciona una de les opcions)

No ha acumulat

Acumulació en instal·lació de fons de la central

Equip de producció de calefacció amb:

Un cas alternatiu SI, en cas que l'equip sigui independent per calefacció o NO

SISTEMA DE CALEFACCIÓ

EMISSOR

Tipus de sistema de calefacció:

PRODUCCIÓ

Tipus de instal·lació:

Equip de producció:

Potència del equip:

Contribució al cost:

El combustible no es correspon amb l'equip escollit.

Elements de millora en la producció d'aigua calenta amb CALDERES:

INSTAL·LACIONS INDIVIDUALS:

Caldera d'energia elèctrica amb consum de fons per instal·lació (aigua de, aigua sense plom)

Caldera estanca amb aïllament tèrmic i/o en aïllament acústic

Caldera estanca amb aïllament tèrmic i/o en aïllament acústic

Caldera amb modulació continua i aïllament (no per a gas)

INSTAL·LACIONS COL·LECTIVES:

No s'ha disposat d'equips de producció de l'energia de la central de la caldera substituïda a la base de la central

Mitjà de regulació de temperatura amb aïllament tèrmic

Mitjà de regulació de temperatura amb aïllament acústic

REGULACIÓ

Un regulador mínim d'aigua Termòstat d'aïllament (controlatig tèrmic)

Un bloc de control, en aïllament tèrmic i/o en aïllament acústic, o sistema de parpallons i fregat

Sistema de control amb aïllament tèrmic i/o en aïllament acústic

Amb aïllament tèrmic i/o en aïllament acústic, el sistema es regula per a mitjà de control de temperatura

EMISSOR

Tipus de sistema de calefacció:



Selecció del sistema d'ACS (només omplir si no hi ha XARXA DE DISTRIBUCIÓ TÈRMICA: punt 14)

- * seleccionar si el sistema és **INDIVIDUAL** per habitatges / **CENTRALITZAT** a l'edifici
- * Selecciona el TIPUS d'equip de producció tèrmica instal·lat i la **POTÈNCIA** d'aquests equips (en cas de sistemes amb gas) o el **COP** d'aquests (per sistemes amb electricitat)
- * seleccionar també el tipus de combustible utilitzat **(En VERMELL: opcions que NO són necessàries d'omplir, i que varien segons les opcions escollides anteriorment)**

***INSTAL·LACIONS INDIVIDUALS/COL·LECTIVES:** Segons pertanyi: **NO MARCAR CAP OPCIÓ** o Marcar **UNA ÚNICA OPCIÓ**

***REGULACIÓ:** **NO MARCAR CAP OPCIÓ** o Marcar **UNA ÚNICA OPCIÓ**

***ACUMULACIÓ-DISTRIBUCIÓ a INSTAL·LACIONS INDIVIDUALS/COL·LECTIVES:** **NO MARCAR CAP OPCIÓ** o Marcar **UNA ÚNICA OPCIÓ**



Si l'equip d'escalfar ACS anterior també funciona com a equip de CALEFACCIÓ, posar **SI** i saltar al **PUNT 22**, en cas contrari posar **NO** i anar al **PUNT SEGUENT**.



Només necessari d'emplenar si al PUNT anterior s'ha contestat **NO**.

- * Indicar si existeix sistema de calefacció: **SI/NO**, en cas afirmatiu continuar amb aquest PUNT. En cas negatiu anar al PUNT 22.
- * Selecciona el TIPUS de SISTEMA de CALEFACCIÓ: **CENTRALITZADA/INDIVIDUAL/etc.**; **TIPUS DE CALDERA** i **Nº D'ESTRELLES**; **POTÈNCIA/COP** i **COMBUSTIBLE UTILITZAT**. **(En VERMELL: opcions que NO són necessàries d'omplir, i que varien segons les opcions escollides anteriorment)**

***MARCAR ELS ELEMENTS DE MILLORA DE QUE DISPOSI LA CALDERA EN INSTAL·LACIONS INDIVIDUALS/COL·LECTIVES**



* Marcar el tipus de REGULACIÓ que té el sistema de CALEFACCIÓ. **(En VERMELL: opcions que NO són necessàries d'omplir, i que varien segons les opcions escollides anteriorment)**

* Selecciona el tipus d'emissor de calor: **AIRE/RADIADOR/TERRA-PARED RADIANT/FAN-COIL**

0.2 USUARI 2

The screenshot shows a software interface with several sections:

- EXISTÈNCIA:** A dropdown menu for 'SISTEMA DE REFRIGERACIÓ' with 'SI' selected.
- PRODUCCIÓ:** Fields for 'Tipus de producció' (with a dropdown), 'COP del equip', and 'Combustible / Font energètica'.
- REGULACIÓ:** A section with three checkboxes:
 - La regulació mínima inclou:
 - un mínim de regulació disposat de mòdul controlat amb el que si en compten les temporades de les hores de servei, permetre la posada en marxa de la instal·lació als temperatures d'urgència;
 - un mòdul de progr. de variació d'una diferència i de regulació amb control independent;
 - un tipus de control, no de control amb una o més zones de programació horària.
- EMISSOR:** A dropdown menu for 'Tipus d'emissor' with 'AIRE' selected.

23 * Indicar si existeix sistema de REFRIGERACIÓ: **SI/NO**, en cas afirmatiu continuar amb aquest PUNT. En cas negatiu anar al PUNT 24.

* Seleccionar el TIPUS de SISTEMA DE REFRIGERACIÓ: **CENTRALITZADA/INDIVIDUAL/etc...**; **BOMBA DE CALOR/MÀQUINA REFREDADORA/etc...**; Seleccionar també el COP i el **COMBUSTIBLE UTILITZAT**.

* Marcar el TIPUS de REGULACIÓ del sistema de refrigeració

* Seleccionar el tipus d'emissor de fred: **AIRE/SOSTRE-PARET RADIANT/AIGUA-AIRE**

PAS E: RESULTAT FINAL – OBTENCIÓ DE LA PUNTUACIÓ DE LA CERTIFICACIÓ ENERGÈTICA

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

Grado de eficiencia energética	Habitatge	NORMA	2006/24	20000	E	2%
--------------------------------	-----------	-------	---------	-------	---	----

Below the table, there are sections for 'ALTERNATIVES' and 'RESUMEN DE LA CALIFICACION'.

0.0 USUARIO

24 ANAR A LA FULLA DE L'EXCEL [0.0 USUARI 0].

EL RESULTAT DE LA CALIFICACIÓ ENERGÈTICA DE L'EDIFICI FIGURA AL PRINCIPI DE LA FULLA A LA PART EZQUERRA AMB UNA LLETRA DE LA A "A" (edifici molt eficient energèticament parlant) LA "G" (edifici molt poc eficient energèticament parlant). El percentatge al costat dret de la LLETRA indica el percentatge d'estalvi energètic (respecte l'energia primària) de l'edifici OBJECTE, respecte l'edifici de REFERÈNCIA.

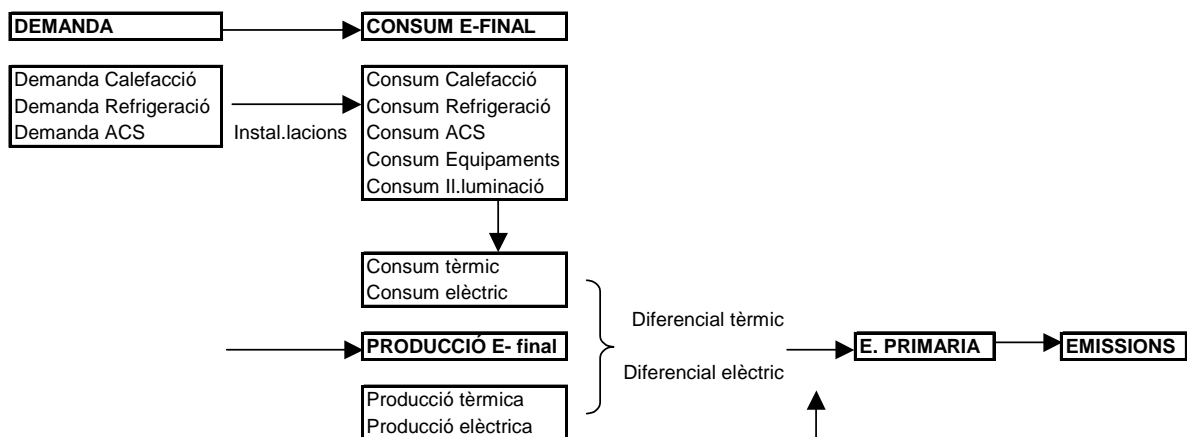
C.5 ANNEX. Edifici de referència

El present annex és una descripció detallada de la metodologia de la certificació energètica en edificis. Inclou des de la representació en diagrama de blocs del procés de certificació, aspectes que s'avaluen en la certificació, mètodes de càlcul i les referències en que es recolza la metodologia.

C.5.1 Descripció general

L'objectiu de la metodologia és obtenir una qualificació energètica de l'edifici que ens permeti conèixer quina és la bondat energètica de l'immoble mitjançant la comparació respecte amb un edifici de referència.

L'esquema de la qualificació és el que ve resumit en el diagrama de blocs:



La qualificació es basa en la comparació de l'edifici objecte amb un edifici anomenat de referència mitjançant una avaluació numèrica de l'estalvi en termes d'energia i una valoració qualitativa.

Per a l'avaluació de l'estalvi energètic de l'edifici s'utilitzen les següents eines:

Un model matemàtic, implementat en un programa d'ordinador que calcula una sèrie de característiques energètiques de l'edifici (demanda ACS, consum per usos, consum energia final, emissions de CO₂) i com para l'edifici objecte amb l'edifici de referència.

Un programa de simulació dinàmica, LIDER2, per obtenir la demanda en refrigeració i calefacció (dades que seran inputs del model matemàtic comentat anteriorment). El programa tindrà una connexió directa amb el model comentat en el punt anterior.

² Programa oficial i reconegut oficialment pel CTE, disponible al públic per a la seva lliure utilització.

C.5.2 Determinació demanda

Com es pot veure en el diagrama el primer pas en la metodologia es la determinació de la demanda en els blocs de calefacció, refrigeració (a través del programa LIDER) i ACS.

En la determinació de la demanda s'afegeixen els següents aspectes qualitatius:

Taula C.5-1. Aspectes qualitatius en la determinació de la demanda

Possibilitat de ventilació natural per habitatges passants (entre façanes exteriors) a més del 70% d'habitatges
Possibilitat de ventilació natural entre façana exterior i pati no cobert a més del 70% d'habitatges
Possibilitat de ventilació natural entre façana exterior i pati cobert a més del 70% d'habitatges
Xemeneies multi-conducte ("shunt") amb tiratge millora a més del 70% d'habitatges
Galeries o hivernacles a més del 70% d'habitatges
Murs trombe o murs captadors amb vidre a més del 70% d'habitatges

C.5.3 Determinació consum

El Consum per unitat de superfície de l'edifici serà determinat pel següent sumatori:

$$C_{total} (kWh/m^2) = C_{cal} + C_{ref} + C_{acs} + C_{ilu} + C_{equip} - Autoproducció$$

En el cas del Consum de Calefacció, el consum de refrigeració i el d'ACS, aquest es determinarà a partir de la demanda i amb el coneixement dels rendiments dels equips associats.

El consum d'equipaments i il·luminació "es determinaran mitjançant un mètode de càlcul".

Com mostra l'esquema presentat anteriorment, el consum energètic es pot classificar en dos tipus d'energia:

Energia tèrmica en kWh/m² any
Energia elèctrica en kWh/m² any

En cas de que l'edifici objecte no disposi d'instal·lacions (calefacció o refrigeració) per al tractament de la demanda, es considerarà que es satisfà el 100% de la demanda amb els equips que té assignat l'edifici de referència.

C.5.4 Energia Final – Emissions

Les Energies Finals considerades són les següents (veure Annex X les característiques de cada un d'aquests elements)

GLP
Gas Natural
Electricitat
Solar Tèrmica
Generació elèctrica sense emissions

– Electricitat

Tota l'energia elèctrica utilitzada es considerarà consumida de la xarxa amb les característiques del mix elèctric de Catalunya.

El mix de referència es fix en un determinat any de referència i com a resultat de la monitorització del PMEB. Cada 5 anys aquest s'anirà revisant i modificant.

- **Solar tèrmica**

Segons Ordenança Solar de Barcelona

- **Generació elèctrica sense emissions de CO₂**

Les instal·lacions que es consideren com a generació elèctrica renovable o lliure d'emissions de CO₂ són: fotovoltaïques i eòliques.

Es considera que la part que s'autoprodueix resta del consum energètic. En cap cas un edifici tindrà emissions negatives (més producció que consum) com a màxim serà el 100%.

C.5.5 Altres consideracions

C.5.5.1 Volum de control

El volum de control és l'edifici, si lloga el terrat a uns altres propietaris per fer una instal·lació aquesta no li pertany i per tant no compta. Si aquest edifici participa o és propietari d'una instal·lació tot i que físicament no està a l'edifici bonifica.

C.5.5.2 Energia tèrmica de district heating & cooling

Els sistemes de districte cobreixen el 100 % de la demanda ACS, CAL i REF. El model de càlcul tindrà una base de dades amb els paràmetres característics de la xarxa de districte (eficiències, factors de conversió, % equips convencionals) i per tant l'usuari únicament haurà de seleccionar a quina xarxa es troba connectat.

C.5.6 Consum d'equipaments

Per a determinar el consum en equipaments només es preguntarà a l'usuari pel tipus d'equips de cuina i de forn, altres equips com puguin ser rentadora, assecadora, rentaplats etc., no podran ser triats doncs dependran molt del futur habitant de l'immoble.

El consum dels equipaments que es consideren a l'habitatge són segons les hipòtesis que es van utilitzar al PMEB

		REFERÈNCIA
CUINA	combustible	PMEB
	Gas Natural	
	Butà	
	Electricitat	tipus cuina Halògena Resistències Inducció
		FECSA-ENDESA
FORN	combustible	PMEB
	Gas Natural	
	Butà	
	Electricitat	
PREINSTAL·LACIONS	per aparells bitèrmics	HIPÒTESI D'APLICACIÓ
	per assecadora de gas	
ZONA PER ESTENDRE	espai destinat a estendre a cada habitatge	HIPÒTESI D'APLICACIÓ

Figura C.5-1. Mètode de càlcul de consum d'equipaments

En funció del tipus de cuina i del tipus de forn , el consum assignat a aquest tipus d'equipament es veu modificat.

També es valorarà l'existència de preinstal·lacions de gas, i un percentatge d'aplicació. (no tots els habitatges que tinguin preinstal·lacions es ficaran electrodomèstics d'aquestes característiques)

El consum dels equipaments són segons les hipòtesis que es van utilitzar al PMEB.

Taula C.5-2. Consum de diferents tipus d'equipaments en vivendes, suposant un nivell de consum mig. Font: PMEB

Ús	Energia	Habitatge						
		Nivell de consum kWh/any			Energia auxiliar	Nivell de consum kWh/any		
		Baix	Mig	Alt		Baix	Mig	Alt
Cuina	Butà	900	1200	1750				
Cuina	Gas Natural	900	1200	1750				
Rentadora	Gas Natural	181	181	272	Electricitat	360	360	540
Rentavaixelles	Gas Natural	670	670	1000	Electricitat	186	186	279
Assecadora	Gas Natural	417	417	628	Electricitat	27	27	41
Cuina	Electricitat	800	1000	1400				
Rentadora	Electricitat	480	480	720				
Rentavaixelles	Electricitat	600	600	900				
Assecadora	Electricitat	420	420	624				
Refrigerador	Electricitat	480	480	540				
Televisor	Electricitat	240	240	360				
Altres	Electricitat	80	80	100				

Taula C.5-3. Consums i rendiments dels diferents tipus de cuina existents al mercat. Font: Dades Consum. PMEB Consum de diferents tipus d'equipaments en vivendes. Rendiments Publicació 1996- FECSA ENDESA. Rendiment ponderat (Rendiment fruit d'escalfar 4,5 l d'aigua a 90°C en un recipient d'acer inoxidable i fons difusor i el rendiment obtingut al mantenir 4,5 l d'aigua a una temperatura determinada durant una hora.

Tipus	Subtipus	GN	GLP	Electricitat	Rendiment
cremador de gas GN		1.200	0	0	60%
vitroceràmica	halògena			920	78%
vitroceràmica	resistències			981	73%
vitroceràmica	inducció			933	77%

Hipòtesis aplicades a les preinstal·lacions (suposar que tots aquells usuaris que disposin de preinstal·lacions, o espai per estendre la roba es beneficiaran de la bondat energètica d'aquests és molt suposar).

Aparells bitèrmics i assecadora a gas. Hipòtesi 10% instal·lació

Es considera que el percentatge d'habitatges que s'instal·len bitèrmic o assecadora de gas si hi ha preinstal·lació és del 10 %. En els aparells bitèrmics es considera un rendiment global de producció d'acs equivalent al de l'edifici de referència

Preinstal·lació domòtica. Hipòtesi 10% instal·lació

C.5.7 Demanda ACS

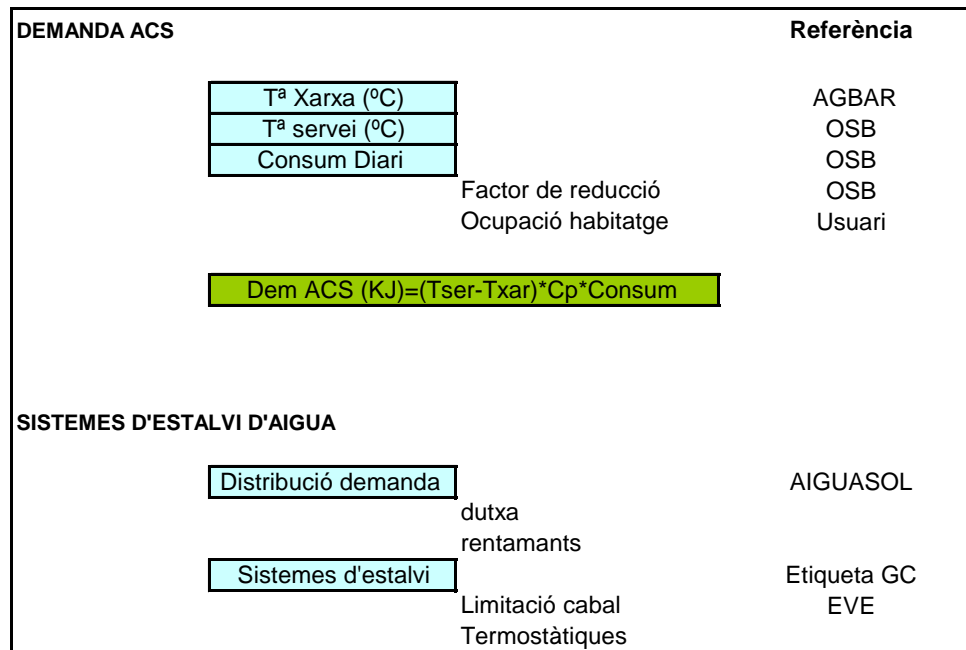


Figura C.5-2. Esquema de mètode de càlcul per la demanda ACS

Taula C.5-4 Dades de referència de la temperatura a la xarxa de distribució any 2002. Font: Aigües de Barcelona

Mes	Zona Llobregat -Ter	
	Mitjana (°C)	Variació
Gener	10	38,73%
Febrer	11,17	31,57%
Març	12,77	21,76%
Abril	14,81	9,27%
Maig	16,755	-2,65%
Juny	20,035	-22,74%
Juliol	20,82	-27,55%
Agost	20,985	-28,56%
Setembre	20,52	-25,72%
Octubre	18,935	-16,01%
Novembre	16,21	0,69%
Desembre	12,86	21,21%
	16,32	

Taula C.5-5 Dades de referència del factor de simultaneïtat. Font: Ordenança Solar Tèrmica de Barcelona

Factor de simultaneïtat		
n<=10	f=	1
10<n<25	f=	1.2*(0.02*n)
n>=25	f=	0,7

Temperatura de servei: 45°C. (Font: Ordenança Solar Tèrmica de Barcelona)

Es consideraran els següents sistemes d'estalvi d'aigua:

- Distribució de la demanda ACS
La distribució de la demanda d'ACS entre la dutxa i rentamans en un habitatge segons un estudi realitzat per AIGUASOL BIOCO per TRINITAT NOVA és de:

Ús	%
dutxa	83%
rentamants	17%

- Limitadors o reductors de cabal
Font: Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya "Distintiu de garantia de qualitat ambiental"

Regadores de dutxa fixes i mòbils

Elements amb cabal inferior a 10 l/min per a 1 bar pressió.
Altres sistemes que assoleixen un estalvi demostrable d'un mínim del 20%.

Aixetes de lavabo, bidet i aigüera

Elements amb cabal inferior a 8 l/min per a 1 bar de pressió .
Altres sistemes que assoleixen un estalvi demostrable d'un mínim del 20%.
Per determinar el percentatge d'estalvi en funció del cabal es segueixen les següent hipòtesis:

Es pren com a cabal base o de referència 14l/min en el cas de dutxa i 10 l/min en el cas de rentamans.
El temps d'utilització per part de l'usuari no varia al tenir un dispositiu d'estalvi d'aigua a no tenir-lo.

- Regadores termostàtiques

Segons les dades obtingudes de l'EVE, l'ús de sistemes termostàtiques equival a un estalvi del 3%.

En cas que l'usuari no pugui garantir una pressió concreta en els habitatges, tampoc no podrà garantir el nivell de cabal indicat. D'aquesta forma, en cas de no disposar de sistemes de control de pressió en cada habitatge o en els punts de consum (amb la instal·lació d'aixetes o dutxes que garanteixen el mateix cabal independentment de la pressió), el cabal de disseny de l'edifici objecte es considera un punt superior a l'indicat

C.5.8 Consum ACS

A partir de la demanda d'ACS calculada anteriorment i el rendiment equivalent al sistema ACS es determina el consum ACS.

SISTEMA SOLAR	Fracció solar d'ACS %	REFERÈNCIA OST															
SISTEMA AUXILIAR	Tipus instal·lació Instal·lació Individual Instal·lació col·lectiva	PMEB															
	<table border="0"> <tr> <td>Instal·lació Individual</td> <td>Instal·lació col·lectiva</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Caldera Standard</td> <td>Caldera Standard</td> <td>RD 275/1995</td> </tr> <tr> <td>Caldera Baixa Temperatura</td> <td>Caldera Baixa Temperatura</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Caldera de Condensació</td> <td>Caldera de Condensació</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Calentador / Termo elèctric</td> <td></td> <td>PMEB</td> </tr> </table>	Instal·lació Individual	Instal·lació col·lectiva		Caldera Standard	Caldera Standard	RD 275/1995	Caldera Baixa Temperatura	Caldera Baixa Temperatura		Caldera de Condensació	Caldera de Condensació		Calentador / Termo elèctric		PMEB	
Instal·lació Individual	Instal·lació col·lectiva																
Caldera Standard	Caldera Standard	RD 275/1995															
Caldera Baixa Temperatura	Caldera Baixa Temperatura																
Caldera de Condensació	Caldera de Condensació																
Calentador / Termo elèctric		PMEB															
	Sistema ACS també per calefacció	Els paràmetres descripció de sistema de calefacció queden definits i només falta la definició de la regulació i emissió															

Figura C.5-3. Sistema ACS

Taula C.5-6. Elements de millora de la producció d'ACS en calderes

Tipus Producció	Element de Millora	Augment Rendiment
Col·lectiva	Instal·lació disposa de regulació automàtica de tir en xemeneia de tir a la sortida de la caldera	+0,015
	Estabilitzador de tir en la base de la xemeneia	+0,015
	Millora de la regulació dels cremadors de dues marxes progressiu	+0,020
	Millora de la regulació cremadors de dos marxes a modulants progressiu	+0,050
Individual	Caldera d'encesa electrònica amb control de flama per ionització (sense flama pilot)	+0,01
	Caldera estanca amb xemeneia concèntrica en tot el recorregut	+0,015
	Caldera estanca sense xemeneia concèntrica en tot el recorregut	+0,005
	Caldera amb modulació contínua i automàtica	+0,02

Taula C.5-7 Característiques regulació. Font: Tipus de Producció (Font: PMEB IDAE). Elements de Millora (EVE)

Tipus Producció	Tipus de regulació	C
Individual	Caldera no disposa de selector/regulador de la temperatura de preparació de l'aigua	-0,05
	Amb acumulació però sense vàlvula mescladora termostàtica a la sortida consum	-0,05

Taula C.5-8, Acumulació i distribució

Tipus Producció	Tipus d'Acumulació	Rendiment
Individual	No hi ha acumulació	0,960
	Si hi ha acumulació	0,930
Col·lectiva	La producció és semi instantània amb acumulació parcial	0,820
	L'acumulació és total per a la punta de la demanda	0,790

C.5.9 Consum calefacció

SISTEMA DE CALEFACCIÓ	REFERÈNCIA
Combustible Gas Natural Electricitat	
Tipus d'instal·lació Instal·lació Individual Instal·lació col·lectiva	
Equip de producció Gas Natural col·lectiva Caldera Caldera Baixa Temperatura Caldera de Condensació	Electricitat col·lectiva Equip compressió Equip absorció individual Equip compressió Equip absorció Efecte Joule
	CALDERES: RD 275/1995 E.COMP: COP USUARI E.COMP: COP USUARI
individual Caldera Caldera Baixa Temperatura Caldera de Condensació	
	CALDERES: RD 275/1995 E.COMP: COP USUARI E.COMP: COP USUARI
Sistema d'emissió Radiadors Radiador Elèctric Aire Terra radiant Aire-aigua	
Regulació i control Individual Termostat d'ambient (control tipus tot-res) En lloc de termostat, es situen cronotermostats Existeixen dues o més zones controlades per termostat d'ambient independents Termostat d'ambient + el sistema es regula per sonda de T ^o exterior Col·lectiva Centralleta de regulació per sonda de T ^o ext i cada zona un termostat ambient (tot-res) Centralleta de regulació disposa de mòdul optimitzador/climàtic La instal·lació disposa de varis circuits diferenciats i es regulen amb centralletes independents En lloc de termostat, es situen cronotermostats	EVE
Elements Millora	EVE
Sistema calefacció també per refrigeració > tots paràmetres descripció del sistema de refrigeració queden definits	

Figura C.5-4. Sistema de calefacció

Taula C.5-9. Dades de referència de distribució. Font: EVE

	PRODUCCIÓ		
	central edifici	per habitatges /plantes	a zona ús
DISTRIBUCIÓ	0,96	0,98	1

Taula C.5-10. Dades de referència dels emissor

EMISSIÓ	rendiment
Aire	100,00%
Radiador	95,00%
Terra radiant	98,00%
Radiador elèctric	100,00%
Aigua-aire (Fan-coil)	98,00%

Taula C.5-11. Dades de referència de la regulació. Font: PMEB IDAE

Tipus Producció	Tipus de regulació	C
Col·lectiva	Centraleta de regulació per sonda de T ^a ext i cada zona un termòstat ambient (tot-res)	0,925
Individual	Termòstat d'ambient (control tipus tot-res)	0,925

Taula C.5-12. Dades de referència dels elements de millora. la regulació. Font: EVE

Tipus Producció	Element de Millora	Augment Rendiment
Col·lectiva	La centraleta de regulació disposa de mòdul optimitzador/climàtic (que té en compte la temperatura de les hores/dies anteriors per regular la posta en marxa de la instal·lació i la temperatura d'impulsió)	1.5%
	La instal·lació disposa de varis circuits diferenciats i es regulen amb centraletes independents	2%
	En lloc de termòstat, es situen cronotermòstats	2%
Individual	En lloc de termòstat, es situen cronotermòstats	+2%
	Existeixen dues o més zones controlades per termòstat d'ambient independents	+1.5%
	A més del termòstat d'ambient, el sistema es regula per sonda de temperatura exterior	2%

Taula C.5-13. Dades de referència dels tipus de calderes. Font: IDAE

Potència útil kW	Rendiment nominal mínim RD 275/1995			Rendiment càrrega parcial 30% RD 275/1995				
	Tipus de caldera	Estàndard	Baixa Temperatura	Condensació	Tipus de caldera	Estàndard	Baixa Temperatura	Condensació
10		86,0%	89,0%	92,0%		83,0%	89,0%	98,0%
20		86,6%	89,4%	92,3%		83,9%	89,4%	98,3%
40		87,2%	89,9%	92,6%		84,8%	89,9%	98,6%
60		87,6%	90,2%	92,8%		85,3%	90,2%	98,8%
80		87,8%	90,4%	92,9%		85,7%	90,4%	98,9%
100		88,0%	90,5%	93,0%		86,0%	90,5%	99,0%
150		88,3%	90,8%	93,2%		86,5%	90,8%	99,2%
200		88,6%	91,0%	93,3%		86,9%	91,0%	99,3%
250		88,8%	91,1%	93,4%		87,2%	91,1%	99,4%
300		89,0%	91,2%	93,5%		87,4%	91,2%	99,5%
350		89,1%	91,3%	93,5%		87,6%	91,3%	99,5%
400		89,2%	91,4%	93,6%		87,8%	91,4%	99,6%

Taula C.5-14. Dades de referència dels tipus de sistemes.

Tipus Sistema	Element de Millora	Augment rendiment
Individual	Caldera d'encesa electrònica amb control de flama per ionització (és a dir, sense flama pilot)	1,0%
	Caldera estanca amb xemeneia concèntrica en tot el seu recorregut	1,5%
	Caldera estanca sense xemeneia concèntrica en tot el seu recorregut	0,5%
	Caldera amb modulació contínua i automàtica (no per esglaons)	2,0%
Col·lectiva	Instal·lació disposa de regulació automàtica de tir en xemeneia de tir a l'"entronque" de la sortida de la caldera	1,5%
	Estabilitzador de tir en la base de la xemeneia	1,5%
	Millora de la regulació dels cremadors de dues marxes a progressiu	2%
	Millora de la regulació dels cremadors de dues marxes a modulant continu	5,0%

C.5.10 Consum refrigeració

SISTEMA DE REFRIGERACIÓ	REFERÈNCIA
Combustible Electricitat	
Tipus d'instal·lació Instal·lació Individual Instal·lació col·lectiva	PMEB
col·lectiva Equip compressió Equip absorció	individual Equip compressió Equip absorció
	E.COMP: COP USUARI E.ABS: COP USUARI
Sistema d'emissió Aire Sostre radiant Aigua-aire (Fancoil)	
Regulació i control Individual Termostat d'ambient (control tipus tot-res) En lloc de termostat, es situen cronotermostats Existeixen dues o més zones controlades per termostat d'ambient independents Termostat d'ambient + el sistema es regula per sonda de T ^o exterior	EVE
Col·lectiva Centraleta de regulació per sonda de T ^o ext i cada zona un termostat ambient (tot-res) Centraleta de regulació disposa de mòdul optimitzador/climàtic La instal·lació disposa de varis circuits diferenciats i es regulen amb centraletes independents En lloc de termostat, es situen cronotermostats	

Figura C.5-5. Sistema de refrigeració**Taula C.5-15.** Dades de referència de la distribució. Font: EVE

	PRODUCCIÓ		
	central edifici	per habitatges /plantes	a zona ús
DISTRIBUCIÓ	0,96	0,98	1

Taula C.5-16. Dades de referència de l'emissor.

EMISSIÓ	rendiment
Aire	100,00%
Aire-aigua (Fancoil)	98%
Sostre Radiant	98,00%

Taula C.5-17. Dades de referència del tipus de regulació. Font: PMEB IDAE

Tipus Producció	Tipus de regulació	C
Col·lectiva	Centraleta de regulació per sonda de T ^a ext i cada zona un termòstat ambient (tot-res)	0,925
Individual	Termòstat d'ambient (control tipus tot-res)	0,925

Taula C.5-18. Dades de referència dels elements de millora. Font: EVE

Tipus Producció	Element de Millora	Augment Rendiment
Col·lectiva	La centraleta de regulació disposa de mòdul optimitzador/climàtic (que té en compte la temperatura de les hores/dies anteriors per regular la posta en marxa de la instal·lació i la temperatura d'impulsió)	1,5%
	La instal·lació disposa de varis circuits diferenciats i es regulen amb centraletes independents	2%
	En lloc de termòstat, es situen cronotermòstats	2%
Individual	En lloc de termòstat, es situen cronotermòstats	2%
	Existeixen dues o més zones controlades per termòstat d'ambient independents	1,5%
	A més del termòstat d'ambient, el sistema es regula per sonda de temperatura exterior	2%

C.5.11 Consum il·luminació

No es considera il·luminació en habitatges,

C.5.12 Cogeneració i DHC

C.5.12.1 Cogeneració

Els equips de cogeneració poden produir electricitat, calor i fred sent compatible la coexistència d'equips convencionals.

El tractament de la cogeneració parteix de la base de l'existència d'un projecte que justifica la seva instal·lació i per tant es disposen de les dades que demana la metodologia.

L'objectiu final es trobar un valor d'eficiència energètica per calor i per fred que tingui interioritzat els següents aspectes:

- L'eficiència elèctrica no bonifica, el combustible s'utilitza íntegrament per a fer electricitat i autoconsum del sistema de cogeneració; la calor i el fred resultants de la generació elèctrica són gratis.
- Com a referència s'utilitzarà el MIX elèctric.

S'avaluaran dos casos diferents:

$$REm > Mix$$

$REm < Mix$

on Rem és el rendiment elèctric del motor.

Es força que l'eficiència de generació elèctrica sigui igual al mix elèctric. L'excedent de consum de combustible s'atribueix a la producció tèrmica.

Procediment		
Introducció dades Entrada per l'usuari		
COMBUSTIBLE	Qm	Consum combustible Motor Cogeneració
ELECTRICITAT	Em	Electricitat generada motor
CALOR	Cm	Calor del motor emprat per la producció de calor i fred
	Ccalor	Calor del motor emprat per la producció de calor
	Cfred	Calor del motor emprat per la producció de fred
FRED	Fcog	Fred cogeneració
Càlcul Rendiment Elèctric del Motor		
RE motor= Em/Qm		
Càlcul combustible autoconsum (consums interns pel funcionament del sistema de cogeneració)		
Qm=Qgen+Qaut.cog		
on:	Qgen=Qm*0,95 --> combustible emprat per la generació de electricitat, calor i fred	
	Qaut.cog=Qm*0,05--> combustible emprat pel funcionament del sistema de cogeneració	
Atenció: no confondre autoconsum del sistema de cogeneració amb l'autoconsum de l'edifici		
Comparar el REm amb REMIX		
Si RE motor<RE MIX		
	Qmix=E/RE MIX	
	Qgen=Qmix+Qcf	
	Qcf=Qgen-Qmix	
Si RE motor>RE MIX Qcf=0		
Tot el consum de combustible s'atribueix a la producció elèctrica i autoconsum		
Càlcul del combustible del motor per usos tèrmics		
Qc=(Qcf+Qaut.cog)*Ccalor/Cm		
Qf=(Qcf+Qaut.cog)*Cfred/Cm		
Càlcul Eficiència		
Ef cog.(calor) = Ccog/Qc		
Ef cog.(fred) = Fcog/Qf	-->COP equivalent elèctric	COP cog.(fred) = Fcog/Ef
Ef cog.(electricidad) = ??	Si RE motor<RE MIX	Ef cog.(electricidad) = REMIX
	Si RE motor>RE MIX	Ef cog.(electricidad) = RE motor
on Ef =Qf*RE MIX		

C.5.12.2 Sistemes de Districte

La metodologia té incorporat a la seva base de dades els sistemes de districte existents a Barcelona amb les seves característiques i per tant assignarà els valors d'eficiència.

C.5.13 Edifici de referència

L'edifici de referència és aquell que ens permetrà comparar i avaluar l'edifici objecte de qualificació. Aquest té la mateixa volumetria, entorn, % obertures que l'edifici objecte però els materials constructius i les instal·lacions que conté en el seu interior són aquells mínims exigits per la normativa vigent.

En cas d'alguns factors que no hi hagi un mínim exigible es triarà aquella solució constructiva, equip, etc. que sigui més usual o comú en el món de la construcció.

C.5.13.1 ACS

Es considera el cas base amb un cabal de disseny en punts de consum de:

Taula C.5-19. Cabals de dissenys en punts de consum

Punt de consum	Cabal de disseny	Unitats
dutxa	14	l/min
rentamans	10	l/min

Sense cap tipus de sistema d'estalvi d'aigua ni control de pressió. Les dades de temperatura a la xarxa d'aigua de Barcelona. Any 2000

C.5.13.2 Equipaments

L'edifici de referència no disposa de preinstal·lacions per aparells bitèrmics ni per assecadora de gas. L'edifici tampoc disposa d'un espai dins l'habitatge per a estendre la roba.

La cuina és de gas natural, un cremador convencional de gas natural.
El forn també és elèctric.

C.5.13.3 Sistema ACS

El sistema de ACS consta d'una instal·lació solar tèrmica de cobertura 60% (mínim establert a l'ordenança) i un equip auxiliar de recolzament.

Caldera Individual de Gas Natural, Standard de 1 estrella. Rang de potència > 23 kW

Amb flama pilot, sense selector de temperatura i sense acumulació.

C.5.13.4 Sistema Calefacció

El sistema de calefacció és individual a cada habitatge i està format per una caldera Standard d'una estrella amb gas natural.

No disposa d'elements de millora en l'eficiència de les calderes.

La regulació del sistema és la mínima: un termòstat d'ambient (control de tipus tot-res).

El sistema d'emissió és per radiador

C.5.13.5 Sistema Refrigeració

El sistema de refrigeració consta d'un equip de compressió bomba de Calor (tipus Split) amb un COP 2.0-2.5 .

Consta de la regulació mínima (termòstat control tipus tot-res).

El sistema d'emissió és per aire.

C.5.14 Característiques del mix elèctric

Dades extretes del Simulador energètic de Catalunya -2004

Taula C.5-20 Eficiència de producció elèctrica en diferents instal·lacions.

PÈRDUES PEL CàLCUL DE L'ENERGIA PRIMÀRIA			
ELECTRICITAT			
Eficiència en transformació NUCLEAR			
	%		33,00%
Eficiència en transformació HIDROELÈCTRICA			
	%		100,00%
Eficiència en transformació CARBÓ			
	%		33,50%
Eficiència en transformació FUEL / GAS			
	%		37,00%
Eficiència en transformació FUEL/GAS AUTOPRODUCCIÓ			
	%		56,00%
Eficiència en transformació GAS Cicle Combinat			
	%		51,00%
Pèrdues en Transport			
	%		9,62%
Consums pròpis del Sector Energètic			
	%		4,48%

Taula C.5-21. Factors d'emissió segons Mix 2002 a Catalunya

Segons Mix 2002- Catalunya		
Factors d'emissió Domèstic		
	g/GJ CO ₂	
Gas Natural		56100
GLP		65000
Electricitat		35316
Solar		0
Gas-Oil		74000

C.6 Càlcul de la demanda. LIDER

L'aplicació LIDER és la implementació informàtica de l'opció general de verificació de l'exigència de limitació de demanda energètica (HE1), establerta en el Documento Básico de Habitabilidad y Energía del Código Técnico de la Edificación.

L'objectiu d'aquest annex és fer una guia simplificada per aconseguir que tots els usuaris de l'aplicació adoptin les mateixes 'simplificacions/hipòtesis' en el modelat dels edificis, així com donar els consells/advertiments per tal de simplificar la introducció dels edificis.

Així doncs, no es pretén fer un manual d'usuari, ja que aquest ja existeix i està disponible en la mateixa aplicació.

C.6.1 Documentació necessària

Abans de començar a introduir l'edifici és indispensable disposar de la següent informació:

- Plànols de les plantes de l'edifici en format ".dxf"
- Plànols de les façanes de l'edifici.
- Plànols dels detalls constructius de l'edifici: tancaments, finestres, etc...
- Plànol d'urbanisme on s'especifiquin les alçades i posicions dels edificis que poden fer ombres sobre l'edifici objecte.
- Tipus de tancaments exteriors i interiors especificant els materials que els componen així com les característiques tèrmiques d'aquests.
- Finestres exteriors: descripció exacta de les finestres (encaix, sortints laterals, voladius...), tipus de vidre i marc (percentatge que representa respecte el total de la finestra), si existeixen dispositius d'ombra fixes o mòbils...

C.6.2 Simplificacions en la introducció de l'edifici

Només cal separar els espais habitats (calefactats) dels no habitats o no habitables, per tant, no cal introduir les separacions interiors dels habitatges, ni tampoc la separació entre habitatges. Ara bé, és imprescindible la separació entre habitatges i zones comuns (no habitats com passadissos, escales, ascensos, etc...)

Per una altra banda, les finestres cal introduir-les exactament incloent els elements d'ombra ja sigui fixa o mòbil i encaix.

1. Introducció dades generals de l'edifici

A continuació es presenta la pantalla d'introducció de les dades generals de l'edifici.

Figura C.6-1. Dades generals

En aquest punt el més important és introduir la zona climàtica i la localitat de referència. Si la localitat és capital de província, no hi ha problema perquè està en el llistat del software, si no és capital de província, aleshores s'haurà de trobar la zona climàtica segons el paràgraf 3.1.1 del CTE DB-HE1.

Tabla D.1.- Zonas climáticas

Provincia	Capital	Altura de referen cia (m)	Desnivel entre la localidad y la capital de su provincia (m)				
			=200 <400	=400 <600	=600 <800	=800 <1000	=1000
Albacete	D3	677	D2	E1	E1	E1	E1
Alicante	B4	7	C3	C1	D1	D1	E1
Almería	A4	0	B3	B3	C1	C1	D1
Ávila	E1	1054	E1	E1	E1	E1	E1
Badajoz	C4	168	C3	D1	D1	E1	E1
Barcelona	C2	1	C1	D1	D1	E1	E1
Bilbao	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Burgos	E1	861	E1	E1	E1	E1	E1
Cáceres	C4	385	D3	D1	E1	E1	E1
Cádiz	A3	0	B3	B3	C1	C1	D1
Castellón de la Plana	B3	18	C2	C1	D1	D1	E1
Ceuta	B3	0	B3	C1	E1	D1	D1
Ciudad real	D3	630	D2	E1	E1	E1	E1
Córdoba	B4	113	C3	C2	D1	D1	E1
Coruña (a)	C1	0	C1	D1	D1	E1	E1
Cuenca	D2	975	E1	E1	E1	E1	E1
Donostia-San Sebastián	C1	5	D1	D1	E1	E1	E1
Girona	C2	1353	D1	D1	E1	E1	E1
Granada	C3	754	D2	D1	E1	E1	E1
Guadalajara	D3	709	D1	E1	E1	E1	E1
Huelva	B4	53	B3	C1	C1	D1	D1
Huesca	D2	432	E1	E1	E1	E1	E1
Jáén	C4	436	C3	D2	D1	E1	E1
León	E1	346	E1	E1	E1	E1	E1
Lleida	D3	131	D2	E1	E1	E1	E1
Logroño	D2	379	D1	E1	E1	E1	E1
Lugo	D1	412	E1	E1	E1	E1	E1
Madrid	D3	589	D1	E1	E1	E1	E1
Málaga	A3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Melilla	A3	130	B3	B3	C1	C1	D1
Murcia	B3	25	C2	C1	D1	D1	E1
Ourense	C2	327	D1	E1	E1	E1	E1
Oviedo	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Palencia	D1	722	E1	E1	E1	E1	E1
Palma de Mallorca	B3	1	B3	C1	C1	D1	D1
Palmas de gran canaria (las)	A3	114	A3	A3	A3	B3	B3
Pamplona	D1	466	E1	E1	E1	E1	E1
Pontevedra	C1	77	C1	D1	D1	E1	E1
Salamanca	D2	770	E1	E1	E1	E1	E1
Santa cruz de Tenerife	A3	0	A3	A3	A3	B3	B3
Santander	C1	1	C1	D1	D1	E1	E1
Segovia	D2	1013	E1	E1	E1	E1	E1
Sevilla	B4	9	B3	C2	C1	D1	E1
Soria	E1	984	E1	E1	E1	E1	E1
Tarragona	B3	1	C2	C1	D1	D1	E1
Teruel	D2	985	E1	E1	E1	E1	E1
Toledo	C4	445	D3	D2	E1	E1	E1
Valencia	B3	8	C2	C1	D1	D1	E1
Valladolid	D2	704	E1	E1	E1	E1	E1
Vitoria-Gasteiz	D1	512	E1	E1	E1	E1	E1
Zamora	D2	617	E1	E1	E1	E1	E1
Zaragoza	D3	207	D2	E1	E1	E1	E1

Figura C.6-2. Zona climàtica

Segons aquesta taula es pot determinar la zona climàtica en funció de la seva capital de província i el desnivell entre la localitat i la capital de província.

També s'ha de definir l'orientació de l'edifici que és l'angle que forma respecte al nord.

En quant a la classe higromètrica, segons el Document HE-1:

Classe 5: espais d'alt risc de condensacions: espais en els que es preveu una gran producció d'humitat, tal com bugaderies i piscines.

Classe 4: espais de risc mig de condensacions: espais en els que es preveu una altra producció humitat, tal com banys, cuines, restaurants, pavellons esportius o altres.

Classe 3 i inferior: espais de baix risc de condensacions: espais en els que no es preveu una alta producció d'humitat.

2. Base de dades

Abans de començar a introduir gràficament l'edifici, s'han de carregar i/o introduir els materials que formen els tancaments així com els tancaments i les finestres.

L'ordre correcte és:

- Materials** (crear de nous, carregar llibreria estàndard de LIDER o carregar llibreria d'usuari). Per crear-ne de nous, primer haig de crear el grup de materials, per exemple: aïllants i dins d'aquest grup crear tots els materials aïllants que necessiti en aquest edifici. Haig de conèixer les característiques tèrmiques del material.
- Tancaments.** (crear de nous o carregar llibreria). Per crear-ne de nous, primer haig de crear el grup de tancaments, per exemple: façanes i dins d'aquest grup crear tots els tipus de tancament que necessiti en aquest edifici. Haig de conèixer tots els materials que componen els tancaments i els gruixos de cada un d'ells.

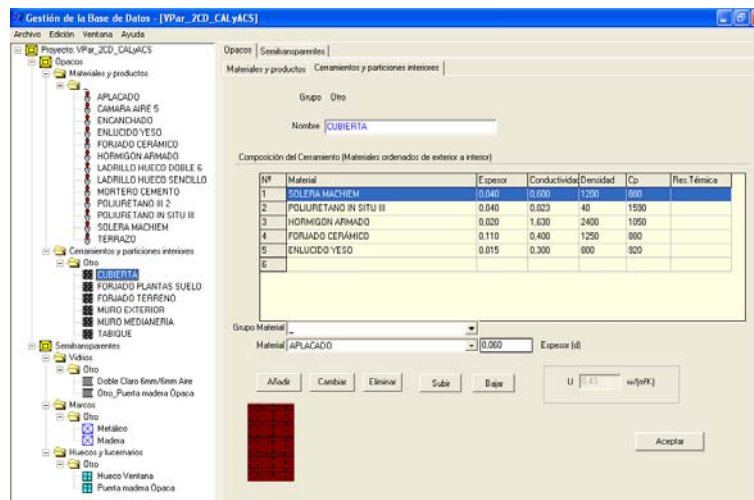


Figura C.6-3. Base de dades. Tancaments opacs

3. Crear finestres

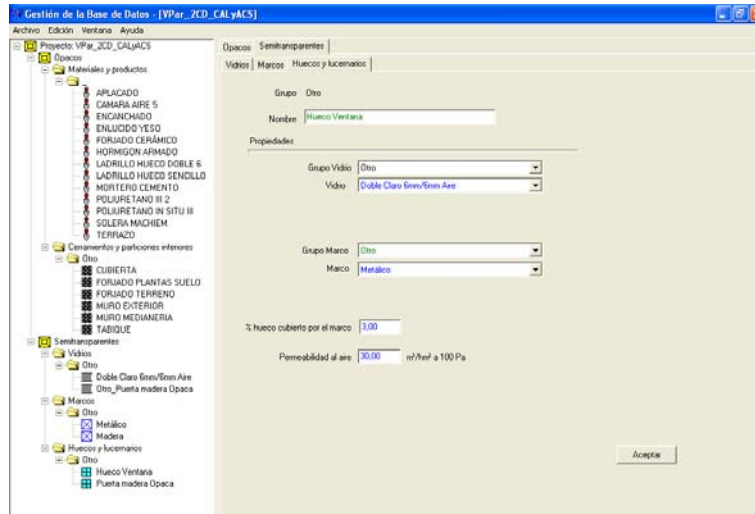


Figura C.6-4. Base de dades. Tancaments semitransparents

Si es vol guardar la llibreria que s'acaba de crear, s'ha de guardar a “Archivo” – “guardar” i tornar a LIDER a “Archivo” – “Volver a LIDER”. Guardar el projecte.
Si quan fem un altre projecte necessitem la mateixa llibreria, només caldrà carregar-la.

C.6.3 Opcions

A opcions, s'ha d'especificar primer l'espai de treball .

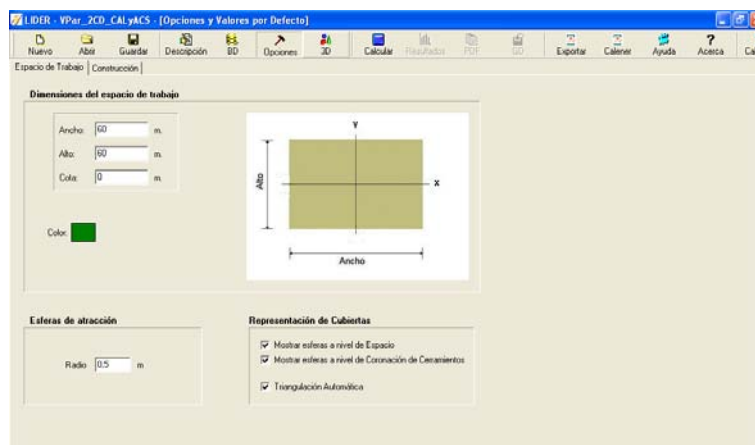


Figura C.6-5. Opciones. Espai de treball

A la pestanya “Construcción”, s’indicarà el tancament que LIDER aplicarà a cada tipus de tancament per defecte.

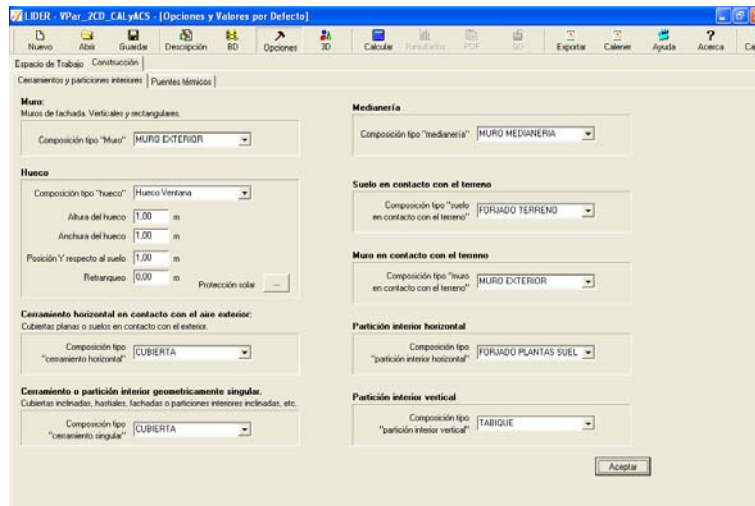


Figura C.6-6. Opcions. Construcció

A la pestanya “puentes térmicos”, s’han d’escollir els punts tèrmics que podem trobar a l’edifici

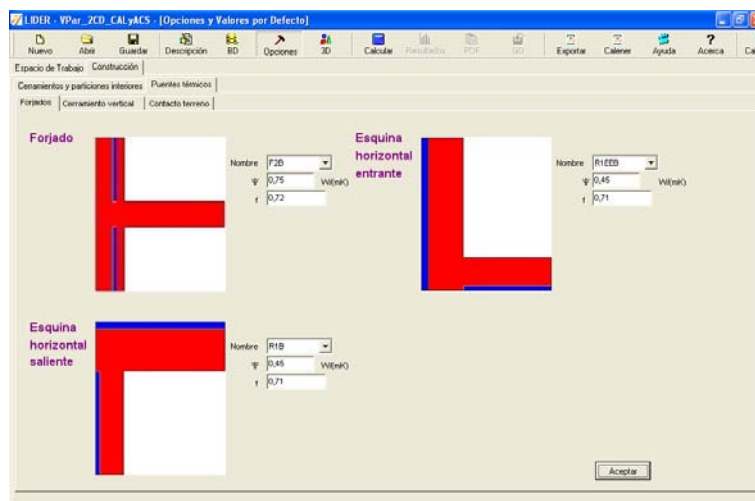


Figura C.6-7. Opcions. Punts tèrmics

C.6.4 3D

Ara ja es pot començar a dibuixar. Els passos a seguir són els següents

1. Carregar el plànol de la planta a dibuixar

Abans de dibuixar la planta s’ha de carregar el plànol. És millor **carregar el plànol en format “.dxf”** (només cal guardar l’arxiu d’autocad en aquest format). A l’hora de crear la planta ja s’ha indicat la cota de la mateixa, per tant, ara el plànol es situarà sobre la mateixa cota que la planta automàticament.

És molt important, **situar el plànol segons un punt de referència** que situarem a les coordenades $x=0$ i $y=0$. El punt que escollim de referència ens servirà per situar totes les plantes. Per tant, el punt ha de ser comú a totes les plantes.

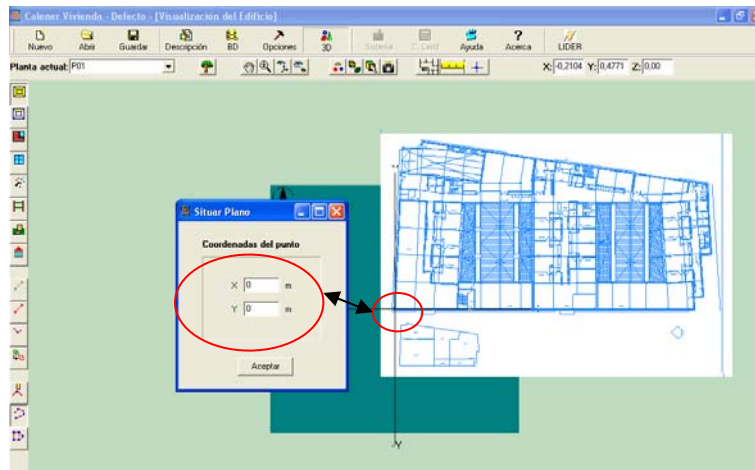


Figura C.6-8. 3D. Situar plànol de referència

2. Crear la planta.

És molt important **indicar si hi ha alguna planta anterior**. El més adient és acceptar l'opció "**Crear espacio igual a la planta**". D'aquesta forma, l'espai associat a la planta és només un igual a la planta i només serà necessari fer les divisions pertinents d'aquest espai. Si no és la primera planta, i la planta següent és exactament igual que l'anterior, s'escollirà l'opció "Igual a planta:" i "Aceptar espacios anteriores".

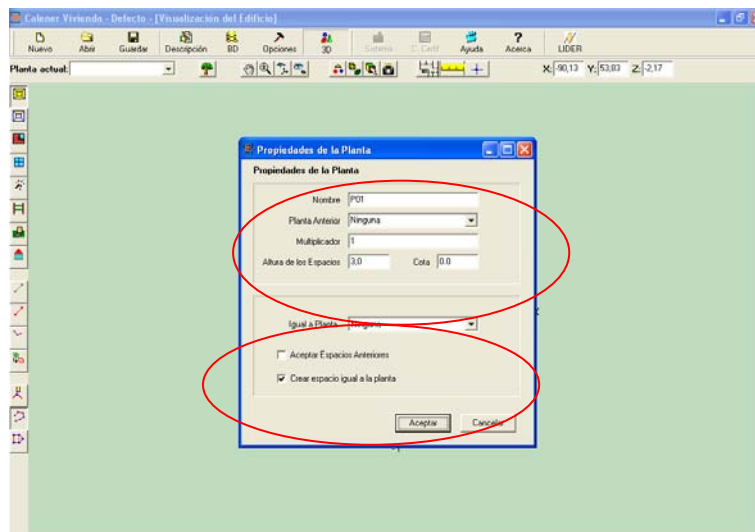


Figura C.6-9. Crear planta

3. Dibujar la planta.

A l'hora de marcar els vèrtex de la planta s'ha de seguir el **sentit antihorari**. El plànol serveix com a base de dibuix. Quan marqui tots els vèrtex, haig de accionar el menú amb el botó dret del mouse i dir "FIN"

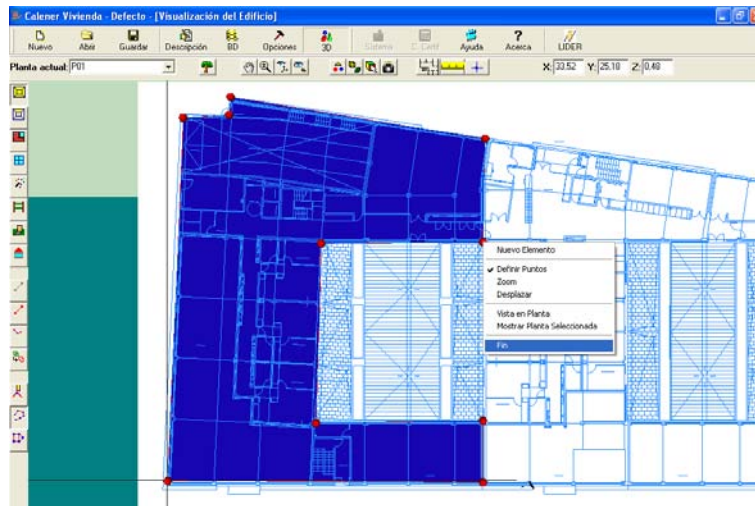


Figura C.6-10. Dibuixar planta

4. Fer els espais.

Si anteriorment s'ha dit que la planta era tot un espai, només cal dividir els espais. Recordar que en blocs d'edificis plurifamiliars **només es dividiran els espais habitats dels no habitats o no habitables**. Una vegada definits els espais, s'hauran d'editar fent click sobre l'espai que es vulgui editar i escollint l'opció "editar" en el menú que apareix. A la pantalla d'edició dels espais caldrà definir si és habitat o no habitable (en el cas d'habitatges) i també el número de pilars que existeixen en els tancaments exteriors.

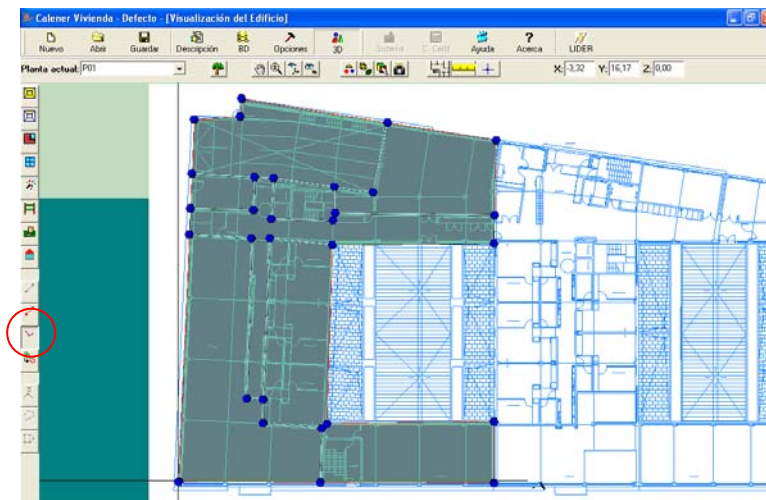


Figura C.6-11. Dividir espais

5. Aixecar els murs.

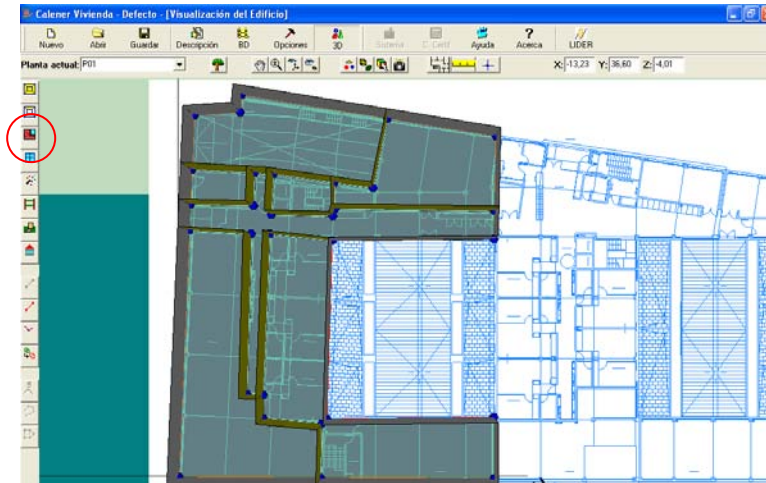


Figura C.6-12. Aixecar murs

En aquest punt és molt important revisar que tots els tancaments exteriors són de color gris i els interiors de color marró. Si algun tancament que hauria de ser interior és de color gris, la definició de l'espai no ha estat correcta, el millor és eliminar l'espai i tornar-lo a fer. Això passa més sovint si en el pas de creació d'espais no s'ha utilitzat l'opció dividir espais, sinó la definició amb línies auxiliars, és per aquest motiu que es recomana fer els espais, dividint l'espai "planta".

Si hi ha algun tancament que té una composició diferent a la que s'ha indicat en els tancaments per defecte al pas 3, es pot introduir el tipus de tancament fent seleccionant el tancament que es vol canviar, editar-lo i en l'opció tipus de tancament, posar el correcte.

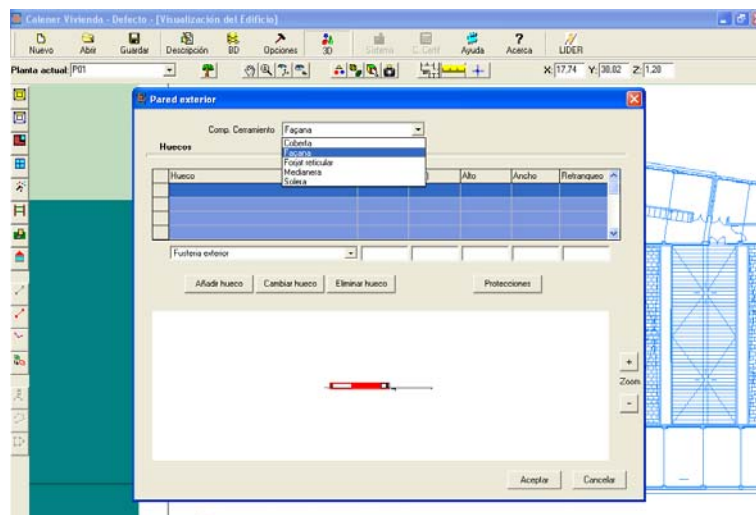


Figura C.6-13. Editar composició de tancaments

6. Introducció de finestres

Es recomana, seleccionar el tancament exterior on va la finestra i editar-lo, en la pantalla d'edició es poden introduir mitjançant coordenades les finestres. Aquesta opció és més exacta i més ràpida que dibuixar una a una en el tancament.

Aquí també es poden indicar les proteccions específiques de cada finestra.

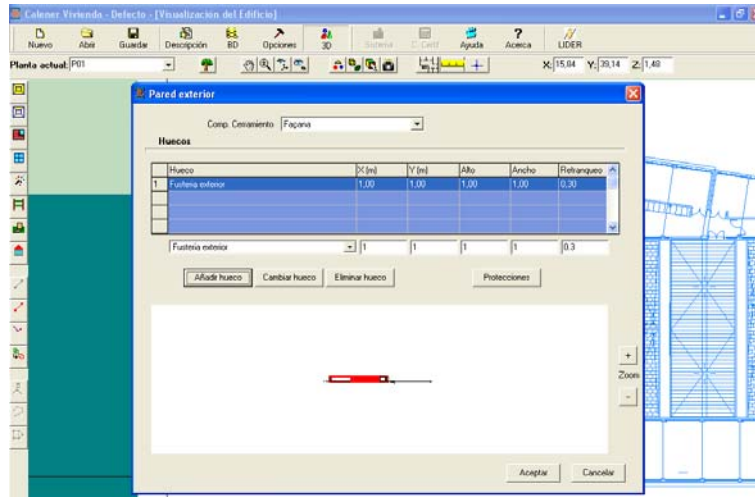


Figura C.6-14. Introducció finestres

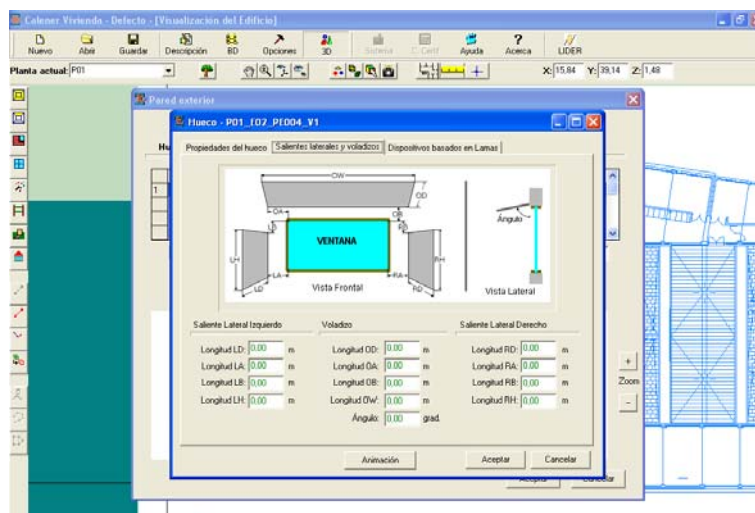


Figura C.6-15. Edició finestres

7. Crear balcons o ombres pròpies de l'edifici.

Els elements o tancaments "singulars" de l'edifici s'han de crear utilitzant l'opció de "cobertes", veure punt 10. per cobertes inclinades. Escollint l'opció "Elemento de sombra".

8. Crear forjats

En aquest punt es recomana, **situar-se a la planta i crear "Forjados automáticos"**. D'aquesta manera, si a l'hora de crear la planta, s'ha indicat si hi havia o no una planta anterior, LIDER, entén si està en contacte amb el terreny, si hi ha una altra planta anterior o si la planta superior no és igual que l'anterior, entén quins forjats estan en contacte amb l'exterior i quins no.

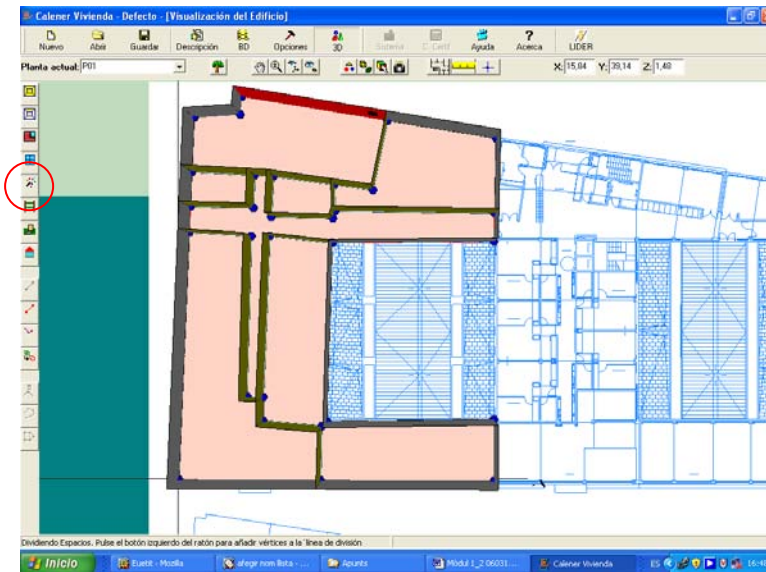


Figura C.6-16. Crear forjats automàtics

Els forjats en contacte amb el terreny són de color rosa, els forjats entre plantes són marró-verd i els forjats exteriors són de color gris.

9. Repetir els passos 1 a 7 per a cada planta.

Cal recordar que si les plantes són exactament iguals hi ha dues opcions:

a.- opció multiplicador. Només en el cas que l'edifici sigui molt complicat i amb molts espais. Aquesta opció simplifica el dibuix i el temps de simulació, però per poder utilitzar l'opció "Forjats automàtics" se li ha de dir que la planta anterior és l'última dibuixa i després dir quina és la cota correcta de la planta que vull dibuixar. És important saber que només es poden multiplicar plantes exactament iguals, no només en la seva definició geomètrica sinó també en les condicions d'entorn, és a dir, que els espais de la planta anterior i el de la planta superior siguin del mateix tipus.

b.- indicar que la planta és igual a la planta "X" i "Aceptat Espacios Anteriores"

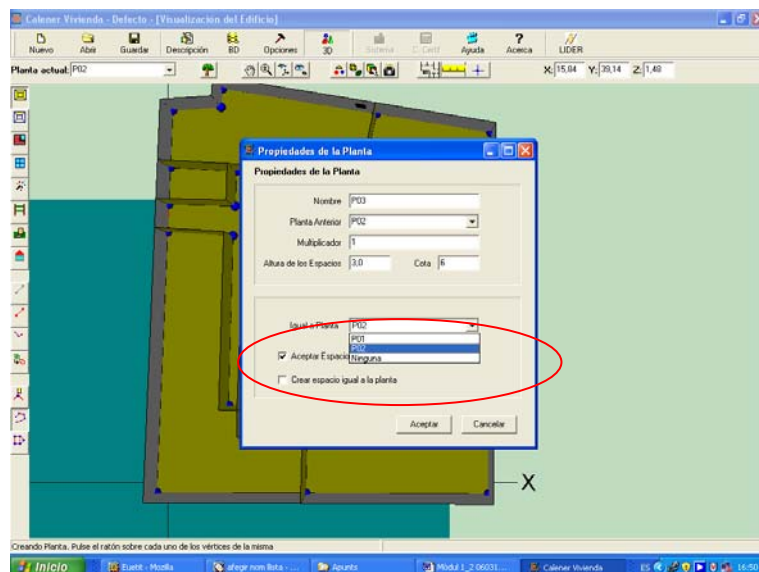


Figura C.6-17. Copiar plantes

10. Crear coberta.

Una vegada està tot l'edifici definit, només queda fer la coberta. Si la coberta és plana, es pot fer igual que el forjat.

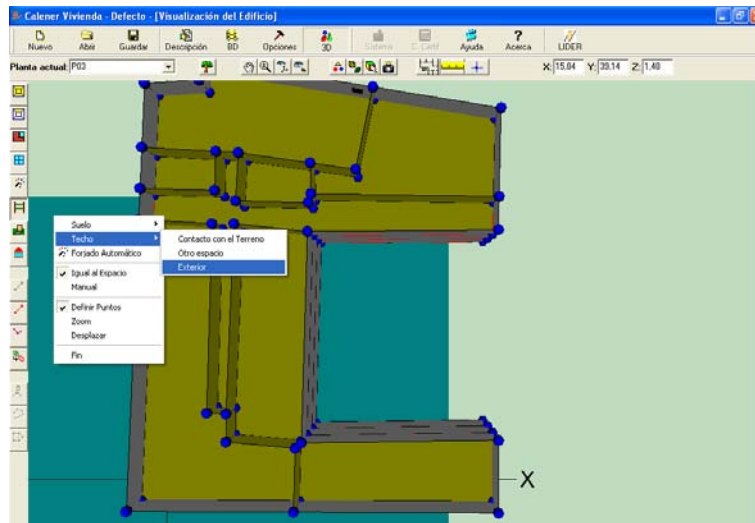


Figura C.6-18. Crear coberta plana

Si es defineix la coberta plana com un forjat exterior, apareixerà amb color gris, si volem que el tancament sigui coberta, el que haurem de fer és clicar sobre el forjat exterior i canviar a Coberta.

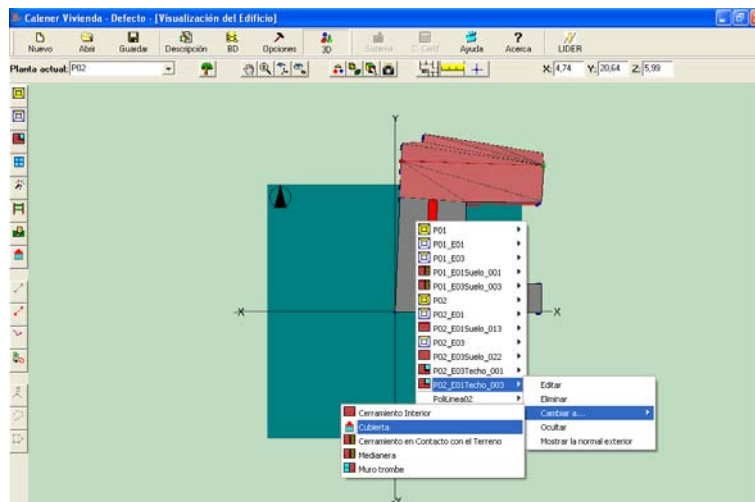


Figura C.6-19. Canvi forjat exterior a coberta

Si és una coberta inclinada o amb dues o més aigües. Aleshores s'ha d'utilitzar la línia auxiliar 3D. Cal tenir en compte, que cada espai ha de tenir la seva coberta, per tant s'hauran de definir.

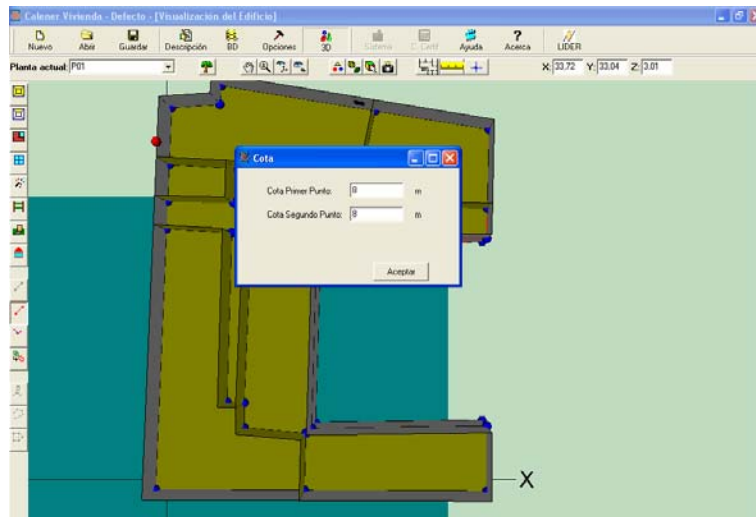


Figura C.6-20. Coberta inclinada. Línia auxiliar 3D

S'ha de definir les cotes dels diferents punts de la línia 3D. Aquesta línia ens defineixen els punts que estan a una cota superior del que seria una coberta plana. Finalment per definir la coberta, s'ha de seleccionar l'icona de "cobertes" i marcar els vèrtex que defineixen cada una de les aigües de la coberta en sentit antihorari i sempre començant per un vèrtex marcat amb esfera de color blau. (els vèrtex marcats per la línia 3D són de color vermell). Cal tenir en compte que cada espai ha de tenir associada la seva coberta, per tant, si comencem per una esfera blava, que pertany a més d'un espai, li haurém de dir a quin espai està associada. Quan es marquin tots els vèrtex que formen part d'una part de la coberta es farà "click" sobre el botó dret del ratolí i es seleccionarà l'opció "fi". La coberta es marcarà de color vermell rosat. Es recomana escollir l'opció "transparent" per poder veure totes les esferes i perquè si ha alguna esfera que pertany a dos espais haurém de definir a quin espai correspon la coberta que estem dibuixant. Si no tenim la vista en opció "transparent" no podrem veure quin és l'espai escollit ja que no veurem el canvi de color.

Cal tenir present que si els tancaments interiors arriben fins la coberta, s'hauran crear com a "element singular" (mateix icona que cobertes) escollir Tipus d'element: tancament exterior (ja que no existeix l'opció "tancament interior" i després canviar de tancament exterior a tancament interior).

De la mateixa forma, s'hauran de crear els tancament exteriors que arriben fins a coberta, com a elements singulars.

Per exemplificar-ho s'ha escollit un altre exemple que té cobertes inclinades i planes.

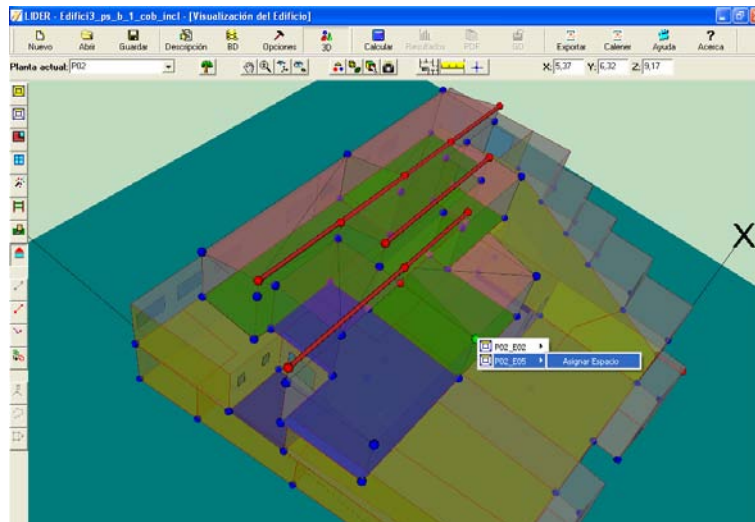


Figura C.6-21. Coberta inclinada. Exemple_1

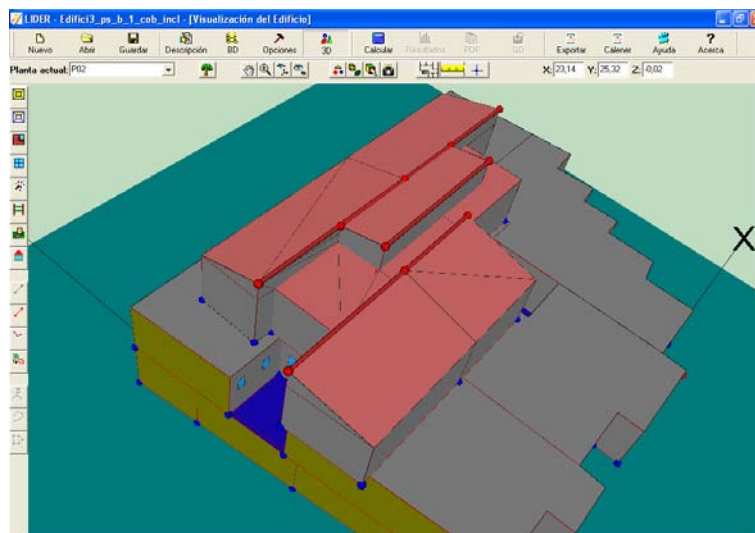


Figura C.6-22. Coberta inclinada. Exemple_2

10. Crear obstacles d'ombra remots.

Finalment, s'han de definir els obstacles. Per afegir un obstacle utilitzarem el botó que està marcat a la figura, i marcarem sobre l'espai de treball els extrems de l'obstacle amb el ratolí, mantenint el botó esquerre des del primer extrem fins el segon.

Per acabar de definir exactament l'obstacle, aquest es pot editar fent doble click sobre l'obstacle i seleccionant l'opció "Editar" del menú que apareix.

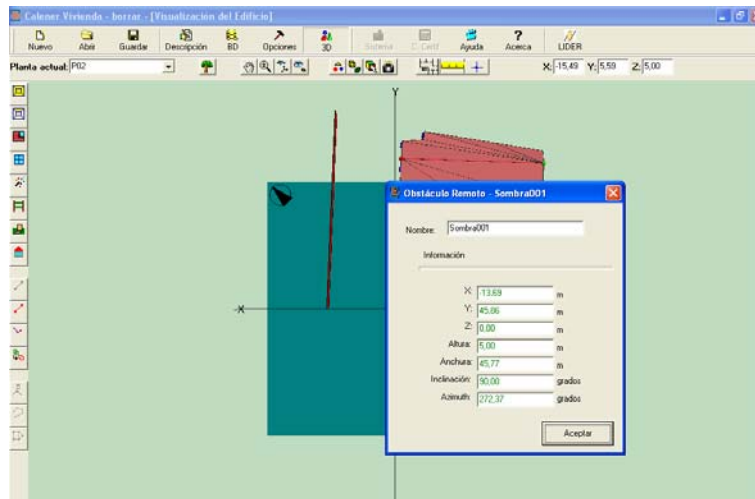


Figura C.6-23. Crear obstacles remots

x, y i z (m) Coordenades x, y i z (en el sistema de coordenades global) de la cantonada inferior esquerra de l'obstacle, si aquest es mira des de l'edifici.

INCLINACIÓ (graus). Defineix l'angle format entre la vertical i la normal exterior a la superfície de l'obstacle. Se suposa que la normal mira a l'edifici. Si l'obstacle és vertical la inclinació serà de 90 °.

AZIIMUT. Aquesta propietat defineix l'angle format entre l'eix "Y" (nord) del sistema de coordenades global i la projecció sobre un plànol horitzontal de la normal exterior a la superfície de l'obstacle. Se suposa que la normal mira a l'edifici.

11. Calcular

Finalment, i abans de simular l'edifici és important recordar **indicar quin és l'orientació correcta de l'edifici** (veure punt 1.Descripció).

Es recomana guardar l'arxiu i finalment, calcular. De fet, es recomana guardar l'arxiu sovint, per exemple, després de fer una planta. Per comprovar si no s'ha comès cap error, també es pot fer calcular l'edifici cada vegada que introduïm una nova planta, d'aquesta manera ens adonarem si hi ha algun problema en la planta dibuixada perquè si hem fet algun error i esperem al final per calcular l'edifici, serà molt més difícil identificar on és l'error, sobretot si l'edifici és complicat.

12. Resultats

Els resultats s'expressen en percentatge respecte a l'edifici de referència. Si l'edifici compleix, la demanda de calefacció i refrigeració ha d'estar per sota de la demanda de l'edifici de referència.

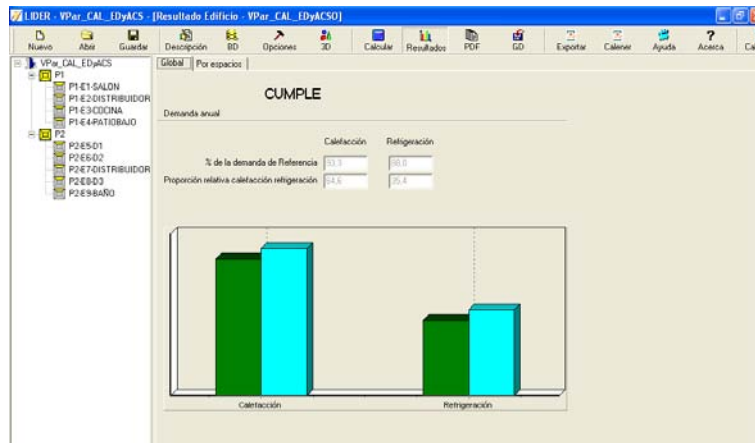


Figura C.6-24. Resultats

Finalment, es pot generar l'informe pdf.

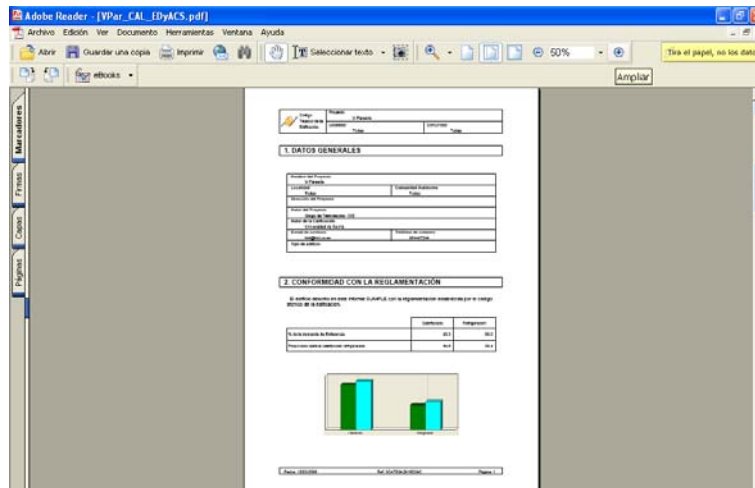


Figura C.6-25. Generar pdf

Annex D. Plantilla de recollida de dades per LIDER i CALENER

1. Composició de tancaments

1.1. Tancaments Opacs

Per a cada tancament, es necessita els materials que el componen amb el gruix de cada material. Per a cada material s'ha de conèixer les característiques tèrmiques:

- Conductivitat (W/m°C)
- Calor específic (J/kg°C)
- Densitat (kg/m³)

O bé la resistència del material (m² K/W)

I també:

- Factor de resistència a la permeabilitat del vapor d'aigua (adimensional)

TANCAMENTS EXTERIORS verticals	Gruix	λ	ρ	Cp	R	μ
	m	W/m K	kg/m ³	J/kg K	m ² K /W	
TANCAMENTS INTERIORS verticals	Gruix	λ	ρ	Cp	R	μ
	m	W/m K	kg/m ³	J/kg K	m ² K /W	
FORJAT INTERIOR	Gruix	λ	ρ	Cp	R	μ
	m	W/m K	kg/m ³	J/kg K	m ² K /W	
FORJAT en contacte amb l'exterior	Gruix	λ	ρ	Cp	R	μ
	m	W/m K	kg/m ³	J/kg K	m ² K /W	

Finestra o porta	
% marc	
Permeabilitat m ³ /m ² h	

A més, si les finestres disposen de dispositiu basat en lames, s'ha de conèixer la següent informació:

- Tipus de lama
 - Vertical
 - Horitzontal
- Geometria
 - Ample
 - Distància
 - Angle
- Propietats òptiques
 - Transmissivitat
 - Reflectivitat

1.3 Ponts tèrmics.

El programa detecta automàticament els ponts tèrmics més habituals als edificis. Es mostren els valors per defecte dels ponts tèrmics per a cada zona climàtica. Els ponts tèrmics considerats són:

- Forjats:
 - Forjat interior (divisió entre dues plantes)
 - Forjat exterior: "Esquina horitzontal saliente"
 - Forjat exterior: "Esquina horitzontal entrante"
- Tancament vertical:
 - "Esquina saliente"
 - "Esquina entrante"
 - "Hueco ventana"
 - Pilar
- Contacte amb terreny:
 - Unió vertical soterrada exterior
 - Unió solera paret exterior.

S'haurà de facilitar la informació gràfica necessària per poder avaluar aquests ponts tèrmics. Per a cada pont tèrmic s'ha de conèixer la conductància tèrmica lineal i el factor superficial de temperatura interior.

2. Dades generals de l'edifici

2.1 Edifici

- Localitat:
- Orientació:
- Ombres remotes:
- N° de renovacions/hora segons HS-3 del CTE

2.2 Geometria

Es necessiten els plànols en autocad de:

- Distribució en planta de totes les plantes de l'edifici, on apareguin detallats tots els espais incloent els pilars.
- Alçats de les façanes
- Les seccions necessàries per entendre l'edifici.

2.3 Espais

Per a cada espai, es necessari conèixer:

Espai	Tipus	Ús	Higrometria
(Nom)	(condicionat, no condicionat, no habitables)	(Residencial, baixa càrrega interna, mitja càrrega interna, alta càrrega interna 8/12/16/24 h)	(Classe 3, 4 o 5)

- Tipus d'espai:
 - o Condicionat,
 - o No condicionat
 - o No habitable
- Tipus d'ús:
 - o Baixa càrrega interna 8h, 12, 16 o 24h
 - o Mitja càrrega interna 8h, 12, 16 o 24h
 - o Alta càrrega interna 8h, 12, 16 o 24h
- Higrometria de cada espai
 - o Classe 3: baixa producció d'humitat: residencial o similar
 - o Classe 4: mitja producció d'humitat: cuines, lavabos...
 - o Classe 5: alta producció d'humitat: piscines, vestuaris...

3. Tipus de sistema de climatització

Especificar i fer una breu descripció del tipus de sistema de climatització de l'edifici:

- Sistema individual
- Sistema centralitzat per edifici
- Sistema connectat a una xarxa de districte (especificar quines necessitats es satisfan : ACS, calefacció , refrigeració).

4. Sistema de generació

4.1 Generació mitjançant sistemes convencionals

4.1.1 Calefacció

Sistema a Gas (Caldera):

Model:

Potència (kW):

Rendiment de la Caldera (PCI):

Tipus (mixta o només calefacció):

Combustible:

Tecnologia(condensació, atmosfèrica, baixa temperatura):

Temperatura de treball en règim calefacció (°C):

Temperatura de treball en règim ACS (°C):

Nº d'unitats projectades:

Sistema Elèctric (Bomba de calor), Unitat Exterior:

Model:

Tecnologia (VRV o Aigua):

Potència Calefacció Unitat exterior (kW):

Potència Refrigeració Unitat Exterior (kW):

COP:

EER:

4.1.2 Refrigeració

Sistema Elèctric (Bomba de calor):Unitat Exterior:

Model:

Tecnologia (VRV o Aigua):

Potència Calefacció Unitat exterior (kW):

Potència Refrigeració Unitat Exterior (kW):

COP

EER:

4.1.3 Aigua calenta sanitària (ACS)

Tipus d'instal·lació (Centralitzada o distribuïda):

Tipus de combustible o energia de recolzament per a l'ACS (GN, Electricitat):

Potència Auxiliar Instal·lada (kW):

Rendiment màquina auxiliar instal·lada:

Cobertura Solar en projecte(%):

Cobertura solar segons HE4 (%):

Temperatura de l'ACS (°C):

4.2 Connexió a una xarxa de districte

La xarxa de districte es modelitzarà mitjançant la creació d'uns sistemes ficticis de generació d'aigua calenta i aigua freda centralitzats que donaran servei a tot l'edifici. Per tant, la caracterització d'aquest sistema té com a fet diferenciador respecte als sistemes convencionals, la creació d'aquestes sistemes ficticis.

Les dades que caldran aportar són idèntiques a les d'un sistema convencional (i llistat en l'apartat anterior), exceptuant els sistemes de generació que es definiran segons:

- Rendiments dels sistemes de producció de calor i de fred (calor o fred generat / consum gas + electricitat). En cas que no es disposin caldrà aportar un balanç energètic que integri el calor o fred generat i els recursos fòssils utilitzats,
- La potència dels intercanviadors per habitatge edificis existents

5. Unitats terminals

5.1 Calefacció

Model:

Nº elements per pis o potència instal·lada (W):

Temperatura d'entrada de l'aigua per a la Calefacció (°C):

Termòstat (digital o analògic):

5.2 Refrigeració

Unitat Terminal Interior:

Model:

Potència Calefacció Unitat interior(kW):

Potència Refrigeració Unitat interior(kW):

Cabal d'impulsió (m³/h):

Sistema Elèctric (Radiadors):

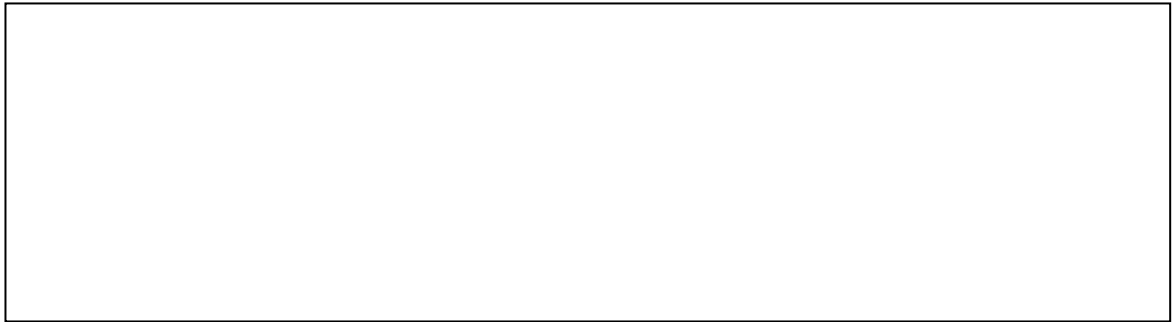
Model:

Nº elements per pis o potència instal·lada (W):

Temperatura d'entrada de l'aigua per a la Calefacció (°C):

Termòstat (digital o analògic):

6. Altres aspectes a considerar



Annex E. Característiques edificis unifamiliar, 15, 44 i 77 habitatges

A continuació es presenten les característiques més importants dels edificis analitzats als capítols 8 i 9 de la tesi. Es defineixen la composició de tancaments opacs i semitransparents, les característiques dels sistemes de climatització i ACS, així com els costos d'aquests sistemes necessaris per fer l'anàlisi econòmic de cada escenari.

E.1 Composició de tancaments.

Taula E.1-1 Composició de tancaments per a la zona C2

Tancament exterior	Gruix	λ	ρ	Cp	R	μ
	m	W/m K	kg/m ³	J/kg K	m ² K /W	
Totxo català de 15	0,15	0,543	720	1000		10
PUR projecció	0,035	0,035	50	1000		100
Cambrà d'aire					0,09	
Maó buit	0,04	0,222	670	1000		10
Guix	0,015	0,4	1350	1000		6
U global (W / m ² K)						0,57
U límit						0,73

Tancament interior	Gruix	λ	ρ	Cp	R	μ
	m	W/m K	kg/m ³	J/kg K	m ² K /W	
Enguixat	0,01	0,57	1150	1000		6
Totxo buit doble	0,09	0,432	930	1000		10
EPS	0,04	0,038	30	1000		6
Tabic totxo buit simple	0,04	0,228	670	1000		
Enguixat	0,01	0,57	1150	1000		
U global (W / m ² K)						0,61

Forjat interior	Gruix	λ	ρ	Cp	R	μ
	m	W/m K	kg/m ³	J/kg K	m ² K /W	
Rajola ceràmica	0,025	1	2000	800		10
FR Entrevigat de formigó - Canto 350 mm	0,35	1,944	1610	1000		10
MW Llana mineral [0,04 W/mi]	0,03	0,041	40	1000		1
Cambrà d'aire					0,09	
Placa de guix o escaiola 750<d<900	0,02	0,25	825	1000		4
U global (W / m ² K)						0,78

FORJADO EXTERIOR	Gruix	λ	ρ	Cp	R	μ	
	m	W/m K	kg/m ³	J/kg K	m ² K /W		
Arena y grava [1700<d<2200]	0,05	2	1450	1050		50	
Morter de ciment o cal	0,03	1,3	1900	1000		1	
Polipropilè 25% fibra de vidre	0,005	0,25	1200	1800		10000	
XPS Expandit amb CO ₂	0,06	0,034	37,5	1000		50000	
Betún fieltro o llàmina	0,02	0,23	1100	1000		60	
FR Entrevigat de formigó-Canto 400 mm	0,4	2	1570	1000		10	
Suro Expandit pur 100<d<150	0,02	0,049	125	1560		5	
Cambra d'aire					0,09		
Placa de guix o escaiola 750<d<900	0,02	0,25	825	1000		4	
U global (W / m ² K)							0,34
U límite							0,41

Vidrio y Marco

Tipus de vidre	Vidre doble amb cambra d'aire (6+12+6)
U (W/m ² K)	2,8
Factor solar	0,66
Tipus de marc	Metàl·lic amb ruptura de pont tèrmic
U (W/m ² K)	1,16

Forat

% marco	12
Permeabilitat m ³ /m ² h	20
Factor solar global	0,58
U global	2,6

E.2 Sistemes de calefacció, ACS i refrigeració

Els factors de correcció de tots els equips són els que apareixen a la base de dades de CALENER VyP

E.2.1 Sistemes mixtes de calefacció i ACS centralitzat.

Taula E.2-1 Característiques sistemes mixtes de calefacció i ACS.

Demanda ACS	
Temperatura d'utilització	60°C
Temperatura d'impulsió ACS	45°C
Aport solar.	Segons taula 4.2.1
Calefacció	
Caldera Baixa Temperatura	
Potència individual de las unitats terminals	$= m^2 \text{ del local} * 0,082 \text{ (kW/m}^2\text{)}$
Potència caldera centralitzada	$= \text{Sumatori del kW de una planta} * \text{núm. plantes} * 1,2$
Rendiment	0,91
Tipus energia:	Gas Natural o Electricitat en funció de l'escenari
Temperatura impulsio calefacció	80°C
Acumulador	
Coefficient de pèrdues UA	1 W/°C
T consigna de baixa	45 C
T consigna de Alta	60°C
Volum.	En funció de taula 4.2.1

Taula E.2-2 Percentatge d'aportació solar al sistema de ACS en funció de l'energia de suport, la zona climàtica i la demanda de ACS.

	Unifamiliar		15 habitatges		44 habitatges		77 habitatges	
	m ² habitabl e	l/dia	m ² habitabl e	l/dia	m ² habitabl e	l/dia	m ² habitabl e	l/dia
	236	180	1415	1273	6342	5708	7954	7159
% de contribució solar mínima segons DB - HE4								
ZONA CLIMÀTICA	GN	ELEC T	GN	ELEC T	GN	ELEC T	GN	ELEC T
B4 - (ZONA V)	70	70	70	70	70	70	70	70
C2 - (ZONA II)	30	60	30	63	30	70	45	70
D3 - (ZONA IV)	60	70	60	70	65	70	70	70
E1 - ((ZONA II)	30	60	30	63	30	70	45	70

E.2.2 Sistemes de refrigeració

Taula E.2-3 Característiques sistemes de refrigeració elèctric

Unitats terminals	
UT d'impulsió de Aire	
Cabal d'impulsió nominal (per defecte)	
Equipo:	Expansió directa aire – aire

Taula E.2-4 Propietats bàsiques de l'equip d'expansió directa aire-aire només fres dels sistemes de refrigeració

Habitatges m ²	30-50	50-70	70-100
Propietats bàsiques			
Refrigeració total kW	5	9	11,3
Capacitat sensible kW	3,80	6,50	8,40
Consum refrigeració. kW	2,00	3,40	4,30
Cabal d'impulsió nominal	per defecte	por defecte	por defecte

E.2.3 Sistema ACS individual. Efecte Joule

Taula E.2-5 Característiques sistemes ACS individual. Efecte Joule

Caldera Eléctrica
Potència individual = 1,5kW
Rendiment 1
Acumulador:
T consigna de baixa 45 °C
T consigna de alta 60°C

Taula E.2-6 Capacitat de l'acumulador segons m² d'habitatge

Viviendas (m ²)	30-50	50-70	70-100
Capacitat	50	100	100

E.2.4 Sistema de calefacció individual

Taula E.2-7 Característiques sistemes calefacció individual.

Caldera Baixa Temperatura
Potència individual de les unitats terminals = m ² del local * 0,082 (kW/m ²)
Potència caldera individual = 24 kW
Rendiment: 0,91

Tipus d'energia: Gas Natural o Electricitat en funció de l'escenari

Temperatura impulsió calefacció 80°C

E.2.5 Sistema de calefacció i refrigeració elèctrics. Bomba de calor

Taula E.2-8 Característiques sistemes calefacció i refrigeració elèctrics.

Equip

Expansió directa Bomba de calor aire-aire

Taula E.2-9 Propietats bàsiques de l'equip d'expansió directa aire-aire Bomba de calor pels sistemes de calefacció i refrigeració.

Habitatges m ²	30-50	50-70	70-100
Refrigeració total kW	5	9	11.3
Capacitat sensible kW	3,80	6,50	8,40
Consum refrigeració kW	2,00	3,40	4,30
Capacitat calorífica kW	5,60	9,50	13,00
Consum Calor kW	1,90	2,90	4,50
Cabal d'impulsió nominal	per defecte		

E.3 Anàlisi econòmic. Edificis unifamiliar, 15, 44 i 77 habitatges

Per a tots els edificis s'ha considerat un temps de vida útil dels equips iguals als que apareixen a la següent taula.

Taula E.3-1. Temps útil de l'equip

Tiempo útil del equipo (anys)	
Calefacció	10
Refrigeració	15
ACS	25

E.3.1 Habitatge unifamiliar

Taula E.3-2. Habitatge unifamiliar. Zona C2. Escenari 1

Subministrament	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S
Centralitzat	GN	Electricitat	GN	80	30%
Habitatges	1				
Superfície m ²	236	18880 W			
Material	PVP	Total PVP	Preu instal·lació		
Caldera	1200	1200			
Xemeneia	200	200			
Escomesa de Gas	600	600			
Unitats Terminals	15.41	2771			
Vàlvules termostàtiques	20.14	100			
Partida Calefacció:		4871	5261		
Acumulador	417	417			
Energia Solar	3500	3500			
Partida E.S:		3917	4230		
Maquina de fred	1436	1436			
Fan coil	869	869			
Partida de Fred:		2305	2489		
		Total Instal·lació:	11981		
		€/m²:	50		

Taula E.3-3. Habitatge unifamiliar. Zona C2. Escenari 3

Subministrament	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S
Centralitzat	GN	Electricitat	Electricitat	80	60%
Habitatges	1				
Superfície m ²	236	18880 W			
Material	PVP	Total PVP	Preu instal·lació		
Caldera	1200	1200			
Xemeneia	200	200			
Escomesa de Gas	600	600			
Unitats Terminals	15.41	2770			
Vàlvules termostàtiques	20.14	100			
Partida Calefacció:		4871	5261		
Acumulador	417	417			
Energia Solar	4600	4600			
Partida E.S:		5017	5418		
Maquina de fred	1436	1436			
Fan coil	869	869			
Partida de Fred:		2305	2489		
		Total Instal·lació:	13168		
		€/m²:	55		

Taula E.3-4. Habitatge unifamiliar. Zona C2. Escenari 5

Subministrament	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S
Centralitzat	Electricitat	Electricitat	Electricitat	80	60%
Habitatges	1				
Superfície m ²	236	18880 W			
Material	PVP	Total PVP	Preu instal·lació		
Caldera	0	0			
Xemeneia	0	0			
Escomesa de Gas	0	0			
Unitats Terminal	0	0.00			
Vàlvules termostàtiques	0	0.00			
Partida Calefacció:		0	0		
Acumulador	417	417			
Energia Solar	4600	4600			
Partida E.S:		5017	5418		
Maquina de fred	2436	2436			
Fan coil	869	869			
Partida de Fred:		3305	3569		
		Total Instal·lació:	8987		
		€/m²:	38		

Taula E.3-5. Resum cost total de la instal·lació (€) . Zona climàtica C2

	Calefacció	Refrigeració	ACS
Escenari 1	5261	2489	4230
Escenari 3	5261	2489	5418
Escenari 5	0	3569	5418

Taula E.3-6. Cost instal·lació per m² i any (€/m²/any) Zona Climàtica C2

	Calefacció	Refrigeració	ACS
Escenari 1	2,23	0,70	0,72
Escenari 2	0,00	0,00	0,00
Escenari 3	2,23	0,70	0,92
Escenari 4	0,00	0,00	0,00
Escenari 5	0,00	1,01	0,92

Taula E.3-7. Habitatge unifamiliar. Zona B4. Escenari 1

Subministrament	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S
Centralitzat	GN	Electricitat	GN	80	70%
Habitatges	1				
Superfície m ²	236	18880 W			
Material	PVP	Total PVP	Preu instal·lació		
Caldera	1200	1200			
Xemeneia	200	200			
Escomesa de Gas	600	600			
Unitats Terminal	15.41	2771			
Vàlvules termostàtiques	20.14	100			
Partida Calefacció:		4871	5261		
Acumulador	417	417			
Energia Solar	5100	5100			
Partida E.S:		5517	5958		
Maquina de fred	1436	1436			
Fan coil	869	869			
Partida de Fred:		2305	2489		
		Total Instal·lació:	13709		
		€/m²:	58		

Taula E.3-8. Habitatge unifamiliar. Zona B4. Escenari 3

Subministrament	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S
Centralitzat	GN	Electricitat	Electricitat	80	70%
Habitatges	1				
Superfície m ²	236	18880 W			
Material	PVP	Total PVP	Preu instal·lació		
Caldera	1200	1200			
Xemeneia	200	200			
Escomesa de Gas	600	600			
Unitats Terminal	15.41	2770			
Vàlvules termostàtiques	20.14	100			
Partida Calefacció:		4871	5261		
Acumulador	417	417			
Energia Solar	5100	5100			
Partida E.S:		5517	5958		
Maquina de fred	1436	1436			
Fan coil	869	869			
Partida de Fred:		2305	2489		
		Total Instal·lació:	13709		
		€/m²:	58		

Taula E.3-9. Habitatge unifamiliar. Zona B4. Escenari 5

Subministrament	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. V/m ²	ES
Centralitzat	Electricitat	Electricitat	Electricitat	80	70%
Habitatges	1				
Superfície m ²	236	18880 W			
Material	PVP	Total PVP	Preu instal·lació		
Caldera	0	0			
Xemeneia	0	0			
Escomesa de Gas	0	0			
Unitats Terminal	0	0.00			
Vàlvules termostàtiques	0	0.00			
Partida Calefacció:		0	0		
Acumulador	417	417			
Energia Solar	5100	5100			
Partida E.S:		5517	5958		
Maquina de fred	2436	2436			
Fan coil	869	869			
Partida de Fred:		3305	3569		
		Total Instal·lació:	9527		
		€/m²:	40		

Taula E.3-10. Resum cost total de la instal·lació (€) . Zona climàtica B4

	Calefacció	Refrigeració	ACS
Escenari 1	5261	2489	5958
Escenari 3	5261	2489	5958
Escenari 5	0	3569	5958

Taula E.3-11. Cost instal·lació per m² i any (€/m²/any) Zona Climàtica B4

	Calefacció	Refrigeració	ACS
Escenari 1	2,23	1,05	1,68
Escenari 2	0,00	0,00	0,00
Escenari 3	2,23	1,05	1,68
Escenari 4	0,00	0,00	0,00
Escenari 5	0,00	1,51	1,68

Taula E.3-12. Habitatge unifamiliar. Zona D3. Escenari 1

Subministrament	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S
Centralitzat	GN	Electricitat	GN	100	60%
Habitatges	1				
Superfície m ²	236	23600 W			
Material	PVP	Total PVP	Preu instal·lació		
Caldera	1200	1200			
Xemeneia	200	200			
Escomesa de Gas	600	600			
Unitats Terminal	15.41	3463			
Vàlvules termostàtiques	20.14	100			
Partida Calefacció:		5564	6009		
Acumulador	417	417			
Energia Solar	4600	4600			
Partida E.S:		5017	5418		
Maquina de fred	1436	1436			
Fan coil	869	869			
Partida de Fred:		2305	2489		
		Total Instal·lació:	13917		
		€/m²:	59		

Taula E.3-13. Habitatge unifamiliar. Zona D3. Escenari 3

Subministrament	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S
Centralitzat	GN	Electricitat	Electricitat	100	70%
Habitatges	1				
Superfície m ²	236	23600 W			
Material	PVP	Total PVP	Preu instal·lació		
Caldera	1200	1200			
Xemeneia	200	200			
Escomesa de Gas	600	600			
Unitats Terminal	15.41	3463			
Vàlvules termostàtiques	20.14	100			
Partida Calefacció:		5563	6009		
Acumulador	417	417			
Energia Solar	5100	5100			
Partida E.S:		5517	5958		
Maquina de fred	1436	1436			
Fan coil	869	869			
Partida de Fred:		2305	2489		
		Total Instal·lació:	14457		
		€/m²:	61		

Taula E.3-14. Habitatge unifamiliar. Zona D3. Escenari 5

Subministrament	Calefacció	Refrigeració	ACS	pot. W/m ²	ES
Centralitzat	Electricitat	Electricitat	Electricitat	100	70%
Habitatges	1				
Superfície m ²	236	23600 W			
Material	PVP	Total PVP	Preu instal·lació		
Caldera	0	0			
Xemeneia	0	0			
Escomesa de Gas	0	0			
Unitats Terminal	0	0.00			
Vàlvules termostàtiques	0	0.00			
Partida Calefacció:		0	0		
Acumulador	417	417			
Energia Solar	5100	5100			
Partida E.S:		5517	5958		
Maquina de fred	2436	2436			
Fan coil	869	869			
Partida de Fred:		3305	3569		
		Total Instal·lació:	9527		
		€/m²:	40		

Taula E.3-15. Resum cost total de la instal·lació (€) . Zona climàtica D3

	Calefacció	Refrigeració	ACS
Escenari 1	6009	2489	5418
Escenari 3	6009	2489	5958
Escenari 5	0	3569	5958

Taula E.3-16. Cost instal·lació per m² i any (€/m²/any) Zona Climàtica D3

	Calefacció	Refrigeració	ACS
Escenari 1	2,55	1,05	1,53
Escenari 2	0,00	0,00	0,00
Escenari 3	2,55	1,05	1,68
Escenari 4	0,00	0,00	0,00
Escenari 5	0,00	1,51	1,68

Taula E.3-17. Habitatge unifamiliar. Zona E1. Escenari 1

Subministrament	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S
Centralitzat	GN	Electricitat	GN	100	30%
Habitatges	1				
Superfície m ²	236	23600			
Material	PVP	Total PVP	Preu instal·lació		
Caldera	1200	1200			
Xemeneia	200	200			
Escomesa de Gas	600	600			
Unitats Terminal	15.41	3463			
Vàlvules termostàtiques	20.14	100			
Partida Calefacció:		5564	6009		
Acumulador	417	417			
Energia Solar	3500	3500			
Partida E.S:		3917	4230		
Maquina de fred	1436	1436			
Fan coil	869	869			
Partida de Fred:		2305	2489		
		Total Instal·lació:	12729		
		€/m²:	53		

Taula E.3-18. Habitatge unifamiliar. Zona E1. Escenari 3

Subministrament	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S
Centralitzat	GN	Electricitat	Electricitat	80	60%
Habitatges	1				
Superfície m ²	236	23600 W			
Material	PVP	Total PVP	Preu instal·lació		
Caldera	1200	1200			
Xemeneia	200	200			
Escomesa de Gas	600	600			
Unitats Terminal	15.41	3463			
Vàlvules termostàtiques	20.14	100			
Partida Calefacció:		5563	6009		
Acumulador	417	417			
Energia Solar	4600	4600			
Partida E.S:		5017	5418		
Maquina de fred	1436	1436			
Fan coil	869	869			
Partida de Fred:		2305	2489		
		Total Instal·lació:	13917		
		€/m²:	59		

Taula E.3-19. Habitatge unifamiliar. Zona E1. Escenari 5

Subministrament	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	ES
Centralitzat	Electricitat	Electricitat	Electricitat	100	70%
Habitatges	1				
Superfície m ²	236	23600 W			
Material	PVP	Total PVP	Preu instal·lació		
Caldera	0	0			
Xemeneia	0	0			
Escomesa de Gas	0	0			
Unitats Terminal	0	0.00			
Vàlvules termostàtiques	0	0.00			
Partida Calefacció:		0	0		
Acumulador	417	417			
Energia Solar	4600	4600			
Partida E.S:		5017	5418		
Maquina de fred	2436	2436			
Fan coil	869	869			
Partida de Fred:		3305	3569		
		Total Instal·lació:	8988		
		€/m²:	38		

Taula E.3-20. Resum cost total de la instal·lació (€) . Zona climàtica E1

	Calefacció	Refrigeració	ACS
Escenari 1	6009	2489	4230
Escenari 3	6009	2489	5418
Escenari 5	0	3569	5418

Taula E.3-21. Cost instal·lació per m² i any (€/m²/any) Zona Climàtica E1

	Calefacció	Refrigeració	ACS
Escenari 1	2,55	1,05	1,20
Escenari 2	0,00	0,00	0,00
Escenari 3	2,55	1,05	1,53
Escenari 4	0,00	0,00	0,00
Escenari 5	0,00	1,51	1,53

E.3.2 Edifici 15 habitatges

Taula E.3-22. Edifici 15 habitatges. Zona C2. Escenari 1 i 2

	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S	
	GN	Electricitat	GN	80	30%	
Habitatges	15					
Superfície m ²	90 m ² /hab	1350 m ²	108000 W			
Material	Total PVP		Preu instal·lació			
	Escenari 1 (Centralitzat)	Escenari 2 (Individual)	Escenari 1 (Centralitzat)		Escenari 2 (Individual)	
			Total	preu/hab	Total	preu/hab
Sala màquines / Caldera	31000	18000				
Xemeneia	500	4500				
Escomesa de Gas	800	10500				
Unitats Terminals	15850	15850				
Vàlvules termostàtiques	906	906				
Partida Calefacció:	49056	49756	52981	3532	53737	3582
Acumulador	0	450				
Energia Solar	20550	20550				
Partida E.S:	20550	21000	22194	1479	22680	1512
Maquina de fred	21540	21540				
Fan coil	13035	13035				
Partida de Fred:	34575	34575	37341	2489	37341	1489
Total Instal·lació:			112516		113758	
	€/m ² :		83		84	

Taula E.3-23. Edifici 15 habitatges. Zona C2. Escenari 3 i 4

	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S	
	GN	Electricitat	GN	80	63%	
Habitatges	15					
Superfície m ²	90 m ² /hab	1350 m ²	108000 W			
Material	Total PVP		Preu instal·lació			
	Escenari 1 (Centralitzat)	Escenari 2 (Individual)	Escenari 1 (Centralitzat)		Escenari 2 (Individual)	
			Total	preu/hab	Total	preu/hab
Sala màquines / Caldera	31000	18000				
Xemeneia	500	4500				
Escomesa de Gas	800	10500				
Unitats Terminals	15850	15850				
Vàlvules termostàtiques	906	906				
Partida Calefacció:	49056	49756	52981	3532	53737	3582
Acumulador	6750	6750				
Energia Solar	22550	22550				
Partida E.S:	29250	29250	31590	2106	31590	2106
Maquina de fred	21540	21540				
Fan coil	13035	13035				
Partida de Fred:	34575	34575	37341	2489	37341	2489
Total Instal·lació:			121912		122668	
	€/m ² :		90		91	

Taula E.3-24. Edifici 15 habitatges. Zona C2. Escenari 5

	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S
	Electricitat	Electricitat	Electricitat	80	63%
Habitatges	15				
Superfície m ²	90	1350 m ²	108000 W		
Material	PVP	Total PVP	Preu instal·lació		
Caldera	0	0			
Xemeneia	0	0			
Escomesa de Gas	0	0			
Unitats Terminals	0	0.00			
Vàlvules termostàtiques	0	0.00			
Partida Calefacció:		0	0		
Acumulador	450	6750			
Energia Solar	22500	22500			
Partida E.S:		29250	31590	2106 €/hab	
Maquina de fred	2436	36540			
Fan coil	869	13035			
Partida de Fred:		49575	53541	3569 €/hab	
		Total Instal·lació:	85131		
		€/m²:	63		

Taula E.3-25. Resum cost total de la instal·lació (€/hab) . Zona climàtica C2

	Calefacció	Refrigeració	ACS
Escenari 1	3532	2489	1479
Escenari 2	3582	2489	1512
Escenari 3	3532	2489	2106
Escenari 4	3582	2489	2106
Escenari 5	0	3569	2106

Taula E.3-26. Cost instal·lació per m² i any (€/m²/any) Zona Climàtica C2

	Calefacció	Refrigeració	ACS
Escenari 1	3,92	2,77	1,10
Escenari 2	3,98	2,77	1,12
Escenari 3	3,92	2,77	1,56
Escenari 4	3,98	2,77	1,56
Escenari 5	0,00	3,97	1,56

Taula E.3-27. Edifici 15 habitatges. Zona B4. Escenari 1 i 2

	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S	
	GN	Electricitat	GN	80	70%	
Habitatges	15					
Superfície m ²	90 m ² /hab	1350 m ²	108000 W			
Material	Total PVP		Preu instal·lació			
	Escenari 1 (Centralitzat)	Escenari 2 (Individual)	Escenari 1 (Centralitzat)		Escenari 2 (Individual)	
			Total	preu/hab	Total	preu/hab
Sala màquines / Caldera	31000	18000				
Xemeneia	500	4500				
Escomesa de Gas	800	10500				
Unitats Terminals	15850	15850				
Vàlvules termostàtiques	906	906				
Partida Calefacció:	49056	49756	52981	3532	53737	3582
Acumulador	0	450				
Energia Solar	25050	25050				
Partida E.S:	20550	25500	27054	1803	27540	1836
Maquina de fred	21540	21540				
Fan coil	13035	13035				
Partida de Fred:	34575	34575	37341	2489	37341	2489
Total Instal·lació:			117376		118618	
	€/m²:		87		88	

Taula E.3-28. Edifici 15 habitatges. Zona B4. Escenari 3 i 4

	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S	
	GN	Electricitat	GN	80	70%	
Habitatges	15					
Superfície m ²	90 m ² /hab	1350 m ²	108000 W			
Material	Total PVP		Preu instal·lació			
	Escenari 1 (Centralitzat)	Escenari 2 (Individual)	Escenari 1 (Centralitzat)		Escenari 2 (Individual)	
			Total	preu/hab	Total	preu/hab
Sala màquines / Caldera	31000	18000				
Xemeneia	500	4500				
Escomesa de Gas	800	10500				
Unitats Terminals	15850	15850				
Vàlvules termostàtiques	906	906				
Partida Calefacció:	49056	49756	52981	3532	53737	3582
Acumulador	6750	6750				
Energia Solar	25050	25050				
Partida E.S:	31800	31800	34344	2289	34344	2289
Maquina de fred	21540	21540				
Fan coil	13035	13035				
Partida de Fred:	34575	34575	37341	2489	37341	2489
Total Instal·lació:			124666		125422	
	€/m²:		92		93	

Taula E.3-29. Edifici 15 habitatges. Zona B4. Escenari 5

	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S
	Electricitat	Electricitat	Electricitat	80	70%
Habitatges	15				
Superfície m ²	90	1350 m ²	108000 W		
Material	PVP	Total PVP	Preu instal·lació		
Caldera	0	0			
Xemeneia	0	0			
Escomesa de Gas	0	0			
Unitats Terminals	0	0.00			
Vàlvules termostàtiques	0	0.00			
Partida Calefacció:		0	0		
Acumulador	450	6750			
Energia Solar	22500	25050			
Partida E.S:		31800	34344	2289 €/hab	
Maquina de fred	2436	36540			
Fan coil	869	13035			
Partida de Fred:		49575	53541	3569 €/hab	
		Total Instal·lació:	87885		
		€/m²:	65		

Taula E.3-30. Resum cost total de la instal·lació (€/hab) . Zona climàtica B4

	Calefacció	Refrigeració	ACS
Escenari 1	3532	2489	1803
Escenari 2	3582	2489	1836
Escenari 3	3532	2489	2289
Escenari 4	3582	2489	2289
Escenari 5	0	3569	2289

Taula E.3-31. Cost instal·lació per m² i any (€/m²/any) Zona Climàtica B4

	Calefacció	Refrigeració	ACS
Escenari 1	3,92	2,77	1,34
Escenari 2	3,98	2,77	1,36
Escenari 3	3,92	2,77	1,70
Escenari 4	3,98	2,77	1,70
Escenari 5	0,00	3,97	1,70

Taula E.3-32. Edifici 15 habitatges. Zona D3. Escenari 1 i 2

	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S	
	GN	Electricitat	GN	100	60%	
Habitatges	15					
Superfície m ²	90 m ² /hab	1350 m ²	135000 W			
Material	Total PVP		Preu instal·lació			
	Escenari 1 (Centralitzat)	Escenari 2 (Individual)	Escenari 1 (Centralitzat)		Escenari 2 (Individual)	
			Total	preu/hab	Total	preu/hab
Sala màquines / Caldera	31000	18000				
Xemeneia	500	4500				
Escomesa de Gas	800	10500				
Unitats Terminals	19812	19812				
Vàlvules termostàtiques	906	906				
Partida Calefacció:	53019	53719	57260	3817	58017	3867
Acumulador	0	450				
Energia Solar	22500	22500				
Partida E.S:	22500	22950	27054	1803	24786	1652
Maquina de fred	21540	21540				
Fan coil	13035	13035				
Partida de Fred:	34575	34575	37341	2489	37341	2489
Total Instal·lació:			118901		120143	
	€/m²:		88		89	

Taula E.3-33. Edifici 15 habitatges. Zona D3. Escenari 3 i 4

	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S	
	GN	Electricitat	GN	100	70%	
Habitatges	15					
Superfície m ²	90 m ² /hab	1350 m ²	135000 W			
Material	Total PVP		Preu instal·lació			
	Escenari 1 (Centralitzat)	Escenari 2 (Individual)	Escenari 1 (Centralitzat)		Escenari 2 (Individual)	
			Total	preu/hab	Total	preu/hab
Sala màquines / Caldera	31000	18000				
Xemeneia	500	4500				
Escomesa de Gas	800	10500				
Unitats Terminals	19812	19812				
Vàlvules termostàtiques	906	906				
Partida Calefacció:	53019	53719	57260	3817	58016	3867
Acumulador	6750	6750				
Energia Solar	25050	25050				
Partida E.S:	31800	31800	34344	2289	34344	2289
Maquina de fred	21540	21540				
Fan coil	13035	13035				
Partida de Fred:	34575	34575	37341	2489	37341	2489
Total Instal·lació:			128945		129701	
	€/m²:		95		96	

Taula E.3-34. Edifici 15 habitatges. Zona D3. Escenari 5

	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S
	Electricitat	Electricitat	Electricitat	100	70%
Habitatges	15				
Superfície m ²	90	1350 m ²	135000 W		
Material	PVP	Total PVP	Preu instal·lació		
Caldera	0	0			
Xemeneia	0	0			
Escomesa de Gas	0	0			
Unitats Terminals	0	0.00			
Vàlvules termostàtiques	0	0.00			
Partida Calefacció:		0	0		
Acumulador	450	6750			
Energia Solar	22500	25050			
Partida E.S:		31800	34344	2289 €/hab	
Maquina de fred	2436	36540			
Fan coil	869	13035			
Partida de Fred:		49575	53541	3569 €/hab	
		Total Instal·lació:	87885		
		€/m²:	65		

Taula E.3-35. Resum cost total de la instal·lació (€/hab) . Zona climàtica D3

	Calefacció	Refrigeració	ACS
Escenari 1	3817	2489	1620
Escenari 2	2867	2489	1652
Escenari 3	3817	2489	2289
Escenari 4	3867	2489	2289
Escenari 5	0	3569	2289

Taula E.3-36. Cost instal·lació per m² i any (€/m²/any) Zona Climàtica D3

	Calefacció	Refrigeració	ACS
Escenari 1	4,24	2,77	1,20
Escenari 2	4,30	2,77	1,22
Escenari 3	4,24	2,77	1,70
Escenari 4	4,30	2,77	1,70
Escenari 5	0,00	3,97	1,70

Taula E.3-37. Edifici 15 habitatges. Zona E1. Escenari 1 i 2

	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S	
	GN	Electricitat	GN	100	30%	
Habitatges	15					
Superfície m ²	90 m ² /hab	1350 m ²	135000 W			
Material	Total PVP		Preu instal·lació			
	Escenari 1 (Centralitzat)	Escenari 2 (Individual)	Escenari 1 (Centralitzat)		Escenari 2 (Individual)	
			Total	preu/hab	Total	preu/hab
Sala màquines / Caldera	31000	18000				
Xemeneia	500	4500				
Escomesa de Gas	800	10500				
Unitats Terminals	19812	19812				
Vàlvules termostàtiques	906	906				
Partida Calefacció:	53019	53719	57260	3817	58017	3867
Acumulador	0	450				
Energia Solar	20550	20550				
Partida E.S:	20550	21000	22194	1479	22680	1512
Maquina de fred						
Fan coil						
Partida de Fred:						
Total Instal·lació:			79454		80696	
	€/m²:		59		60	

Taula E.3-38. Edifici 15 habitatges. Zona E1. Escenari 3 i 4

	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S	
	GN	Electricitat	GN	100	63%	
Habitatges	15					
Superfície m ²	90 m ² /hab	1350 m ²	135000 W			
Material	Total PVP		Preu instal·lació			
	Escenari 1 (Centralitzat)	Escenari 2 (Individual)	Escenari 1 (Centralitzat)		Escenari 2 (Individual)	
			Total	preu/hab	Total	preu/hab
Sala màquines / Caldera	31000	18000				
Xemeneia	500	4500				
Escomesa de Gas	800	10500				
Unitats Terminals	19812	19812				
Vàlvules termostàtiques	906	906				
Partida Calefacció:	53019	53719	57260	3817	58016	3867
Acumulador	6750	6750				
Energia Solar	22500	22500				
Partida E.S:	29250	29250	31590	2106	31590	2106
Maquina de fred						
Fan coil						
Partida de Fred:						
Total Instal·lació:			88850		89606	
	€/m²:		65		66	

Taula E.3-39. Edifici 15 habitatges. Zona E1. Escenari 5

	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S
	Electricitat	Electricitat	Electricitat	100	63%
Habitatges	15				
Superfície m ²	90	1350 m ²	135000 W		
Material	PVP	Total PVP	Preu instal·lació		
Caldera	0	0			
Xemeneia	0	0			
Escomesa de Gas	0	0			
Unitats Terminals	0	0.00			
Vàlvules termostàtiques	0	0.00			
Partida Calefacció:		0	0		
Acumulador	450	6750			
Energia Solar	22500	22500			
Partida E.S:		29250	31590	2106 €/hab	
Maquina de fred	2436	36540			
Fan coil	869	13035			
Partida de Fred:		49575	53541	3569 €/hab	
		Total Instal·lació:	85131		
		€/m²:	63		

Taula E.3-40. Resum cost total de la instal·lació (€/hab) . Zona climàtica E1

	Calefacció	Refrigeració	ACS
Escenari 1	3817	0	1479
Escenari 2	3867	0	1512
Escenari 3	3817	0	2106
Escenari 4	3867	0	2106
Escenari 5	0	3569	2106

Taula E.3-41. Cost instal·lació per m² i any (€/m²/any) Zona Climàtica E1

	Calefacció	Refrigeració	ACS
Escenari 1	4,24	0,00	1,20
Escenari 2	4,30	0,00	1,12
Escenari 3	4,24	0,00	1,56
Escenari 4	4,30	0,00	1,56
Escenari 5	0,00	3,97	1,56

E.3.3 Edifici 44 habitatges

Taula E.3-42. Edifici 44 habitatges. Zona C2. Escenari 1 i 2

	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S	
	GN	Electricitat	GN	80	30%	
Habitatges	44					
Superfície m ²	90 m ² /hab	3960 m ²	316800 W			
Material	Total PVP		Preu instal·lació			
	Escenari 1 (Centralitzat)	Escenari 2 (Individual)	Escenari 1 (Centralitzat)		Escenari 2 (Individual)	
			Total	preu/hab	Total	preu/hab
Sala màquines / Caldera	60000	52800				
Xemeneia	500	13200				
Escomesa de Gas	800	30800				
Unitats Terminals	46494	46494				
Vàlvules termostàtiques	2658	2658				
Partida Calefacció:	110452	145952	119288	2711	157628	3582
Acumulador	0	450				
Energia Solar	60280	60280				
Partida E.S:	60280	60730	65102	1479	65588	1490
Maquina de fred	63184	63184				
Fan coil	38236	38236				
Partida de Fred:	101420	101420	109533	2489	109533	2489
Total Instal·lació:			293924		332750	
	€/m ² :		74		84	

Taula E.3-43. Edifici 44 habitatges. Zona C2. Escenari 3 i 4

	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S	
	GN	Electricitat	GN	80	70%	
Habitatges	44					
Superfície m ²	90 m ² /hab	3960 m ²	316800 W			
Material	Total PVP		Preu instal·lació			
	Escenari 1 (Centralitzat)	Escenari 2 (Individual)	Escenari 1 (Centralitzat)		Escenari 2 (Individual)	
			Total	preu/hab	Total	preu/hab
Sala màquines / Caldera	60000	52800				
Xemeneia	500	13200				
Escomesa de Gas	800	30800				
Unitats Terminals	46494	46494				
Vàlvules termostàtiques	2658	2658				
Partida Calefacció:	110452	145952	119288	2711	157628	3582
Acumulador	19800	19800				
Energia Solar	73480	73480				
Partida E.S:	93280	93280	100742	2289	100742	2289
Maquina de fred	63184	63184				
Fan coil	38236	38236				
Partida de Fred:	101420	101420	109533	2489	109533	2489
Total Instal·lació:			329564		367904	
	€/m ² :		83		92	

Taula E.3-44. Edifici 44 habitatges. Zona C2. Escenari 5

	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S
	Electricitat	Electricitat	Electricitat	80	70%
Habitatges	44				
Superfície m ²	90	3960 m ²	316800 W		
Material	PVP	Total PVP	Preu instal·lació		
Caldera	0	0			
Xemeneia	0	0			
Escomesa de Gas	0	0			
Unitats Terminals	0	0.00			
Vàlvules termostàtiques	0	0.00			
Partida Calefacció:		0	0		
Acumulador	450	19800			
Energia Solar	73480	73480			
Partida E.S:		93280	100742	2289 €/hab	
Maquina de fred	2436	107184			
Fan coil	869	38236			
Partida de Fred:		145420	157053	3569 €/hab	
		Total Instal·lació:	257796		
		€/m²:	65		

Taula E.3-45. Resum cost total de la instal·lació (€/hab) . Zona climàtica C2

	Calefacció	Refrigeració	ACS
Escenari 1	2711	2489	1479
Escenari 2	3582	2489	1490
Escenari 3	2711	2489	2289
Escenari 4	3582	2489	2289
Escenari 5	0	3569	2289

Taula E.3-46. Cost instal·lació per m² i any (€/m²/any) Zona Climàtica C2

	Calefacció	Refrigeració	ACS
Escenari 1	3,01	2,77	1,10
Escenari 2	3,98	2,77	1,12
Escenari 3	3,01	2,77	1,70
Escenari 4	3,98	2,77	1,70
Escenari 5	0,00	3,97	1,70

Taula E.3-47. Edifici 44 habitatges. Zona B4. Escenari 1 i 2

	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S	
	GN	Electricitat	GN	80	70%	
Habitatges	44					
Superfície m ²	90 m ² /hab	3960 m ²	316800 W			
Material	Total PVP		Preu instal·lació			
	Escenari 1 (Centralitzat)	Escenari 2 (Individual)	Escenari 1 (Centralitzat)		Escenari 2 (Individual)	
			Total	preu/hab	Total	preu/hab
Sala màquines / Caldera	60000	52800				
Xemeneia	500	13200				
Escomesa de Gas	800	30800				
Unitats Terminals	46494	46494				
Vàlvules termostàtiques	2658	2658				
Partida Calefacció:	110452	145952	119288	2711	157628	3582
Acumulador	0	450				
Energia Solar	73480	73480				
Partida E.S:	73480	73930	79358	1803	79844	1814
Maquina de fred	63184	63184				
Fan coil	38236	38236				
Partida de Fred:	101420	101420	109533	2489	109533	2489
Total Instal·lació:			308180		347006	
	€/m²:		78		87	

Taula E.3-48. Edifici 44 habitatges. Zona B4. Escenari 3 i 4

	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S	
	GN	Electricitat	GN	80	70%	
Habitatges	44					
Superfície m ²	90 m ² /hab	3960 m ²	316800 W			
Material	Total PVP		Preu instal·lació			
	Escenari 1 (Centralitzat)	Escenari 2 (Individual)	Escenari 1 (Centralitzat)		Escenari 2 (Individual)	
			Total	preu/hab	Total	preu/hab
Sala màquines / Caldera	60000	52800				
Xemeneia	500	13200				
Escomesa de Gas	800	30800				
Unitats Terminals	46494	46494				
Vàlvules termostàtiques	2658	2658				
Partida Calefacció:	110452	145952	119288	2711	157628	3582
Acumulador	19800	19800				
Energia Solar	73480	73480				
Partida E.S:	93280	93280	100742	2289	100742	2289
Maquina de fred	63184	63184				
Fan coil	38236	38236				
Partida de Fred:	101420	101420	109533	2489	109533	2489
Total Instal·lació:			329564		367904	
	€/m²:		83		92	

Taula E.3-49. Edifici 44 habitatges. Zona B4. Escenari 5

	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S
	Electricitat	Electricitat	Electricitat	80	70%
Habitatges	15				
Superfície m ²	90	1350 m ²	108000 W		
Material	PVP	Total PVP	Preu instal·lació		
Caldera	0	0			
Xemeneia	0	0			
Escomesa de Gas	0	0			
Unitats Terminals	0	0.00			
Vàlvules termostàtiques	0	0.00			
Partida Calefacció:		0	0		
Acumulador	450	19800			
Energia Solar	22500	73480			
Partida E.S:		93280	100742	2289 €/hab	
Maquina de fred	2436	107184			
Fan coil	869	38236			
Partida de Fred:		145420	157053	3569 €/hab	
		Total Instal·lació:	257796		
		€/m²:	65		

Taula E.3-50. Resum cost total de la instal·lació (€/hab) . Zona climàtica B4

	Calefacció	Refrigeració	ACS
Escenari 1	2711	2489	1803
Escenari 2	3582	2489	1814
Escenari 3	2711	2489	2289
Escenari 4	3582	2489	2289
Escenari 5	0	3569	2289

Taula E.3-51. Cost instal·lació per m² i any (€/m²/any) Zona Climàtica B4

	Calefacció	Refrigeració	ACS
Escenari 1	3,01	2,77	1,10
Escenari 2	3,98	2,77	1,10
Escenari 3	3,01	2,77	1,70
Escenari 4	3,98	2,77	1,70
Escenari 5	0,00	3,97	1,70

Taula E.3-52. Edifici 44 habitatges. Zona D3. Escenari 1 i 2

	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S	
	GN	Electricitat	GN	100	70%	
Habitatges	44					
Superfície m ²	90 m ² /hab	3960 m ²	396000 W			
Material	Total PVP		Preu instal·lació			
	Escenari 1 (Centralitzat)	Escenari 2 (Individual)	Escenari 1 (Centralitzat)		Escenari 2 (Individual)	
			Total	preu/hab	Total	preu/hab
Sala màquines / Caldera	60000	52800				
Xemeneia	500	13200				
Escomesa de Gas	800	30800				
Unitats Terminals	58117	58117				
Vàlvules termostàtiques	2658	2658				
Partida Calefacció:	122076	157576	131842	2996	170182	3867
Acumulador	0	450				
Energia Solar	66000	66000				
Partida E.S:	66000	66450	71280	1620	71766	1631
Maquina de fred	63184	63184				
Fan coil	38236	38236				
Partida de Fred:	101420	101420	109533	2489	109533	2489
Total Instal·lació:			312655		351481	
	€/m²:		79		89	

Taula E.3-53. Edifici 44 habitatges. Zona D3. Escenari 3 i 4

	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S	
	GN	Electricitat	GN	100	70%	
Habitatges	44					
Superfície m ²	90 m ² /hab	3960 m ²	396000 W			
Material	Total PVP		Preu instal·lació			
	Escenari 1 (Centralitzat)	Escenari 2 (Individual)	Escenari 1 (Centralitzat)		Escenari 2 (Individual)	
			Total	preu/hab	Total	preu/hab
Sala màquines / Caldera	60000	52800				
Xemeneia	500	13200				
Escomesa de Gas	800	30800				
Unitats Terminals	58117	58117				
Vàlvules termostàtiques	2658	2658				
Partida Calefacció:	122076	157576	131842	2996	170182	3867
Acumulador	19800	19800				
Energia Solar	73480	73480				
Partida E.S:	93280	93280	100742	2289	100742	2289
Maquina de fred	63184	63184				
Fan coil	38236	38236				
Partida de Fred:	101420	101420	109533	2489	109533	2489
Total Instal·lació:			342118		380458	
	€/m²:		86		96	

Taula E.3-54. Edifici 44 habitatges. Zona D3. Escenari 5

	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S
	Electricitat	Electricitat	Electricitat	100	70%
Habitatges	44				
Superfície m ²	90	3960 m ²	396000 W		
Material	PVP	Total PVP	Preu instal·lació		
Caldera	0	0			
Xemeneia	0	0			
Escomesa de Gas	0	0			
Unitats Terminals	0	0.00			
Vàlvules termostàtiques	0	0.00			
Partida Calefacció:		0	0		
Acumulador	450	19800			
Energia Solar	73480	73480			
Partida E.S:		93280	100742	2289 €/hab	
Maquina de fred	2436	107184			
Fan coil	869	38236			
Partida de Fred:		145420	157053	3569 €/hab	
		Total Instal·lació:	257796		
		€/m²:	65		

Taula E.3-55. Resum cost total de la instal·lació (€/hab) . Zona climàtica D3

	Calefacció	Refrigeració	ACS
Escenari 1	2966	2489	1620
Escenari 2	3867	2489	1631
Escenari 3	2996	2489	2289
Escenari 4	3867	2489	2289
Escenari 5	0	3569	2289

Taula E.3-56. Cost instal·lació per m² i any (€/m²/any) Zona Climàtica D3

	Calefacció	Refrigeració	ACS
Escenari 1	3,33	2,77	1,20
Escenari 2	4,30	2,77	1,21
Escenari 3	3,33	2,77	1,70
Escenari 4	4,30	2,77	1,70
Escenari 5	0,00	3,97	1,70

Taula E.3-57. Edifici 44 habitatges. Zona E1. Escenari 1 i 2

	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S	
	GN	Electricitat	GN	100	30%	
Habitatges	44					
Superfície m ²	90 m ² /hab	3960 m ²	396000 W			
Material	Total PVP		Preu instal·lació			
	Escenari 1 (Centralitzat)	Escenari 2 (Individual)	Escenari 1 (Centralitzat)		Escenari 2 (Individual)	
			Total	preu/hab	Total	preu/hab
Sala màquines / Caldera	60000	52800				
Xemeneia	500	13200				
Escomesa de Gas	800	30800				
Unitats Terminals	58117	58117				
Vàlvules termostàtiques	2658	2658				
Partida Calefacció:	122076	157576	131842	2996	170182	3867
Acumulador		450				
Energia Solar	60280	60280				
Partida E.S:	60280	60730	65102	1479	60730	1490
Maquina de fred						
Fan coil						
Partida de Fred:						
Total Instal·lació:			196944		235770	
	€/m²:		50		59	

Taula E.3-58. Edifici 44 habitatges. Zona E1. Escenari 3 i 4

	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S	
	GN	Electricitat	GN	100	63%	
Habitatges	15					
Superfície m ²	90 m ² /hab	1350 m ²	135000 W			
Material	Total PVP		Preu instal·lació			
	Escenari 1 (Centralitzat)	Escenari 2 (Individual)	Escenari 1 (Centralitzat)		Escenari 2 (Individual)	
			Total	preu/hab	Total	preu/hab
Sala màquines / Caldera	60000	52800				
Xemeneia	500	13200				
Escomesa de Gas	800	30800				
Unitats Terminals	58117	58117				
Vàlvules termostàtiques	2658	2658				
Partida Calefacció:	122076	157576	131842	2996	170182	3867
Acumulador	19800	19800				
Energia Solar	73480	73480				
Partida E.S:	93280	93280	100742	2289	100742	2289
Maquina de fred						
Fan coil						
Partida de Fred:						
Total Instal·lació:			232584		270924	
	€/m²:		59		68	

Taula E.3-59. Edifici 44 habitatges. Zona E1. Escenari 5

	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S
	Electricitat	Electricitat	Electricitat	100	63%
Habitatges	44				
Superfície m ²	90	3960 m ²	396000 W		
Material	PVP	Total PVP	Preu instal·lació		
Caldera	0	0			
Xemeneia	0	0			
Escomesa de Gas	0	0			
Unitats Terminals	0	0.00			
Vàlvules termostàtiques	0	0.00			
Partida Calefacció:		0	0		
Acumulador	450	19800			
Energia Solar	73480	73480			
Partida E.S:		93280	100742	2289 €/hab	
Maquina de fred	2436	107184			
Fan coil	869	38236			
Partida de Fred:		145420	157053	3569 €/hab	
		Total Instal·lació:	257796		
		€/m²:	65		

Taula E.3-60. Resum cost total de la instal·lació (€/hab) . Zona climàtica E1

	Calefacció	Refrigeració	ACS
Escenari 1	2966	0	1479
Escenari 2	3867	0	1490
Escenari 3	2996	0	2289
Escenari 4	3867	0	2289
Escenari 5	0	3569	2289

Taula E.3-61. Cost instal·lació per m² i any (€/m²/any) Zona Climàtica E1

	Calefacció	Refrigeració	ACS
Escenari 1	3,33	0,00	1,10
Escenari 2	4,30	0,00	1,10
Escenari 3	3,33	0,00	1,70
Escenari 4	4,30	0,00	1,70
Escenari 5	0,00	3,97	1,70

E.3.4 Edifici 77 habitatges

Taula E.3-62. Edifici 77 habitatges. Zona C2. Escenari 1 i 2

	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S	
	GN	Electricitat	GN	80	45%	
Habitatges	77					
Superfície m ²	90 m ² /hab	6930 m ²	554400 W			
Material	Total PVP		Preu instal·lació			
	Escenari 1 (Centralitzat)	Escenari 2 (Individual)	Escenari 1 (Centralitzat)		Escenari 2 (Individual)	
			Total	preu/hab	Total	preu/hab
Sala màquines / Caldera	88000	92400				
Xemeneia	500	23100				
Escomesa de Gas	800	53900				
Unitats Terminals	81365	81365				
Vàlvules termostàtiques	4652	4652				
Partida Calefacció:	175317	255417	189343	2459	275851	3582
Acumulador	0	450				
Energia Solar	105490	105490				
Partida E.S:	105490	105940	113929	1480	114415	1486
Maquina de fred	110572	110572				
Fan coil	66913	66913				
Partida de Fred:	177485	177485	191684	2489	191684	2489
Total Instal·lació:			494956		581950	
	€/m ² :		71		84	

Taula E.3-63. Edifici 77 habitatges. Zona C2. Escenari 3 i 4

	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S	
	GN	Electricitat	GN	80	70%	
Habitatges	77					
Superfície m ²	90 m ² /hab	6930 m ²	554400 W			
Material	Total PVP		Preu instal·lació			
	Escenari 1 (Centralitzat)	Escenari 2 (Individual)	Escenari 1 (Centralitzat)		Escenari 2 (Individual)	
			Total	preu/hab	Total	preu/hab
Sala màquines / Caldera	88000	92400				
Xemeneia	500	23100				
Escomesa de Gas	800	53900				
Unitats Terminals	81365	81365				
Vàlvules termostàtiques	4652	4652				
Partida Calefacció:	175317	255417	189343	2459	275851	3582
Acumulador	34650	34650				
Energia Solar	128590	128590				
Partida E.S:	163240	163240	176299	2290	176299	2290
Maquina de fred	110572	110572				
Fan coil	66913	66913				
Partida de Fred:	177485	177485	191684	2489	191684	2489
Total Instal·lació:			557326		643834	
	€/m ² :		80		93	

Taula E.3-64. Edifici 77 habitatges. Zona C2. Escenari 5

	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S
	Electricitat	Electricitat	Electricitat	80	70%
Habitatges	77				
Superfície m ²	90 m ² /hab	6930 m ²	554400 W		
Material	PVP	Total PVP	Preu instal·lació		
Caldera	0	0			
Xemeneia	0	0			
Escomesa de Gas	0	0			
Unitats Terminals	0	0.00			
Vàlvules termostàtiques	0	0.00			
Partida Calefacció:		0	0		
Acumulador	450	34650			
Energia Solar	73480	128590			
Partida E.S:		163240	176299	2290 €/hab	
Maquina de fred	2436	187572			
Fan coil	869	66913			
Partida de Fred:		254485	274844	3569 €/hab	
		Total Instal·lació:	451143		
		€/m²:	65		

Taula E.3-65. Resum cost total de la instal·lació (€/hab) . Zona climàtica C2

	Calefacció	Refrigeració	ACS
Escenari 1	2459	2489	1480
Escenari 2	3582	2489	1486
Escenari 3	2459	2489	2290
Escenari 4	3582	2489	2290
Escenari 5	0	3569	2290

Taula E.3-66. Cost instal·lació per m² i any (€/m²/any) Zona Climàtica C2

	Calefacció	Refrigeració	ACS
Escenari 1	2,73	2,77	1,10
Escenari 2	3,98	2,77	1,10
Escenari 3	2,73	2,77	1,70
Escenari 4	3,98	2,77	1,70
Escenari 5	0,00	3,97	1,70

Taula E.3-67. Edifici 77 habitatges. Zona B4. Escenari 1 i 2

	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S	
	GN	Electricitat	GN	80	70%	
Habitatges	77					
Superfície m ²	90 m ² /hab	6930 m ²	554400 W			
Material	Total PVP		Preu instal·lació			
	Escenari 1 (Centralitzat)	Escenari 2 (Individual)	Escenari 1 (Centralitzat)		Escenari 2 (Individual)	
			Total	preu/hab	Total	preu/hab
Sala màquines / Caldera	88000	92400				
Xemeneia	500	23100				
Escomesa de Gas	800	53900				
Unitats Terminals	81365	81365				
Vàlvules termostàtiques	4652	4652				
Partida Calefacció:	175317	255417	189343	2459	275851	3582
Acumulador	0	450				
Energia Solar	128590	128590				
Partida E.S:	128590	129040	138877	1804	139363	1810
Maquina de fred	110572	110572				
Fan coil	66913	66913				
Partida de Fred:	177485	177485	191684	2489	191684	2489
Total Instal·lació:			519904		606898	
	€/m²:		75		88	

Taula E.3-68. Edifici 77 habitatges. Zona B4. Escenari 3 i 4

	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S	
	GN	Electricitat	GN	80	70%	
Habitatges	77					
Superfície m ²	90 m ² /hab	6930 m ²	554400 W			
Material	Total PVP		Preu instal·lació			
	Escenari 1 (Centralitzat)	Escenari 2 (Individual)	Escenari 1 (Centralitzat)		Escenari 2 (Individual)	
			Total	preu/hab	Total	preu/hab
Sala màquines / Caldera	88000	92400				
Xemeneia	500	23100				
Escomesa de Gas	800	53900				
Unitats Terminals	81365	81365				
Vàlvules termostàtiques	4652	4652				
Partida Calefacció:	175317	255417	189343	2459	275851	3582
Acumulador	34650	34650				
Energia Solar	128590	128590				
Partida E.S:	163240	163240	176299	2290	176299	2290
Maquina de fred	110572	110572				
Fan coil	66913	66913				
Partida de Fred:	177485	177485	191684	2489	191684	2489
Total Instal·lació:			557326		643834	
	€/m²:		80		93	

Taula E.3-69. Edifici 77 habitatges. Zona B4. Escenari 5

	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S
	Electricitat	Electricitat	Electricitat	80	70%
Habitatges	77				
Superfície m ²	90 m ² /hab	6930 m ²	554400 W		
Material	PVP	Total PVP	Preu instal·lació		
Caldera	0	0			
Xemeneia	0	0			
Escomesa de Gas	0	0			
Unitats Terminals	0	0.00			
Vàlvules termostàtiques	0	0.00			
Partida Calefacció:		0	0		
Acumulador	450	34650			
Energia Solar	128590	128590			
Partida E.S:		163240	176299	2290 €/m²	
Maquina de fred	2436	187572			
Fan coil	869	66913			
Partida de Fred:		254485	274844	3569 €/hab	
		Total Instal·lació:	451143		
		€/m²:	65		

Taula E.3-70. Resum cost total de la instal·lació (€/hab) . Zona climàtica B4

	Calefacció	Refrigeració	ACS
Escenari 1	2459	2489	1804
Escenari 2	3582	2489	1810
Escenari 3	2459	2489	2290
Escenari 4	3582	2489	2290
Escenari 5	0	3569	2290

Taula E.3-71. Cost instal·lació per m² i any (€/m²/any) Zona Climàtica B4

	Calefacció	Refrigeració	ACS
Escenari 1	2,73	2,77	1,34
Escenari 2	3,98	2,77	1,34
Escenari 3	2,73	2,77	1,70
Escenari 4	3,98	2,77	1,70
Escenari 5	0,00	3,97	1,70

Taula E.3-72. Edifici 77 habitatges. Zona D3. Escenari 1 i 2

	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S	
	GN	Electricitat	GN	100	70%	
Habitatges	77					
Superfície m ²	90 m ² /hab	6930 m ²	963000 W			
Material	Total PVP		Preu instal·lació			
	Escenari 1 (Centralitzat)	Escenari 2 (Individual)	Escenari 1 (Centralitzat)		Escenari 2 (Individual)	
			Total	preu/hab	Total	preu/hab
Sala màquines / Caldera	88000	92400				
Xemeneia	500	23100				
Escomesa de Gas	800	53900				
Unitats Terminals	101706	101706				
Vàlvules termostàtiques	4652	4652				
Partida Calefacció:	195658	275758	211311	2744	297819	3868
Acumulador	0	450				
Energia Solar	128590	128590				
Partida E.S:	128590	129040	138877	1804	139363	1810
Maquina de fred	110572	110572				
Fan coil	66913	66913				
Partida de Fred:	177485	177485	191684	2489	191684	2489
Total Instal·lació:			541872		628866	
	€/m²:		78		91	

Taula E.3-73. Edifici 77 habitatges. Zona D3. Escenari 3 i 4

	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S	
	GN	Electricitat	GN	100	70%	
Habitatges	77					
Superfície m ²	90 m ² /hab	6930 m ²	693000 W			
Material	Total PVP		Preu instal·lació			
	Escenari 1 (Centralitzat)	Escenari 2 (Individual)	Escenari 1 (Centralitzat)		Escenari 2 (Individual)	
			Total	preu/hab	Total	preu/hab
Sala màquines / Caldera	88000	92400				
Xemeneia	500	23100				
Escomesa de Gas	800	53900				
Unitats Terminals	101706	101706				
Vàlvules termostàtiques	4652	4652				
Partida Calefacció:	195658	275758	211311	2744	297819	3868
Acumulador	34650	34650				
Energia Solar	128590	128590				
Partida E.S:	163240	163240	176299	2290	176299	2290
Maquina de fred	110572	110572				
Fan coil	66913	66913				
Partida de Fred:	177485	177485	191684	2489	191684	2489
Total Instal·lació:			579294		665802	
	€/m²:		84		96	

Taula E.3-74. Edifici 77 habitatges. Zona D3. Escenari 5

	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S
	Electricitat	Electricitat	Electricitat	100	70%
Habitatges	77				
Superfície m ²	90 m ² /hab	6930 m ²	693000 W		
Material	PVP	Total PVP	Preu instal·lació		
Caldera	0	0			
Xemeneia	0	0			
Escomesa de Gas	0	0			
Unitats Terminals	0	0.00			
Vàlvules termostàtiques	0	0.00			
Partida Calefacció:		0	0		
Acumulador	450	34650			
Energia Solar	128590	128590			
Partida E.S:		163240	176299	2290 €/hab	
Maquina de fred	2436	187572			
Fan coil	869	66913			
Partida de Fred:		254485	274844	3569 €/hab	
		Total Instal·lació:	451143		
		€/m²:	65		

Taula E.3-75. Resum cost total de la instal·lació (€/hab) . Zona climàtica D3

	Calefacció	Refrigeració	ACS
Escenari 1	2744	2489	1804
Escenari 2	3868	2489	1810
Escenari 3	2744	2489	2290
Escenari 4	3868	2489	2290
Escenari 5	0	3569	2290

Taula E.3-76. Cost instal·lació per m² i any (€/m²/any) Zona Climàtica D3

	Calefacció	Refrigeració	ACS
Escenari 1	3,05	2,77	1,34
Escenari 2	4,30	2,77	1,34
Escenari 3	3,05	2,77	1,70
Escenari 4	4,30	2,77	1,70
Escenari 5	0,00	3,97	1,70

Taula E.3-77. Edifici 77 habitatges. Zona E1. Escenari 1 i 2

	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S	
	GN	Electricitat	GN	100	45%	
Habitatges	77					
Superfície m ²	90 m ² /hab	6930 m ²	693000 W			
Material	Total PVP		Preu instal·lació			
	Escenari 1 (Centralitzat)	Escenari 2 (Individual)	Escenari 1 (Centralitzat)		Escenari 2 (Individual)	
			Total	preu/hab	Total	preu/hab
Sala màquines / Caldera	88000	92400				
Xemeneia	500	23100				
Escomesa de Gas	800	53900				
Unitats Terminals	101706	101706				
Vàlvules termostàtiques	4652	4652				
Partida Calefacció:	195658	275758	211311	2744	297819	3868
Acumulador	0	450				
Energia Solar	105490	105490				
Partida E.S:	105490	105940	113929	1480	114415	1486
Maquina de fred						
Fan coil						
Partida de Fred:						
Total Instal·lació:			325240		412234	
	€/m²:		47		59	

Taula E.3-78. Edifici 77 habitatges. Zona E1. Escenari 3 i 4

	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S	
	GN	Electricitat	GN	100	70%	
Habitatges	77					
Superfície m ²	90 m ² /hab	6930 m ²	554400 W			
Material	Total PVP		Preu instal·lació			
	Escenari 1 (Centralitzat)	Escenari 2 (Individual)	Escenari 1 (Centralitzat)		Escenari 2 (Individual)	
			Total	preu/hab	Total	preu/hab
Sala màquines / Caldera	88000	92400				
Xemeneia	500	23100				
Escomesa de Gas	800	53900				
Unitats Terminals	101706	101706				
Vàlvules termostàtiques	4652	4652				
Partida Calefacció:	195658	275758	211311	2744	297819	3868
Acumulador	34650	34650				
Energia Solar	128590	128590				
Partida E.S:	163240	163240	176299	2290	176299	2290
Maquina de fred						
Fan coil						
Partida de Fred:						
Total Instal·lació:			387610		474118	
	€/m²:		56		68	

Taula E.3-79. Edifici 77 habitatges. Zona E1. Escenari 5

	Calefacció	Refrigeració	ACS	Pot. W/m ²	E.S
	Electricitat	Electricitat	Electricitat	100	70%
Habitatges	77				
Superfície m ²	90 m ² /hab	6930 m ²	693000 W		
Material	PVP	Total PVP	Preu instal·lació		
Caldera	0	0			
Xemeneia	0	0			
Escomesa de Gas	0	0			
Unitats Terminals	0	0.00			
Vàlvules termostàtiques	0	0.00			
Partida Calefacció:		0	0		
Acumulador	450	31500			
Energia Solar	116900	116900			
Partida E.S:		148400	160272	2290 €/hab	
Maquina de fred	2436	170520			
Fan coil	869	60830			
Partida de Fred:		231350	249858	3569 €/hab	
		Total Instal·lació:	410130		
		€/m²:	65		

Taula E.3-80. Resum cost total de la instal·lació (€/hab) . Zona climàtica E1

	Calefacció	Refrigeració	ACS
Escenari 1	2744	0	1480
Escenari 2	3868	0	1486
Escenari 3	2744	0	2290
Escenari 4	3868	0	2290
Escenari 5	0	3569	2290

Taula E.3-81. Cost instal·lació per m² i any (€/m²/any) Zona Climàtica E1

	Calefacció	Refrigeració	ACS
Escenari 1	3,05	0,00	1,10
Escenari 2	4,30	0,00	1,10
Escenari 3	3,05	0,00	1,70
Escenari 4	4,30	0,00	1,70
Escenari 5	0,00	3,97	1,70