

ADVERTIMENT. L'accés als continguts d'aquesta tesi doctoral i la seva utilització ha de respectar els drets de la persona autora. Pot ser utilitzada per a consulta o estudi personal, així com en activitats o materials d'investigació i docència en els termes establerts a l'art. 32 del Text Refós de la Llei de Propietat Intel·lectual (RDL 1/1996). Per altres utilitzacions es requereix l'autorització prèvia i expressa de la persona autora. En qualsevol cas, en la utilització dels seus continguts caldrà indicar de forma clara el nom i cognoms de la persona autora i el títol de la tesi doctoral. No s'autoritza la seva reproducció o altres formes d'explotació efectuades amb finalitats de lucre ni la seva comunicació pública des d'un lloc aliè al servei TDX. Tampoc s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant als continguts de la tesi com als seus resums i índexs.

ADVERTENCIA. El acceso a los contenidos de esta tesis doctoral y su utilización debe respetar los derechos de la persona autora. Puede ser utilizada para consulta o estudio personal, así como en actividades o materiales de investigación y docencia en los términos establecidos en el art. 32 del Texto Refundido de la Ley de Propiedad Intelectual (RDL 1/1996). Para otros usos se requiere la autorización previa y expresa de la persona autora. En cualquier caso, en la utilización de sus contenidos se deberá indicar de forma clara el nombre y apellidos de la persona autora y el título de la tesis doctoral. No se autoriza su reproducción u otras formas de explotación efectuadas con fines lucrativos ni su comunicación pública desde un sitio ajeno al servicio TDR. Tampoco se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al contenido de la tesis como a sus resúmenes e índices.

WARNING. Access to the contents of this doctoral thesis and its use must respect the rights of the author. It can be used for reference or private study, as well as research and learning activities or materials in the terms established by the 32nd article of the Spanish Consolidated Copyright Act (RDL 1/1996). Express and previous authorization of the author is required for any other uses. In any case, when using its content, full name of the author and title of the thesis must be clearly indicated. Reproduction or other forms of for profit use or public communication from outside TDX service is not allowed. Presentation of its content in a window or frame external to TDX (framing) is not authorized either. These rights affect both the content of the thesis and its abstracts and indexes.

TESI DOCTORAL

**CARACTERITZACIÓ DEL SECTOR DE L'EDIFICACIÓ DES DEL PUNT
DE VISTA DE LES EMISSIONS DE GASOS D'EFECTE HIVERNACLE**

Anna Pagès-Ramon
Universitat Politècnica de Catalunya 2012

TESI DOCTORAL

**CARACTERITZACIÓ DEL SECTOR DE L'EDIFICACIÓ DES DEL PUNT DE VISTA
DE LES EMISSIONS DE GASOS D'EFECTE HIVERNACLE**

Anna Pagès-Ramon

Director de la tesi: Albert Cuchí Burgos
Programa de doctorat: Àmbits de Recerca en l'Energia i el Medi Ambient a l'Arquitectura
Departament de Construccions Arquitectòniques I
Universitat Politècnica de Catalunya

2012

AGRAÏMENTS

Aquesta tesi ha estat possible gràcies a l'Albert Cuchí per la seva dedicació i per la seva manera de fer veure la sostenibilitat.

També ha estat possible gràcies a tots aquells que hi han contribuït des de l'àmbit acadèmic i professional; especialment als professors, amics i companys del programa de doctorat, del grup de recerca, de l'Escola d'Arquitectura del Vallès i del Dipartimento BEST del Politecnico di Milano.

Finalment, vull agrair a la Generalitat de Catalunya i al Ministerio de Educación y Ciencia el suport econòmic rebut amb les beques FI i FPU i, sobretot, vull agrair als amics i a la família la seva paciència i suport incondicional.

RESUM

L'acumulació dels gasos d'efecte hivernacle (GEH) a l'atmosfera, fruit d'una gestió insostenible dels recursos, està provocant una de les qüestions ambientals més crítiques a escala mundial: el canvi climàtic. Per evitar danys irreparables en el sistema climàtic, la comunitat científica estableix l'objectiu de reduir les emissions de l'any 2050 entre un 50 % i un 85 % respecte a les de 1990.

Reduir aquestes quantitats d'emissions implica un esforç important des de tots els sectors de la societat. També del sector de l'edificació, que és responsable de prop d'un terç de les emissions de carboni al món. Les emissions d'aquest sector, a més, s'han de reduir de forma urgent perquè una part molt important dels edificis que es construeixen i existeixen avui estaran en ús l'any 2050.

En aquest context es planteja l'objectiu de la tesi: caracteritzar el sector de l'edificació des del punt de vista de les emissions de GEH. Aquesta caracterització pretén donar una nova visió o manera d'entendre el sector que permeti –a diferència de moltes de les visions actuals que s'apliquen al sector per reduir emissions– fer front a les exigències de reducció de forma realment efectiva.

El procés de caracteritzar el sector parteix de la base que l'arrel del problema del canvi climàtic correspon a una gestió insostenible dels recursos utilitzats en la nostra societat. Per tant, es comença per definir què és l'edificació sostenible i, posteriorment, s'identifiquen, descriuen, classifiquen i relacionen els principals paràmetres que intervenen en la sostenibilitat del sector de l'edificació. Per assolir la sostenibilitat del sector és necessari que tots els fluxos materials implicats en l'habitabilitat –que és la utilitat que ha de proveir l'edificació– tanquin els cicles materials. És per això que s'identifiquen en dos grups els paràmetres que intervenen en la sostenibilitat del sector: el dels fluxos materials i el de l'habitabilitat. El primer és el que ha de servir per valorar el tancament dels cicles materials, i el segon, la satisfacció de les necessitats relacionades amb el fet d'habitar.

De tots els cicles materials possibles, només es consideren els que estan relacionats amb les emissions de GEH. Aquestes emissions, que s'acumulen a l'atmosfera, són un indicador directe de cicles materials oberts. A més, per la gravetat de l'impacte que causen i perquè tenen l'origen principal en la crema de combustibles fòssils, l'ús dels quals està generalitzat en totes les activitats de la societat, també es poden considerar un bon indicador de la insostenibilitat.

A part d'identificar els dos grups principals dels elements que intervenen en la sostenibilitat de l'edificació, la consideració d'un període de temps en l'anàlisi obliga a subdividir en dos el grup dels fluxos materials. Per una banda, els fluxos pròpiament dits, és a dir, allò que entra o surt de l'àmbit del sector durant el període d'anàlisi, i, per l'altra, el que s'anomena *fons de servei*, és a dir, el parc edificat que roman sense canvis i que es compon de materials que van ser i seran fluxos

materials en un altre període d'anàlisi. Així, els paràmetres principals de la caracterització són els fluxos materials (recursos), el fons de servei (parc edificat) i l'habitabilitat (ocupació).

La caracterització teòrica que es proposa es complementa amb la caracterització numèrica del sector de l'edificació espanyol. En aquest cas, es planteja una metodologia de quantificació dels elements que intervenen en la sostenibilitat del sector, al mateix temps que s'identifica la informació no disponible que seria necessària per poder fer una quantificació adequada.

Finalment, es compara de forma crítica la caracterització pròpia amb altres visions i estratègies que actuen sobre el sector de l'edificació per reduir-ne les emissions, destacant els aspectes que no coincideixen amb la caracterització proposada i que poden ser uns dels motius que impedeixen una reducció efectiva i eficient de les emissions.

Paraules clau: Sector de l'edificació, gasos d'efecte hivernacle, sostenibilitat.

ABSTRACT

The accumulation of greenhouse gases (GHGs) in the atmosphere, the outcome of unsustainable management of our resources, is triggering one of the most critical environmental issues worldwide: climate change. To avoid irreparable damage to the climate system, the scientific community has set the goal of lowering emissions to between 50% and 85% of 1990 levels by 2050.

Lowering emissions by these amounts entails a major effort from all sectors of society, including the building sector, which is responsible for around one-third of carbon emissions worldwide. The emissions from this sector must also be urgently lowered because many of the buildings that are built and exist today will still be in use in 2050.

The goal of this thesis, namely to describe the building sector from the standpoint of GHG emissions, was posited in this context. This description aims to provide a new vantage point or way of understanding the sector which, unlike many of the perspectives applied to the sector to lower emissions today, will enable us to handle the emissions reduction demands in a truly effective way.

The process of describing the sector is grounded upon the understanding that the root of the problem of climate change is the unsustainable management of the resources used in our society. Therefore, we begin by defining what sustainable construction is, in order to later identify, describe, classify and relate the main parameters that come into play in the sustainability of the building sector. In order to make the sector sustainable, all the material flows involved in habitability – which is the usefulness that should come from building – should close the material cycles. For this reason, the parameters that come into play in the sustainability of the sector are divided into two groups: material flows and habitability. The former is what should be used to assess the closure of the material cycles, while the latter can be used to assess whether the habitability needs are being met.

Of all the possible material cycles, we only consider the ones related to GHG emissions. These emissions, which accumulate in the atmosphere, are a direct indicator of open material cycles. What is more, because of the seriousness of their impact and because they mainly stem from the burning of fossil fuels, which are in widespread use in all of society's activities, they can also be considered a reliable indicator of unsustainability.

In addition to identifying the main groups of elements that come into play in the sustainability of construction, the consideration of a period of time in the analysis of the sector requires us to subdivide the material flows into two groups. The first group consists of the flows themselves, that

is, what enters or leaves the sector during the period of analysis, while the second group consists of what are called *fund of service*, that is, the stock of buildings that remain unchanged and are composed of materials that were and will be material flows in another period of analysis. Thus, the main parameters of the description are the material flows (resources), the fund of service (stock of buildings) and habitability (occupation).

The theoretical description is complemented by a numerical description of the Spanish building sector. In this case, we use the methodology of quantifying the elements that come into play in the sustainability of the sector, while we also identify the information that is unavailable but that would be necessary to make an accurate quantification.

Finally, we critically compare this description with other visions and strategies that act to lower the building sector's emissions, stressing the factors that do not dovetail with the description proposed in this thesis which might be one of the motives impeding an effective and efficient drop in emissions.

Keywords: Building sector, greenhouse gases, sustainability.

SUMARI

SUMARI.....	9
LLISTAT DE FIGURES.....	12
LLISTAT DE TAULES.....	16
CHAPTER 1.-E INTRODUCTION.....	21
1.1-E JUSTIFICATION.....	22
1.2-E QUESTION.....	24
1.3-E OBJECTIVES.....	25
1.4-E ORGANISATION.....	26
CAPÍTOL 1. INTRODUCCIÓ.....	29
1.1 JUSTIFICACIÓ.....	30
1.2 QÜESTIÓ.....	32
1.3 OBJECTIUS.....	33
1.4 ESTRUCTURA DEL TREBALL.....	34
CAPÍTOL 2. LES EMISSIONS DE GASOS D'EFECTE HIVERNACLE.....	37
2.1 ELS GASOS D'EFECTE HIVERNACLE.....	38
2.2 CONTEXT ACTUAL DE LES EMISSIONS DE GASOS D'EFECTE HIVERNACLE.....	42
2.2.1 Perspectiva històrica de la preocupació sobre l'evolució de les emissions de gasos d'efecte hivernacle i el canvi climàtic actual.....	42
2.2.2 Causes, conseqüències i possibilitats de mitigació de les emissions de gasos d'efecte hivernacle.....	46
2.2.3 Accions contra el canvi climàtic.....	56
2.3 CONCLUSIONS DEL CAPÍTOL 2.....	76
CAPÍTOL 3. EL SECTOR DE L'EDIFICACIÓ DES DE LA SOSTENIBILITAT.....	79
3.1 DEFINICIÓ DEL SECTOR DE L'EDIFICACIÓ DES DE LA SOSTENIBILITAT.....	80

3.2	ÀMBITS CONSIDERATS EN LA TESI	92
3.3	PROPOSTA METODOLÒGICA D'ORGANITZACIÓ DELS ELEMENTS QUE DETERMINEN LA SOSTENIBILITAT DEL SECTOR DE L'EDIFICACIÓ	94
3.3.1	Plantejament metodològic global.....	95
3.3.2	Classificació dels elements que determinen la sostenibilitat del sector.....	97
3.3.3	Relacions entre els elements de la classificació proposada i consideracions per a possibles aplicacions	106
3.4	QUANTIFICACIÓ DELS ELEMENTS QUE DETERMINEN LA SOSTENIBILITAT DEL SECTOR DE L'EDIFICACIÓ ESPANYOL.....	111
3.4.1	FM1: fluxos materials duradors que modifiquen la quantitat del fons de servei..	111
3.4.2	FM2: fluxos materials duradors que modifiquen les característiques del fons de servei	137
3.4.3	FM3: fluxos materials duradors que mantenen les característiques inicials del fons de servei.....	142
3.4.4	FM4 i FM5: fluxos materials no duradors associats a les condicions ambientals i associats als serveis.....	148
3.4.5	FS: fons de servei	157
3.4.6	OC: ocupació.....	166
3.4.7	Resultats	177
3.5	CONCLUSIONS DEL CAPÍTOL 3	178
CAPÍTOL 4.	EMISSIONS DE GASOS D'EFECTE HIVERNACLE DEL SECTOR DE L'EDIFICACIÓ .	181
4.1	EL DIÒXID DE CARBONI COM A INDICADOR DE LA INSOSTENIBILITAT	182
4.2	FACTORS DE CONVERSIÓ A GASOS D'EFECTE HIVERNACLE	183
4.2.1	Emissions de diòxid de carboni associades als fluxos materials duradors.....	184
4.2.2	Emissions de diòxid de carboni associades als fluxos materials no duradors.....	191
4.3	CÀLCUL I ANÀLISI DE LES EMISSIONS DE DIÒXID DE CARBONI ASSOCIADES AL SECTOR DE L'EDIFICACIÓ ESPANYOL.....	193
4.3.1	Càlcul de les emissions associades als fluxos materials duradors.....	193

4.3.2	Càlcul de les emissions associades als fluxos materials no duradors.....	195
4.3.3	Anàlisi global dels resultats	199
4.4	CARACTERITZACIÓ DEL SECTOR DE L'EDIFICACIÓ ESPANYOL DES DEL PUNT DE VISTA DE LES EMISSIONS DE GASOS D'EFECTE HIVERNACLE.....	201
4.5	CONCLUSIONS DEL CAPÍTOL 4	208
CAPÍTOL 5. CRÍTICA A LES CARACTERITZACIONS VIGENTS DEL SECTOR DE L'EDIFICACIÓ DES DEL PUNT DE VISTA DE LES EMISSIONS DE GEH..... 211		
5.1	ENCAIX DEL SECTOR DE L'EDIFICACIÓ DINS DE LES LIMITACIONS INTERNACIONALS DE GEH.....	212
5.2	CONSEQÜÈNCIES DE LA DIRECTIVA 2003/87/CE PER AL SECTOR DE L'EDIFICACIÓ: L'E4 I EL PACTE DELS ALCALDES.....	216
5.2.1	Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012.....	217
5.2.2	Pacte dels Alcaldes.....	226
5.3	APROXIMACIONS PARCIALS EN L'AVALUACIÓ DE LA SOSTENIBILITAT D'ESTRATÈGIES APLICADES A L'EDIFICACIÓ	227
5.3.1	Sistemes constructius industrialitzats.....	229
5.3.2	Pèrgola fotovoltaica del Fòrum de Barcelona.....	235
CAPÍTOL 6. CONCLUSIONS..... 241		
6.1	CONCLUSIONS GENERALS.....	242
6.2	LÍNIES DE RECERCA A DESENVOLUPAR	244
CHAPTER 6-E CONCLUSIONS..... 247		
6.1-E	GENERAL CONCLUSIONS	248
6.2-E	AVENUES OF RESEARCH TO BE EXPLORED	250
REFERÈNCIES I BIBLIOGRAFIA		
		253

LLISTAT DE FIGURES

Figura 1-E. Scheme of the organisation of the thesis.....	25
Figura 1. Esquema de l'estructura de la tesi.....	35
Figura 2. L'efecte hivernacle.	38
Figura 3. El cicle del carboni.	41
Figura 4. Evolució de la temperatura mitjana de la superfície terrestre i de la concentració de diòxid de carboni a l'atmosfera de l'any 1000 al 2000.	47
Figura 5. Emissions mundials de gasos d'efecte hivernacle d'origen antropogènic	47
Figura 6. Temps necessari per arribar a l'equilibri del nivell del mar, la temperatura i la concentració de CO ₂ a l'atmosfera segons l'evolució de les emissions de CO ₂	50
Figura 7. Impactes clau que es produiran en funció del canvi de la temperatura mitjana global ...	51
Figura 8. Potencial econòmic estimat per sectors i regions segons el preu del carboni l'any 2030.	53
Figura 9. Emissions de l'any base, l'any 2006 i assignació anual per al període 2008-2012 dels països de l'annex I.....	59
Figura 10. Repartiment de les emissions de gasos d'efecte hivernacle l'any 2004.....	60
Figura 11. Emissions de l'any base, l'any 2006 i assignació anual per al període 2008-2012 dels països de la UE-15.....	65
Figura 12. Relació entre la inversió econòmica i les emissions estalviades de dues empreses.	67
Figura 13. Evolució del preu dels drets d'emissió de l'any 2007 i de l'any 2012.	69
Figura 14. Evolució de les emissions espanyoles (1990-2007) i objectiu del protocol de Kyoto... ..	72
Figura 15. Evolució de les emissions espanyoles (1990-2007) i possibles tendències segons el PNA.....	72
Figura 16. Esquema del plantejament metodològic global.	95
Figura 17. Esquema dels components de l'ocupació (fons de servei i població) i de l'ocupació.	105
Figura 18. Relació entre el nivell d'habitabilitat i el tancament dels cicles materials (TCM).	110

Figura 19. Detall de les preguntes sobre els materials de les construccions d'obra nova del questionari d' <i>Estadística d'edificació i habitatge</i>	112
Figura 20. Nombre d'habitatges i nombre d'edificis segons les estadístiques de llicències, de visats de direcció d'obra i de certificats de final d'obra.....	116
Figura 21. Evolució de la superfície construïda d'obra nova segons el tipus d'ús (1990-2010)...	133
Figura 22. Distribució de la superfície construïda d'obra nova segons el tipus d'ús (1990-2010).	133
Figura 23. Distribució de la massa dels principals materials que formen 1 m ² d'obra nova de diferents tipus d'edificis.	136
Figura 24. Evolució del nombre d'edificis ampliat (1990-2010).	140
Figura 25. Evolució de la superfície construïda en obres d'ampliació acabades (1990-2010).	141
Figura 26. Evolució del nombre d'edificis reformat i/o restaurats (1990-2010).	145
Figura 27. Distribució de la massa dels principals materials que formen 1 m ² d'obra de rehabilitació.....	148
Figura 28. Evolució dels consums energètics associats als fluxos materials no duradors (1990- 2009).	151
Figura 29. Evolució del consum energètic associat al FM4 (1990-2009).	155
Figura 30. Evolució del consum energètic associat al FM5.....	156
Figura 31. Quantitat de segones residències que utilitzen les llars espanyoles en relació amb els dies que s'ocupen (2001).	171
Figura 32. Distribució de la població en funció de la superfície d'habitatge principal per ocupant (1991 i 2001).	173
Figura 33. Valoració de l'habitabilitat del sector domèstic espanyol (2001).	176
Figura 34. Distribució del diòxid de carboni associat a la fabricació dels materials d'1 m ² d'obra nova de diferents tipus d'edificis.	187
Figura 35. Distribució del diòxid de carboni associat a la fabricació dels materials d'un m ² d'obra de rehabilitació.....	190
Figura 36. Mix elèctric espanyol (1990-2009).	192

Figura 37. Evolució de les emissions de GEH associades als fluxos materials duradors (1990-2010).....	194
Figura 38. Variació de les emissions de GEH associades als fluxos materials duradors (1990-2010).....	195
Figura 39. Distribució de les emissions de GEH associades als fluxos materials duradors (1990-2010).....	195
Figura 40. Evolució de les emissions de GEH associades als fluxos materials no duradors (1990-2009).....	197
Figura 41. Variació de les emissions de GEH associades als fluxos materials no duradors (1990-2009).....	198
Figura 42. Distribució de les emissions de GEH associades als fluxos materials no duradors (1990-2009).....	198
Figura 43. Distribució de les emissions de GEH associades al sector de l'edificació (1990-2009).	200
Figura 44. Evolució de les emissions de GEH associades al sector de l'edificació (1990-2009).	200
Figura 45. Variació de les emissions de GEH associades al sector de l'edificació (1990-2009)..	201
Figura 46. Evolució de les emissions de GEH associades al sector de l'edificació per unitat de superfície de fons de servei (1990-2009).	202
Figura 47. Evolució de les emissions de GEH associades sector de l'edificació per persona (1990-2009).....	204
Figura 48. Mesures urgents de la EECCEL i el Plan de Acción de la E4 2008-2012.....	222
Figura 49. Emissions de CO ₂ anuals associades a l'ús en funció del sistema constructiu.	232
Figura 50. Emissions de CO ₂ associades a la fabricació en funció del sistema constructiu.....	232
Figura 51. Evolució de la quantitat d'emissions de CO ₂ al llarg de 60 anys en funció del sistema constructiu.	233
Figura 52. Emissions de CO ₂ associades a la fabricació en funció del sistema constructiu (amb 5 cm extres d'aïllament).....	233

Figura 53. Emissions de CO ₂ anuals associades a l'ús en funció del sistema constructiu (amb 5 cm extres d'aïllament).....	234
Figura 54. Evolució de la quantitat d'emissions de CO ₂ al llarg de 60 anys en funció del sistema constructiu (amb 5 cm extres d'aïllament).	234
Figura 55. Volum analitzat de la pèrgola fotovoltaica.	235
Figura 56. Producció real anual de la pèrgola fotovoltaica.	238

LLISTAT DE TAULES

Taula 1. Característiques dels 6 principals gasos d'efecte hivernacle d'origen antropogènic.	42
Taula 2. Canvi de temperatura de la superfície terrestre.	49
Taula 3. Característiques dels escenaris d'estabilització.	53
Taula 4. Compromisos quantificats de limitació d'emissions durant el període 2008-2012.	58
Taula 5. Resum de les activitats incloses a l'annex I de la Directiva 2003/87/CE.	65
Taula 6. Emissions, drets assignats i instal·lacions cobertes per la Directiva 2003/87/CE (any 2006).	68
Taula 7. Fluxos materials d'un habitatge tipus a Barcelona.	92
Taula 8. Esquema del plantejament de l'anàlisi de la sostenibilitat del sector de l'edificació.	97
Taula 9. Classificació dels fluxos materials del sector de l'edificació.	100
Taula 10. Dependències entre els elements de la classificació.	108
Taula 11. Nombre d'edificis i habitatges segons els visats de direcció d'obra i segons els certificats de final d'obra i relació entre els diferents orígens segons diferents desfasaments temporals (1992-2010).	118
Taula 12. Nombre d'habitatges d'obra nova acabats (1990-2010).	119
Taula 13. Flux d'habitatges (1990-2010).	120
Taula 14. Comparació de les dades pròpies referents al nombre d'habitatges amb les dades dels censos.	122
Taula 15. Nombre d'edificis d'obra nova acabats segons les estadístiques de visats de direcció d'obra i certificats de finals d'obra (1990-2010).	123
Taula 16. Nombre d'edificis no destinats a habitatges d'obra nova acabats segons l'estadística de licitació oficial (1990-2010).	124
Taula 17. Nombre d'edificis d'obra nova acabats segons l'ús i l'origen principal de les dades (1990-2010).	125
Taula 18. Nombre d'edificis amb requeriments d'habitabilitat d'obra nova acabats (1990-2010).	126

Taula 19. Nombre d'edificis segons el tipus d'edifici segons els censos.....	127
Taula 20. Comparació de les dades pròpies referents al nombre d'edificis amb les dades dels censos.....	128
Taula 21. Superfície mitjana per edifici d'obra nova acabat segons el tipus d'ús (1990-2010)....	130
Taula 22. Nombre d'edificis amb requeriments d'habitabilitat d'obra nova acabats (1990-2010), valors detallats i corregits respecte als de la Taula 18.	131
Taula 23. Superfície d'obra nova acabada segons el tipus d'ús (1990-2010).	132
Taula 24. Caracterització dels materials constituents d'1 m ² d'obra nova de diferents tipus d'edifici.	135
Taula 25. Nombre d'edificis ampliat acabats (1990-2010).	139
Taula 26. Superfície construïda en obres d'ampliació acabades (1990-2010).	141
Taula 27. Nombre d'edificis reformats i/o restaurats acabats (1990-2010).	144
Taula 28. Superfície reformada i/o restaurada acabada (1990-2010).....	146
Taula 29. Caracterització dels materials constituents d'1 m ² d'obra de rehabilitació.....	147
Taula 30. Consums energètics associats als fluxos materials no duradors segons l'ús de l'edifici i el tipus d'energia (1990-2009).....	151
Taula 31. Comparació de la distribució dels consums energètics del sector domèstic segons diferents fonts.	152
Taula 32. Consum energètic del sector domèstic, per usos i per tipus d'energia (1990-2009).	153
Taula 33. Distribució dels consums energètics del sector serveis.....	153
Taula 34. Consum energètic del sector serveis, per usos i per tipus d'energia (1990-2009).	154
Taula 35. Consum energètic relacionat amb els fluxos materials no duradors associats a les condicions ambientals, FM4 (1990-2009).	155
Taula 36. Consum energètic relacionat amb els fluxos materials no duradors associats als serveis, FM5 (1990-2009).....	156
Taula 37. Nombre d'habitatges del fons de servei (1990-2010).	160

Taula 38. Nombre d'habitatges del fons de servei segons l'estadística <i>Vivienda y suelo</i> (2001-2010).	161
Taula 39. Superfície de fons de servei d'ús domèstic (1990-2010).	162
Taula 40. Superfície de fons de servei d'ús no domèstic amb requeriments d'habitabilitat (1990-2010).	165
Taula 41. Quantificació de l'ocupació del fons de servei d'ús domèstic (1990-2010).	168
Taula 42. Quantificació de l'ocupació dels locals del fons de servei (1990 i 2001).	169
Taula 43. Intensitat de l'ocupació del fons de servei d'ús domèstic (1990-2010).	171
Taula 44. Paràmetres que es consideren en el càlcul de l'indicador d'habitabilitat del cens de població i habitatges del 2001.	174
Taula 45. Quantitat d'habitatges principals afectats pels problemes o deficiències que formen l'indicador d'habitabilitat del cens de població i habitatges de l'any 2001.	175
Taula 46. Resum dels fluxos materials, fons de servei i ocupació del sector de l'edificació (1990-2010).	177
Taula 47. Emissions associades a la fabricació dels material de construcció.	185
Taula 48. Emissions per unitat de superfície d'obra nova de diferents tipus d'edificis.	186
Taula 49. Emissions per unitat de superfície dels fluxos materials associats a l'obra nova (FM1).	188
Taula 50. Emissions per unitat de superfície dels fluxos materials associats a les obres d'ampliació (FM2).	189
Taula 51. Emissions per unitat de superfície d'obra rehabilitada.	190
Taula 52. Emissions per unitat de superfície dels fluxos materials associats a obres de rehabilitació (FM3).	191
Taula 53. Mix elèctric espanyol (1990-2009).	192
Taula 54. Emissions de GEH associades als fluxos materials duradors (1990-2010).	193
Taula 55. Emissions de GEH associades al grup FM4 (1990-2009).	196
Taula 56. Emissions de GEH associades al grup FM5 (1990-2009).	197

Taula 57. Emissions de GEH associades al sector de l'edificació espanyol (1990-2009).	199
Taula 58. Emissions de GEH associades al sector de l'edificació per unitat de superfície de fons de servei (1990-2009).	202
Taula 59. Emissions de GEH associades al sector de l'edificació per persona (1990-2009).	204
Taula 60. Emissions associades al diferents tipus d'habitabilitat del sector domèstic (1990-2009).	208
Taula 61. Classificació de les emissions segons els inventaris nacionals de GEH.	215
Taula 62. Mesures que es proposen a l'E4 i l'E4+ per reduir el consum energètic i les emissions de GEH del sector de l'edificació.	224
Taula 63. Tecnologies il·lustratives de mitigació de les emissions dels edificis segons l'IPCC... ..	228
Taula 64. Cost energètic i emissions de CO ₂ associats a la fabricació de la pèrgola fotovoltaica.	236
Taula 65. Pèrdues de rendiment, energia produïda teòrica i real i emissions de CO ₂ estalviades.	237

E - INTRODUCTION

Chapter

1

1.1-E JUSTIFICATION

One of the most pressing concerns in the world today is the changes in and deterioration of the environment caused by the mineral-based industrial productive system. This productive system, which is the system on which today's unsustainable model of development is based, was ushered in with the Industrial Revolution and led to radical changes in the management of resources compared to the previous system: the organic productive system. The most important change was the replacement of organic raw materials with mineral raw materials (Wrigley 1992). This change in metabolism led to two kinds of alterations in the natural environment: first the depletion of mineral resources, and secondly the generation of waste that did not integrate back into the environment. Precisely this second impact – the one caused by waste – is the source of the pollution that degrades the natural systems that sustain life and has thus triggered today's environmental crisis.

The metabolism of organic societies does allow waste to reintegrate into the environment because it is a circular, that is, sustainable, kind of metabolism. This means that because it is organic, the waste from the productive system not only can be absorbed by the biosphere but is also necessary for restoring the nutrients that maintain its productive capacity. In contrast, the metabolism of industrial society is linear and therefore does not allow the waste to integrate back into the environment. The mineral resources are extracted from the lithosphere, and by the time they become waste, they are no longer recognised by the biosphere, which is unable to absorb them. They therefore accumulate in the environment, degrade the biosphere and lower the productive capacity.

One of the most common kinds of waste in the industrial productive system, which is also the cause of the most critical environmental impacts on a global planetary scale, is carbon dioxide. This gas is generated by burning fossil fuels to extract their energy, and their widespread use has thrown the natural carbon cycle off balance. This is a process that started more than two centuries ago and consists of releasing into the atmosphere the carbon that has been stored in the lithosphere for millions of years. This carbon cannot be absorbed by the natural systems at the same speed at which it is produced, and it therefore accumulates in the atmosphere and causes climate change.

The potential environmental consequences of the use of fossil fuels were detected more than a century ago, but it was not until 1988, once we had scientific proof of the existence of climate change, that the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) – which evaluates information on climate change from around the world – was created with the purpose of facilitating political decision-making on this issue.

Thus, participants in the Earth Summit held in Rio de Janeiro in 1992 after the first IPCC report was published in 1990 agreed to the United Nations Framework Convention on Climate Change with the goal of stabilising the concentrations of greenhouse gases “at a level that would prevent dangerous anthropogenic interference with the climate system” (United Nations 1992). This convention served as the foundation for the Kyoto Protocol (United Nations 1997), which was the first – and for the time being, the only – legally binding agreement which includes quantified commitments from the developed countries to limit greenhouse gas emissions. Today international negotiations are being held to renew this agreement, which ends in 2012, and even though few details have been fleshed out, in 2010 considerable headway was made on recognising the environmental goal of limiting the average global temperature rise to no more than 2° C above pre-industrial levels (United Nations 2010).

Now that the international community has set the maximum temperature rise based on the scientific information contained in the fourth IPCC report, we can determine the maximum amount of greenhouse gases that humans can release. In this case, in order to keep the Earth’s temperature from rising more than 2 °C, world CO₂ emissions in 2050 must be between 50% and 85% lower than 2000 emissions (IPCC 2007a), and for developed countries they must be between 80% and 95% lower than 1990 emissions (Gupta et al. 2007).

Curtailling emissions on this scale means that all sectors of society have to accept considerable reductions. In the building sector, changes must be implemented with the utmost urgency given the fact that, unlike other sectors, the majority of buildings constructed today – as well as those constructed recently – will still be in use in 2050, the benchmark year when the developed countries can only release at most 20% of the emissions in 2000.

Additionally, building is one of the sectors that generates the highest carbon dioxide emissions. Specifically, in 2000 building released 2,093 MtC, which accounted for 34% of total world emissions. Of this amount, 72% came from the building sector in developed countries and transitional economies (Price et al. 2006). These values reveal that the building sector has to grapple with major drops in emissions, regardless of whether the emissions limitation policies suggest a proportional division of the effort to lower emissions among different sectors.

Bearing in mind everything set forth above, responses to the challenge of sustainability, and specifically to the limitations in greenhouse gas emissions, are inevitable and urgent in the building sector. For these reasons, the research in this doctoral thesis focuses on this subject.

1.2-E QUESTION

The question posed by this thesis is how architecture can rise to the challenge of sustainability. The challenge is not new, but the majority of answers proffered until today are not yet mature enough to be able to change the unsustainable model found in the building sector. The main reason is that the approach used by the solutions to the problems of unsustainability – in both the building sector and other sectors of society – is usually applied from the same conception as the reality which generates the unsustainability.

The best answers to the problems of unsustainability can arise if today's productive model enters into crisis, the roots of the problems of the unsustainable management of resources are understood, and a model is radically reconstructed which changes the current paradigm and addresses the challenge of sustainability.

The question posed in this thesis is a simplification of this global challenge facing the building sector. Of all the environmental impacts associated with the sector, and which thus represent its unsustainability, we shall only study one: emissions of the greenhouse gases that cause climate change. In this way, we considerably simplify the process of analysing and evaluating the sustainability of the sector compared to an analysis of all the possible impacts, yet the results are still representative of the sector's sustainability. This is true because, as we shall explain below, greenhouse gas emissions are associated with 80% of the energy consumed in today's industrial production system on which our current development model is based. What is more, greenhouse gas emissions began to be limited by law in 2008, which turns them into a competitiveness factor in the economic system and therefore into an element that must be taken into account in any activity sector in society.

Thus, the question posed by this thesis can be phrased as follows:

How can the building sector in Spain handle the necessary reduction in greenhouse gases?

To address this question, we must understand the need to lower greenhouse gas emissions as a response to the international commitments aimed at combating climate change, but also and more importantly as a mechanism leading the sector towards global sustainability.

This question can be divided into two sub-questions:

- How can the building sector contribute to reducing climate change?

To know how it can contribute, we must first define what the building sector is, identify the activities it encompasses, determine what emissions are associated with each of these activities, and later articulate strategies to lower these emissions. This means describing it

in such a way that enables it to be transformed into a sector with low greenhouse gas emissions.

- How can climate change transform construction?

This point considers the degree of transformation that the building sector must undertake according to the differing degrees of emissions reductions which it must implement.

1.3-E OBJECTIVES

The overall objective of this doctoral thesis is to **describe the building sector from the standpoint of greenhouse gas emissions**. This objective will be developed theoretically as well as quantitatively for the Spanish building sector.

This objective is framed within another broader one, the framework objective, which entails **contributing to attaining a new perspective that enables us to define the architect's role based on a sustainability hypothesis which consists of the proper management of resources**.

In this way, the overall objective of the thesis falls within the realm of physical sustainability, in the understanding that describing the building sector from the standpoint of greenhouse gas emissions is not an end in itself; rather it is done with the intention of providing a sustainability indicator for the sector.

The overall objective of the thesis can be broken down into the following specific objectives:

- To analyse the key aspects of climate change – causes, consequences and evolution – and the ways of mitigating it that have been adopted, or that will be adopted, both internationally and domestically, particularly considering the role of the building sector in current emissions reduction policies.
- To come up with a sustainability-based definition of the building sector in order to determine which activities fall within its scope and therefore which activities should be taken into account when calculating its environmental impacts.
- To develop an appropriate methodology for Spain which enables us to calculate the greenhouse gas emissions associated with the building sector.
- To calculate the emissions associated with the Spanish building sector from the standpoint of sustainability and to associate the resulting values with those of other sectors in society.

- To determine the parameters and factors that play a part in generating greenhouse gases in construction, in what proportion, with what relations and with what evolving trends.
- To analyse the potential actions to lower emissions in the building sector.
- To compare the description of the building sector proposed in this thesis with other conceptions of this sector on which some of the leading strategies for lowering emissions are based today.

1.4-E ORGANISATION

This document is organised into six chapters. The first chapter is introductory, justifying the relevancy of the research and outlining the objectives.

The second chapter sets the reference framework that should be considered in the study in order to properly describe the building sector from the standpoint of greenhouse gas emissions. First, the main causes and consequences of climate change are outlined, and then the mitigation mechanisms established both internationally and domestically are analysed.

The third chapter defines the building sector from the standpoint of sustainability. This chapter contains two different sections. First the activities that are part of the building sector from the standpoint of sustainability are identified and classified and the relations that might exist among these activities are analysed, and secondly, the Spanish building sector is quantitatively described according to the parameters established in the first part of the chapter.

The fourth chapter specifically discusses the building sector from the standpoint of greenhouse gas emissions. This chapter quantifies the emissions associated with the Spanish building sector by applying the greenhouse gas conversion factors calculated in the previous chapter to the values also calculated in the chapter. After this quantification, the sector is described according to the most representative parameters in terms of greenhouse gas emissions.

The fifth chapter is a critique of some of the conceptions on which today's emission reductions in the building sector are based from the vantage point of the description of the building sector proposed. With this critique, the stress is on the key aspects that – unlike the description proposed in the thesis – hinder these strategies from being suitable ways to lead the building sector towards sustainability.

Finally, the sixth chapter contains the general conclusions of the thesis and indicates avenues that have been opened up for exploration in future research.

Figure 1 is an abbreviated illustration of the key points in the development of this thesis, as well as the relationships among these points. It also indicates in which chapters and/or sections they are discussed.

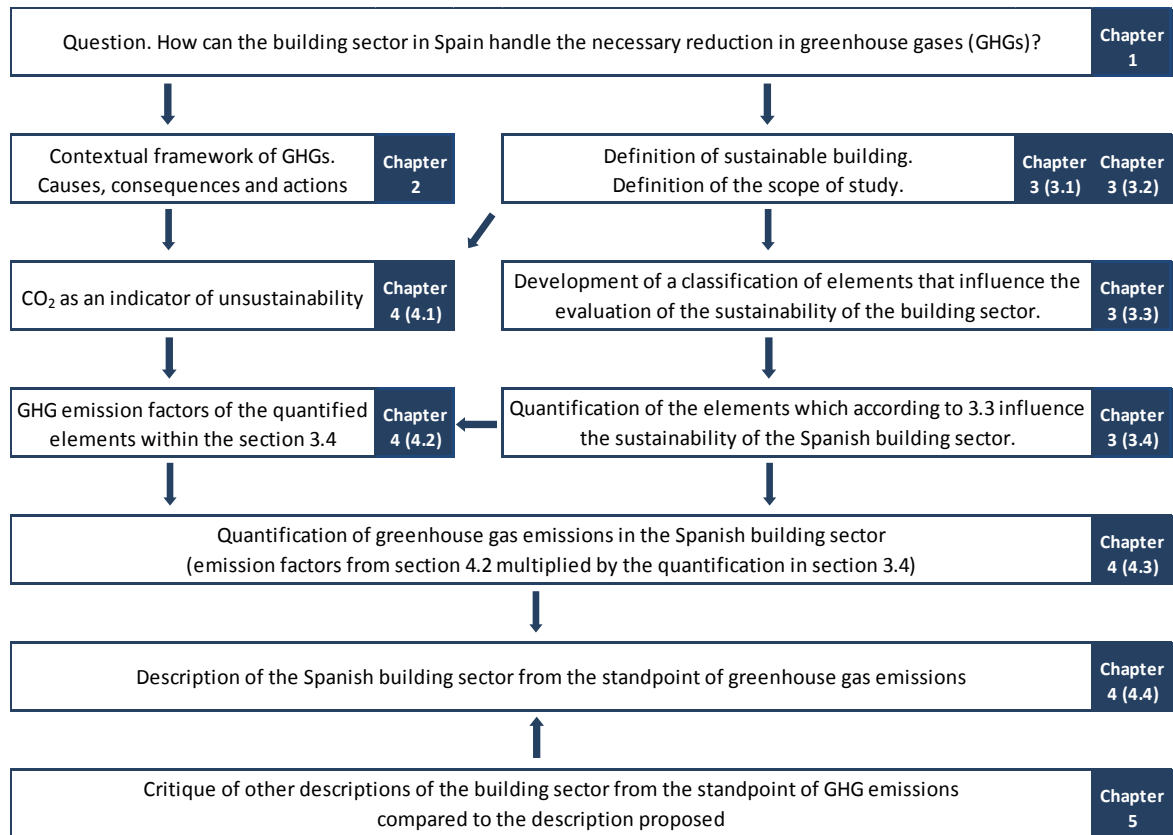


Figure 1-E. Scheme of the organisation of the thesis.

INTRODUCCIÓ

Capítol

1

1.1 JUSTIFICACIÓ

Una de les preocupacions més rellevants del món actual és la modificació i degradació de l'ambient que el sistema productiu industrial, de base mineral, provoca. Aquest sistema productiu, que és el sistema en què es basa el model insostenible de desenvolupament actual, va néixer amb la Revolució Industrial i va comportar canvis radicals en la gestió dels recursos respecte al sistema anterior: el sistema productiu orgànic. El canvi més important va ser la substitució de les matèries primeres d'origen orgànic per matèries primeres d'origen mineral (Wrigley 1992). Amb aquest canvi de metabolisme es van iniciar dos tipus d'alteracions del medi natural, per una banda, l'esgotament dels recursos minerals i, per l'altra, la generació de residus que no es reintegren al medi. I és precisament per aquest últim impacte –el que generen els residus– que es produeix la contaminació que degrada els sistemes naturals que sostenen la vida i, per tant, es genera la crisi ambiental actual.

El metabolisme de les societats orgàniques sí que permet el reintegrament dels residus al medi perquè és un metabolisme circular, és a dir, sostenible. Això significa que els residus del sistema productiu, en ser orgànics, poden ser absorbits per la biosfera alhora que també són necessaris per restituir els nutrients que conserven la seva capacitat productiva. En canvi, el metabolisme de la societat industrial és lineal i, per tant, no permet el reintegrament dels residus al medi. Els recursos minerals s'extreuen de la litosfera i, en convertir-se en residus, no són reconeguts per la biosfera, que no els absorbeix i, per tant, s'acumulen al medi degradant la biosfera i reduint-ne la capacitat productiva.

Un dels residus més comuns del sistema productiu industrial que, a més, causa un dels impactes ambientals més crítics a escala global planetària és el diòxid de carboni. Aquest gas es genera com a resultat de la combustió dels combustibles fòssils per extreure'n energia i l'ús generalitzat ha desequilibrat el cicle natural del carboni. Es tracta d'un procés que es va iniciar fa més de dos segles i que consisteix a alliberar a l'atmosfera el carboni emmagatzemat a la litosfera durant milions d'anys. Aquest carboni no pot ser absorbit pels sistemes naturals a la mateixa velocitat que es genera i, per tant, s'acumula a l'atmosfera causant el canvi climàtic.

Les possibles conseqüències ambientals de l'ús dels combustibles fòssils es van detectar fa més d'un segle però no va ser fins l'any 1988, quan l'evidència científica de l'existència del canvi climàtic havia crescut, que es va crear el Grup Intergovernamental d'Experts sobre el Canvi Climàtic (IPCC) –que avalua la informació existent arreu del món sobre el canvi climàtic–, amb la finalitat de facilitar la presa de decisions polítiques sobre aquest tema.

Així, a la Cimera de la Terra de Río de l'any 1992, després de la publicació del primer informe de l'IPCC (1990), es va acordar el Conveni marc de les Nacions Unides sobre el canvi climàtic (CMNUCC) amb l'objectiu d'estabilitzar les concentracions de gasos d'efecte hivernacle (GEH) “a un nivell que impida interferències antropògenas peligrosas en el sistema climático”(Nacions Unides 1992). Aquest acord va servir de base per elaborar 5 anys després el protocol de Kyoto (Nacions Unides 1997), que va ser el primer acord –i de moment l'únic– jurídicament vinculant amb compromisos quantificats de limitació d'emissions de GEH per als països desenvolupats. Actualment s'estan duent a terme negociacions internacionals per rellevar aquest acord que finalitza l'any 2012 i, tot i que encara no està detallat, l'any 2010 es va fer un avanç considerable en reconèixer com a objectiu ambiental no superar en més de 2 °C l'augment de la temperatura mitjana global respecte als nivells preindustrials (Nacions Unides 2010).

Un cop la comunitat internacional fixa l'augment màxim de temperatura, a partir de la informació científica recopilada al quart informe de l'IPCC es pot determinar la quantitat màxima de GEH que la humanitat pot emetre. En aquest cas, per no augmentar en més de 2 °C la temperatura de la Terra és necessari que les emissions mundials de CO₂ l'any 2050 siguin entre un 50 % i un 85 % inferiors a les de l'any 2000 (IPCC 2007a), i pel que fa als països desenvolupats, que ho siguin entre un 80 % i un 95 % respecte a les de l'any 1990 (Gupta et al. 2007).

Disminuir aquesta magnitud d'emissions significa que tots els sectors de la societat han d'assumir reduccions considerables, i en el cas del sector de l'edificació, aquestes s'han d'assumir amb la màxima urgència atès que, a diferència d'altres sectors, la majoria d'edificis que es construeixen actualment –i també els que s'han construït recentment– seguiran en ús l'any 2050, moment en el qual als països desenvolupats només es podrà emetre com a màxim un 20 % de les emissions que s'emeten l'any 2000.

Adicionalment, el sector de l'edificació és un dels que més emissions de diòxid de carboni genera. Concretament, l'any 2000 l'edificació va emetre 2.093 MtC, les quals van representar el 34 % de les emissions mundials. D'aquestes, el 72 % van correspondre al sector de l'edificació dels països desenvolupats i d'economies en transició (Price et al. 2006). Aquests valors indiquen que el sector de l'edificació ha d'assumir reduccions d'emissions significatives, tant si les polítiques de limitació de les emissions plantegen un repartiment proporcional de l'esforç de reducció entre sectors com si no el plantegen.

Tenint en compte tot el que s'acaba d'exposar, les respostes al repte de la sostenibilitat i, concretament, a les limitacions dels GEH són inevitables i urgents per al sector de l'edificació. És per aquest motiu que la investigació de la present tesi doctoral se centra en aquest camp.

1.2 QÜESTIÓ

La qüestió que planteja la tesi és com es pot afrontar el repte de la sostenibilitat des de l'arquitectura. El repte no és nou, però la majoria de respostes que s'han donat fins a l'actualitat encara no són prou madures per poder canviar el model insostenible en què es troba el sector de l'edificació. El motiu principal és perquè el plantejament de les solucions als problemes d'insostenibilitat –del sector de l'edificació i de la resta de sectors de la societat– normalment s'apliquen des de la mateixa concepció de la realitat que genera la insostenibilitat.

Les respostes adequades als problemes d'insostenibilitat es poden donar si es posa en crisi el model productiu actual, s'entenen les arrels dels problemes de la gestió insostenible de recursos i es reconstrueix de forma radical un model que canviï el paradigma actual i que s'adeqüi al repte de la sostenibilitat.

La qüestió que planteja la tesi és una simplificació d'aquest repte global a què s'enfronta el sector de l'edificació. De tots els impactes ambientals associats al sector i que, per tant, representen la seva insostenibilitat, només se n'estudia un, les emissions de gasos d'efecte hivernacle que causen el canvi climàtic. D'aquesta manera se simplifica considerablement el procés d'anàlisi i avaluació de la sostenibilitat del sector respecte a una anàlisi de tots els possibles impactes i, en canvi, s'obtenen uns resultats representatius de la seva sostenibilitat. Això és així perquè, tal com s'explica més endavant, les emissions de GEH estan associades al 80 % de l'energia que consumeix el sistema productiu industrial en què es basa el model de desenvolupament actual. A més, les emissions de GEH s'han començat a limitar per llei des de l'any 2008, la qual cosa les converteix en un factor de competitivitat del sistema econòmic i, per tant, en un element que cal tenir en compte des de qualsevol sector d'activitat de la societat.

Així, la qüestió que planteja la tesi es pot enunciar de la manera següent:

Com pot el sector de l'edificació, a Espanya, enfrontar-se a la necessària reducció de gasos d'efecte hivernacle?

Per plantejar aquesta qüestió cal entendre la necessitat de reduir les emissions de gasos d'efecte hivernacle com una resposta als compromisos internacionals de lluita contra el canvi climàtic, però també, i sobretot, com un mecanisme per conduir el sector cap a la sostenibilitat global.

Aquesta qüestió es divideix en d'altres qüestions parcials:

- Com pot contribuir el sector de l'edificació a reduir el canvi climàtic?

Per saber com hi pot contribuir, en primer lloc cal definir què és el sector de l'edificació, identificar quines activitats abasta i determinar quines emissions estan associades a cada

una d'aquestes activitats, i, posteriorment, definir estratègies per reduir aquestes emissions. Això vol dir caracteritzar-lo de manera que permeti transformar-lo en un sector de baixes emissions de GEH.

- Com pot el canvi climàtic transformar l'edificació?

En aquest punt es planteja el grau de transformació a què s'haurà d'enfrontar el sector de l'edificació en funció dels diferents graus de reducció de les emissions als quals s'hagi de sotmetre.

1.3 OBJECTIUS

L'objectiu general d'aquesta tesi doctoral consisteix a **caracteritzar el sector de l'edificació des del punt de vista de les emissions de gasos d'efecte hivernacle**. Aquest objectiu es desenvolupa en l'àmbit teòric i en el cas del sector de l'edificació espanyol també es desenvolupa de forma quantitativa.

L'objectiu s'emmarca dins d'un altre objectiu encara més ampli, l'objectiu marc, que consisteix a **contribuir a adquirir una nova visió que permeti definir la tasca de l'arquitecte des d'una hipòtesi de sostenibilitat que consisteix en una gestió adequada dels recursos**.

D'aquesta manera, l'objectiu general de la tesi queda inclòs dins l'àmbit de la sostenibilitat física, entenent, per tant, que la caracterització des de les emissions de GEH no és una finalitat en si mateixa, sinó que es fa amb la intenció de donar un indicador de la sostenibilitat del sector de l'edificació.

L'objectiu general de la tesi es desglossa en els objectius específics següents:

- Analitzar els aspectes clau del canvi climàtic –causes, conseqüències i evolució– i les línies per mitigar-lo que s'han adoptat, o que es pretenen adoptar, en l'àmbit internacional i nacional, considerant especialment el paper que les polítiques de reducció actuals atorguen al sector de l'edificació.
- Definir el sector de l'edificació des de la sostenibilitat per poder determinar quines activitats formen part del seu àmbit i, per tant, quines activitats cal considerar en el càlcul dels seus impactes ambientals.
- Desenvolupar una metodologia, adequada al cas espanyol, que permeti calcular les emissions de gasos d'efecte hivernacle associades al sector de l'edificació.

- Calcular les emissions associades al sector de l'edificació espanyol des de la perspectiva de la sostenibilitat i relacionar els valors resultants amb els d'altres sectors de la societat.
- Determinar quins són els paràmetres i factors que intervenen en la generació de gasos d'efecte hivernacle en l'edificació, en quina proporció, amb quines relacions i amb quines tendències d'evolució.
- Analitzar les possibilitats d'acció per reduir les emissions del sector de l'edificació.
- Contrastar la caracterització del sector de l'edificació proposada a la tesi amb d'altres concepcions d'aquest sector sobre les quals actualment es basen algunes de les principals estratègies per reduir les emissions del sector.

1.4 ESTRUCTURA DEL TREBALL

El document s'estructura en 6 capítols. El primer capítol és introductori, justifica l'interès de la recerca i n'indica els objectius.

El segon capítol fixa el marc de referència que cal considerar en la investigació per poder caracteritzar de forma adequada el sector de l'edificació des del punt de vista de les emissions de GEH. Per una banda, s'exposen les principals causes que provoquen el canvi climàtic i les conseqüències que se'n poden derivar, i, per l'altra, s'analitzen els mecanismes de mitigació que s'han establert en els àmbits internacional i nacional.

En el tercer capítol es defineix el sector de l'edificació des del punt de vista de la sostenibilitat. Aquest capítol consta de dues parts diferenciades. En primer lloc, s'identifiquen i es classifiquen les activitats que formen part del sector de l'edificació entès des de la sostenibilitat i s'analitzen les relacions que es poden donar entre aquestes activitats. En segon lloc, es caracteritza quantitativament el sector de l'edificació espanyol segons els paràmetres establerts a la primera part d'aquest capítol.

El quart capítol és el que tracta específicament la caracterització del sector de l'edificació des del punt de vista de les emissions de GEH. En aquest capítol es quantifiquen les emissions associades al sector de l'edificació espanyol a partir d'aplicar als valors calculats en el capítol anterior factors de conversió a GEH –que també es determinen en aquest capítol. Posteriorment a la quantificació es caracteritza el sector segons els paràmetres més representatius pel que fa a les emissions de GEH.

En el cinquè capítol es fa una crítica, des del punt de vista de la caracterització del sector de l'edificació proposada, a algunes de les concepcions en què es basen les estratègies actuals de reducció de les emissions del sector de l'edificació. Amb aquesta crítica es posen de manifest els aspectes clau que no permeten –a diferència de la caracterització proposada a la tesi– que aquestes estratègies siguin les adequades per conduir el sector de l'edificació cap a la sostenibilitat.

En darrer lloc, el sisè capítol recull les conclusions generals de la tesi i s'indiquen les línies que queden encetades per desenvolupar en futures investigacions.

La Figura 1 esquematitza de forma resumida els punts clau per al desenvolupament d'aquesta tesi, així com les relacions que s'estableixen entre ells. També s'indica en quins capítols i/o apartats es desenvolupen.

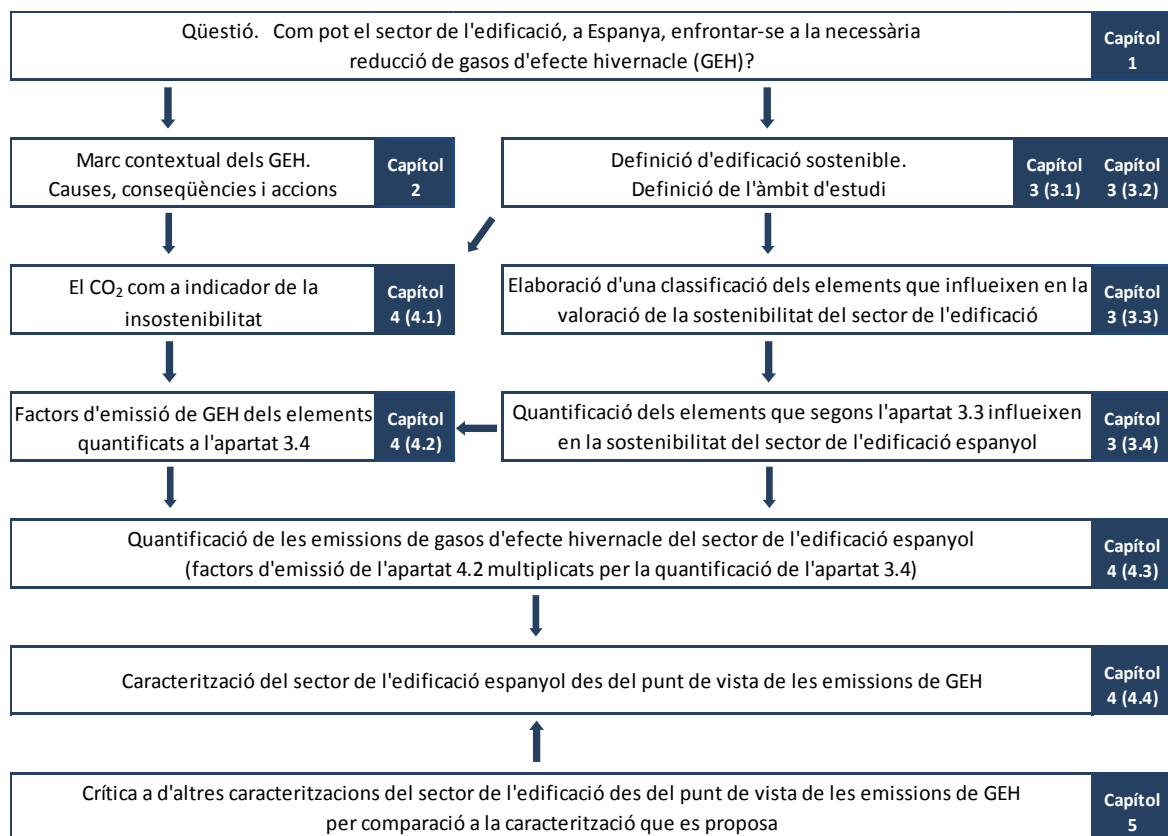


Figura 1. Esquema de l'estructura de la tesi

LES EMISSIONS DE GASOS D'EFECTE HIVERNACLE

Capítol

2

2.1 ELS GASOS D'EFECTE HIVERNACLE

Els gasos d'efecte hivernacle (GEH) són aquells gasos que impedeixen el pas de la radiació infraroja –radiació d'ona llarga– però no el de la radiació visible –radiació d'ona curta.

Aquests gasos, presents a l'atmosfera terrestre, generen un efecte hivernacle a escala planetària a causa de la radiació solar interceptada per la Terra. El fenomen es dona perquè la radiació que prové del Sol està composta principalment per longituds d'ona curta i, per tant, pot travessar l'atmosfera, mentre que la radiació que emet la Terra és d'ona llarga i, per tant, l'atmosfera la reté.

La diferència entre les longituds d'ona de la radiació del Sol i de la Terra depenen de la temperatura a què es troben. Segons la llei de Wien, la relació que hi ha entre la longitud predominant a la qual emet una font tèrmica i la seva temperatura és la següent:

$$\lambda_{\text{màx.}} = 0,29/T \quad \text{on: } \lambda_{\text{màx.}} = \text{longitud d'ona de la màxima emissió espectral, en cm}$$

$$T = \text{temperatura de l'emissor, en kelvins}$$

Així, el Sol, amb una temperatura de la superfície propera als 6.000 K, emet amb una longitud d'ona predominant de 0,5 μm ; en canvi, la Terra, amb una temperatura de la superfície de 287 K, emet amb una longitud d'ona de 10,1 μm .

De la radiació solar que arriba a l'atmosfera, un 38 % és reflectida, un 15 % és absorbida per l'atmosfera i el 47 % restant l'absorbeix la litosfera, la hidrosfera o la biosfera (Figura 2).

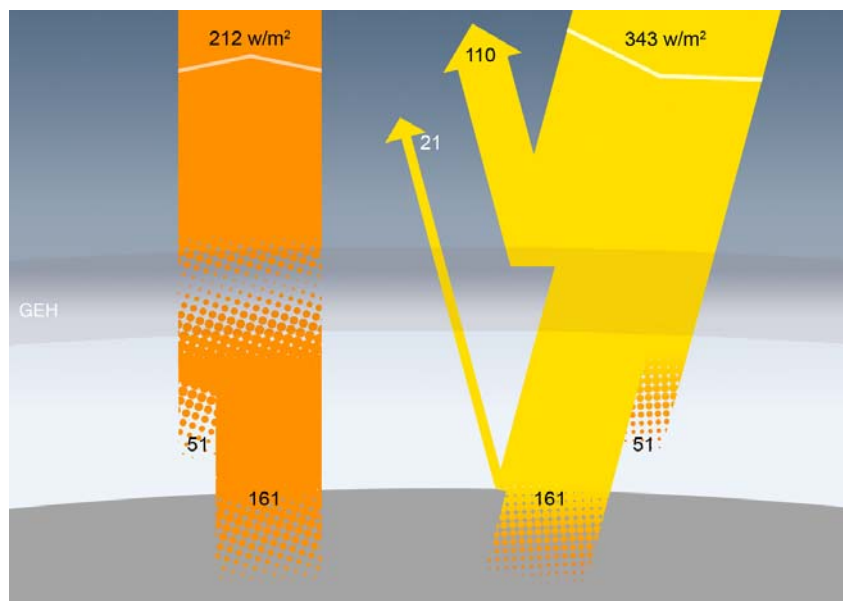


Figura 2. L'efecte hivernacle.

Font: elaboració pròpia amb dades de Serra (2001) i la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático - CMNUCC (2005).

En una situació d'equilibri, la quantitat d'energia que el planeta absorbeix coincideix exactament amb la quantitat que emet; d'aquesta manera, la Terra no s'escalfa ni es refreda, sinó que manté una temperatura pràcticament constant. Ara bé, com que la radiació que la superfície terrestre emet és infraroja i, precisament per aquest motiu, queda retinguda a l'atmosfera, es produeix un desfasament temporal entre el moment en què el planeta rep l'energia solar i el moment en què l'allibera a l'espai.

El desfasament temporal permet que la temperatura mitjana de la Terra es mantingui uns 30 K per sobre de la que hi hauria si l'atmosfera no estigués composta per gasos d'efecte hivernacle (CMNUCC 2002).

Els gasos d'efecte hivernacle que actualment formen part de l'atmosfera són d'origen natural i antropogènic. Els que provenen de fonts naturals s'han mantingut estables durant milers d'anys i, per tant, són els responsables de l'efecte hivernacle natural. En canvi, els que provenen de fonts antropogèniques han anat augmentant les concentracions atmosfèriques des de l'inici del període industrial i, com a conseqüència, han produït un augment de l'efecte hivernacle natural.

El principal gas d'efecte hivernacle és el vapor d'aigua. Aquest gas, que es troba a l'atmosfera en proporcions molt variables, procedeix gairebé tot de fonts naturals. Es considera que la quantitat de vapor d'aigua que les activitats humanes emeten directament a l'atmosfera pràcticament no contribueix a augmentar l'efecte hivernacle. No obstant això, s'està produint un augment de la concentració del vapor d'aigua de la troposfera, del qual les activitats humanes en són les responsables indirectes. Es tracta d'un efecte de retroacció que es dona com a conseqüència de l'augment de la temperatura mitjana del planeta. En augmentar la temperatura de l'aire –fenomen que sí que es deu a l'acció directa de l'home–, també augmenta la seva capacitat per contenir més humitat (IPCC 2007a).

A part del vapor d'aigua, que té un origen natural, els principals gasos d'efecte hivernacle que han variat la concentració atmosfèrica a causa de fonts antropogèniques són el diòxid de carboni (CO_2), el metà (CH_4), l'òxid nitrós (N_2O), els hidrofluorocarburs (HFC), els perfluorocarburs (PFC) i l'hexafluorur de sofre (SF_6). Els tres primers són gasos que, tot i que amb una concentració menor, ja formaven part de l'atmosfera abans del període industrial, mentre que els altres tres són un conjunt de compostos químics que pràcticament tots tenen un origen exclusivament antropogènic.

Des de l'inici de l'any 2008, les emissions antropogèniques d'aquests sis gasos estan limitades per acords internacionals –concretament el protocol de Kyoto– perquè es considera que són les responsables de pràcticament tot el canvi climàtic. De totes maneres, cada gas contribueix d'una

forma molt desigual a l'escalfament global. La seva contribució depèn no solament de la quantitat d'emissions antropogèniques que s'emeten a l'atmosfera, sinó també del potencial d'escalfament global característic de cadascun.

El potencial d'escalfament global (o mundial) és un índex que indica el canvi d'irradiància neta que una unitat de massa d'un gas d'efecte hivernacle origina durant un determinat període de temps en relació amb el canvi que originaria el diòxid de carboni (IPCC 2007a). Com que el gas de referència és el diòxid de carboni, el seu potencial d'escalfament global sempre és 1; en canvi, el dels altres gasos varia en funció del període de temps pel qual es calcula el potencial d'escalfament global, ja que no tots els gasos tenen el mateix temps mitjà de permanència a l'atmosfera. Per un període de 100 anys, per exemple, el gas que té el potencial d'escalfament més gran entre els considerats en aquest apartat és l'hexafluorur de sofre, amb un valor de 23.900 (Forster 2007). Això significa que l'efecte climàtic que genera durant un segle 1 quilò d'hexafluorur de sofre és el mateix que el que provoquen 23,9 tones de diòxid de carboni.

Les equivalències que s'obtenen gràcies al potencial d'escalfament global permeten que les emissions de diferents gasos d'efecte hivernacle es puguin quantificar amb una mateixa unitat: amb massa de diòxid de carboni equivalent (CO₂-eq).

En termes de CO₂-eq, les emissions antropogèniques que més contribueixen al canvi climàtic són les del diòxid de carboni (Taula 1). Les que es van generar l'any 2004, per exemple, hi van contribuir en un 77 % en relació amb el total dels sis gasos. El diòxid de carboni atmosfèric prové de la combustió o oxidació de qualsevol compost que contingui carboni. Fins fa menys de tres segles, els originants d'aquests processos eren només naturals i la concentració de diòxid de carboni a l'atmosfera es mantenia constant perquè la quantitat de carboni que s'emetia era pràcticament la mateixa que s'absorbia. Amb la Revolució Industrial van aparèixer les fonts antropogèniques que van desequilibrar el cicle natural del carboni (Figura 3) i van provocar que la concentració atmosfèrica que s'havia mantingut estable al llarg dels últims 650.000 anys anés augmentant des de les prop de 280 ppm del període preindustrial a les 379 ppm de l'any 2005. Les activitats humanes que causen aquest desequilibri són principalment les que tenen com a finalitat obtenir energia a través de la combustió dels combustibles fòssils (petroli, gas o carbó). També hi contribueixen en un segon terme la crema de biomassa i la desforestació, i finalment alguns processos industrials (IPCC 2007a).

El segon gas que més contribueix al canvi climàtic és el metà (Taula 1), que l'any 2004 ho va fer en un 14 %. Com en el cas del diòxid de carboni, la concentració atmosfèrica d'aquest gas s'havia mantingut constant durant els últims 650.000 anys gràcies a l'equilibri entre els processos naturals d'emissió i d'absorció, però des de la Revolució Industrial les activitats humanes n'han augmentat la concentració en un 148 %. Les causes antropogèniques d'aquest

augment estan relacionades bàsicament amb l'agricultura i la ramaderia. El metà prové de la descomposició de la matèria orgànica en ambients pobres en oxigen com els que es donen en determinats cultius o en el cicle digestiu del bestiar. Aquest procés també es dona –i és una altra font antropogènica de metà– en el tractament o descomposició dels residus orgànics dels abocadors o de les aigües residuals. Finalment, amb menys importància, també es pot alliberar directament a l'atmosfera (sense combustió) el metà que forma part del gas natural o que està associat a altres hidrocarburs (IPCC 2007a, Departament de Medi Ambient 1998).

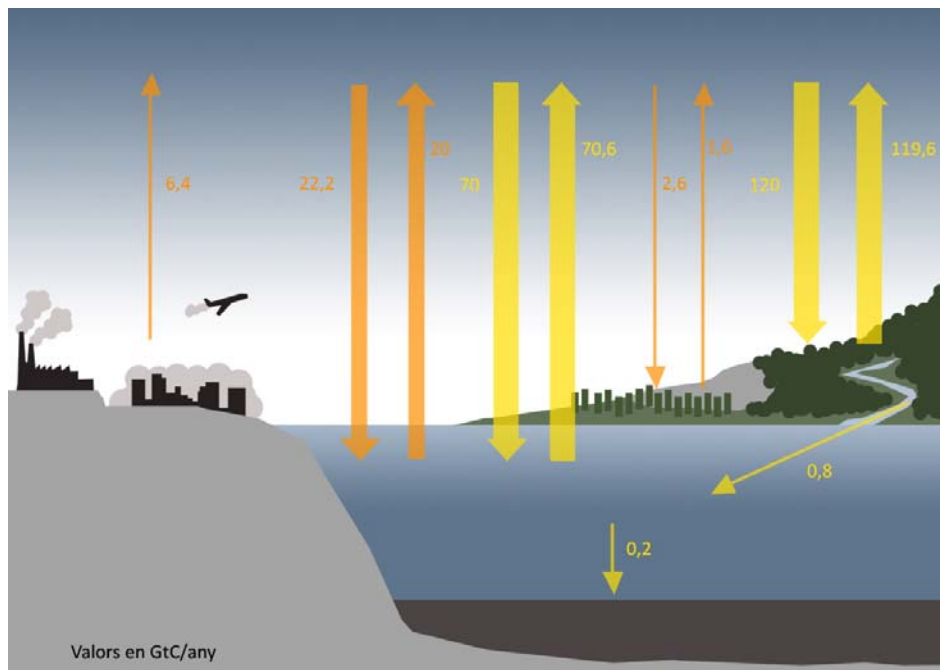


Figura 3. El cicle del carboni.
Font: elaboració pròpia amb dades de Denman (2007).

El tercer gas en grau d'importància és l'òxid nítrós (Taula 1). En aquest cas, les emissions antropogèniques són reduïdes, però com que el potencial d'escalfament global és de 310, la contribució al canvi climàtic no és menyspreable; l'any 2004, per exemple, va ser del 8 %. La concentració atmosfèrica d'aquest gas, que també s'havia mantingut constant a l'atmosfera durant milers d'anys, ha augmentat un 18 % en el període industrial. La principal font antropogènica de l'òxid nítrós és l'agricultura –bàsicament per la degradació de fertilitzants nitrogenats i pels fems–, però també generen òxid nítrós els tractaments d'aigües residuals, la combustió dels combustibles fòssils i alguns processos industrials (IPCC 2007a, Departament de Medi Ambient 1998).

Per acabar, els hidrofluorocarburs, els perfluorocarburs i l'hexafluorur de sofre contribueixen en un 1 % al canvi climàtic (Taula 1). Aquest gasos, que si no fos per l'acció de l'home tindrien una presència quasi nul·la a l'atmosfera terrestre, provenen de la indústria. Els hidrofluorocarburs s'utilitzen per refrigerar i per fabricar semiconductors, els perfluorocarburs

són subproductes del procés de fabricació de l'alumini i d'enriquiment de l'urani i, finalment, l'hexafluorur de sofre s'utilitza per aïllar equips d'alta tensió i per fabricar sistemes de refrigeració de cables (IPCC 2007a).

Gas	Potencial d'escalfament global al llarg de 100 anys (a)	Contribució a l'escalfament en termes de CO ₂ -eq (any 2004) (b)	Concentració atmosfèrica (a)	
			Preindustrial	Any 2005
Diòxid de carboni (CO ₂)	1	76,7 %	278 ppm	379 ppm
Metà (CH ₄)	21	14,3 %	715 ppb	1.774 ppb
Òxid nítrós (N ₂ O)	310	7,9 %	270 ppb	319 ppb
Hidrofluorocarburs (HFC)	140 – 11.700		0 ppt	60,6 ppt*
Perfluorocarburs (PFC)	6.500 – 9.200	1,1 %	40 ppt**	76,9 ppt**
Hexafluorur de sofre (SF ₆)	23.900		0 ppt	5,6 ppt

Taula 1. Característiques dels 6 principals gasos d'efecte hivernacle d'origen antropogènic.

*Correspon a la suma de les concentracions de HFC-125, HFC-134a, HFC-152a i HFC-23.

**Correspon a la suma de PFC-14 i PFC-116.

Font: (a): Forster (2007); (b): IPCC (2007a).

2.2 CONTEXT ACTUAL DE LES EMISSIONS DE GASOS D'EFECTE HIVERNACLE

2.2.1 Perspectiva històrica de la preocupació sobre l'evolució de les emissions de gasos d'efecte hivernacle i el canvi climàtic actual

La preocupació pels canvis climàtics no és nova. L'home sempre ha estat atent als fenòmens meteorològics i quan percebia discontinuïtats en el clima, fossin reals o no, intentava trobar les causes que les produïen. Prova d'això és que hi ha documents al llarg dels últims temps, fins i tot anteriors al segle XVIII, en què s'expliquen, tot i que no sempre amb el rigor científic actual, les causes de les alteracions percebudes en el clima (Von Storch i Stehr 2006).

En aquest apartat es descriuen les recerques que s'han dut a terme al llarg de la història i que han fet evolucionar el coneixement científic fins a establir de forma pràcticament inequívoca les causes que provoquen el canvi climàtic que actualment preocupa la humanitat. La causa principal, àmpliament acceptada per la comunitat científica i les institucions internacionals, és l'augment de la concentració de gasos d'efecte hivernacle d'origen antropogènic a l'atmosfera. Arribar a consensuar i a acceptar aquesta causa –un pas necessari per poder posar en marxa mesures per lluitar contra el canvi climàtic– ha estat un procés llarg. Ha transcorregut gairebé un segle des dels primers indicis científics, al voltant del 1900, fins que es van prendre, l'any 1997, les primeres mesures fermes en l'àmbit internacional per poder mitigar el canvi climàtic i, tot i el consens a què finalment s'ha arribat, encara és possible trobar articles científics relativament recents que posen en dubte la importància dels gasos d'efecte hivernacle com a causants de l'escalfament global (Khandekar, Murty i Chittibabu 2005).

El primer article científic que quantifica la relació entre la variació de la concentració del diòxid de carboni a l'atmosfera i la variació de la temperatura mitjana terrestre el va presentar Svante Arrhenius a la Stockholm Physical Society l'any 1895 i es va publicar l'any següent a la revista *Philosophical Magazine and Journal of Science* amb el títol "On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground" (Arrhenius 1896). En aquell moment, la preocupació d'Arrhenius era quantificar quina podia ser la influència dels components atmosfèrics en els períodes glacials. Basant-se, per una banda, en les recerques d'investigadors contemporanis i, per l'altra, en les recerques prèvies de Fourier sobre la capacitat de l'atmosfera terrestre de mantenir el planeta més calent, i també en les de Tyndall sobre els gasos de l'atmosfera capaços d'atrapar cert tipus de radiació, va calcular que doblant el CO₂ atmosfèric es pot augmentar la temperatura mitjana de la superfície terrestre entre 5 °C i 6 °C.

L'article d'Arrhenius conté unes aportacions del seu col·lega Högbom en les quals s'especifica quins són els processos que aporten diòxid de carboni a l'atmosfera, quins n'extreuen i amb quina magnitud. D'entre aquests processos, calcula la quantitat mundial de carbó que s'extreu anualment i es transforma en diòxid de carboni que s'emet a l'atmosfera, majoritàriament gràcies a la indústria moderna. Segons els seus càlculs, a finals del segle XIX el carboni anual alliberat provinent del carbó equivalia aproximadament a una mil·lèsima part del que contenia l'atmosfera i es creia que quedava compensat amb els processos d'absorció naturals del cicle del carboni.

Més endavant, l'any 1903, el mateix Arrhenius insinua que l'evolució de les fonts antropogèniques d'emissió de diòxid de carboni podien comportar un futur escalfament global. Escalfament que, des del seu origen suec i sobretot perquè les investigacions indiquen que el CO₂ afegit a l'atmosfera no serà significatiu fins al cap d'uns quants segles, no es percep com un problema (Handel i Risbey 1992).

La recerca d'Arrhenius va ser reforçada de forma independent per Thomas C. Chamberlain. Tot i això, durant les dècades posteriors, l'interès dels científics per aquestes investigacions va ser escàs. Bàsicament perquè els càlculs fets per Arrhenius no acabaven de valorar tots els efectes del canvi de composició atmosfèrica i també perquè se sabia que els canvis climàtics els podien desencadenar altres fenòmens; per tant, es considerava que la influència del diòxid de carboni tenia poca importància (Weart 1997).

No és fins l'any 1938 que Guy Stewart Callendar, amb la publicació de l'article "The artificial Production of Carbon Dioxide and Its Influence on Temperature", reactiva la teoria del canvi climàtic produït per les emissions de diòxid de carboni (Fleming 2002). Callendar recopila dades meteorològiques d'arreu del món de les primeres quatre dècades del segle XX, les combina amb estudis sobre el retrocés de les glaceres i sobre el diòxid de carboni i conclou que

hi ha una tendència a l'alça de les temperatures, i que si es dobla la concentració del CO₂ atmosfèric la temperatura mitjana de la Terra augmentarà 2 °C (Fleming 2002, 2003). A més, relaciona l'increment de l'ús dels combustibles fòssils amb el creixement de les emissions de CO₂ dient que l'home està canviant la composició de l'atmosfera a un ritme excepcional per l'escala de temps geològic (Le Treut 2007).

Més endavant, a la dècada de 1950, la investigació científica evidencia que les emissions antropogèniques poden ser realment un problema per al sistema climàtic. Per una banda, Gilbert Plass, que es dedicava a estudiar la transmissió de la radiació infraroja a través de l'atmosfera, aprofita els avenços que s'havien fet en espectroscòpia infraroja la dècada anterior i, l'any 1955, arriba a la conclusió que afegint diòxid de carboni a l'atmosfera s'augmenta la quantitat de radiació infraroja interceptada (Weart 1997). Per altra banda, Hans Suess, Roger Revelle i Charles David Keeling van investigar si s'acumulava o no diòxid de carboni a l'atmosfera.

En primer lloc, Suess va detectar, gràcies als estudis sobre el carboni 14, que a l'atmosfera hi havia carboni procedent de la crema de combustibles fòssils. Amb els primers estudis que va fer –que es caracteritzaven per una manca de dades– va concloure erròniament que com que la quantitat de carboni d'origen fòssil a l'atmosfera era baixa, els oceans el devien absorbir. En segon lloc, Revelle, com a oceanògraf, plantejava les qüestions clau que calia respondre per saber si el diòxid de carboni s'acumulava a l'atmosfera: la primera, quina era la interacció química que es produïa entre el diòxid de carboni atmosfèric i la superfície dels oceans i, la segona, quina era la barreja que es produïa entre l'aigua superficial dels oceans i les aigües més profundes. Juntament amb Suess, i paral·lelament a altres investigadors, publica que la mitjana de permanència a l'atmosfera d'una molècula de diòxid de carboni és de deu anys i que la renovació de les aigües dels oceans és d'uns quants centenars d'anys. Més endavant, Revelle va refer aquests càlculs i va descobrir que l'absorció neta dels oceans era molt més baixa del que havien suposat a causa dels canvis que es produïen en els components dels oceans per poder-se equilibrar amb l'augment de la concentració de diòxid de carboni atmosfèric (Weart 1997).

Totes aquestes recerques anaven fent creïble la teoria que hi pogués haver una alteració climàtica provocada per l'home. Per investigar-ho, es van recaptar fons –aprofitant l'any internacional de la geofísica– per mesurar acuradament la concentració de diòxid de carboni a l'atmosfera. L'encarregat d'aquestes mesures va ser Keeling, un geoquímic contractat per Revelle. L'any 1960, amb només dos anys de mesures, ja es podia detectar un increment de les concentracions de diòxid de carboni a l'atmosfera (Weart 1997). Amb aquestes proves i les mesures que Keeling va continuar fent any rere any des de Mauna Loa es van començar a intensificar els estudis sobre el canvi climàtic, sobretot a la dècada de 1970.

L'any 1979, l'Organització Meteorològica Mundial (OMM) organitza la Primera Conferència Mundial sobre el Clima. Es tracta d'un esdeveniment científic a escala mundial en què es reconeix que el canvi climàtic és un problema greu i s'analitza de quina manera l'escalfament global pot afectar les activitats humanes i com aquestes poden alterar el clima (PNUMA 2004). Fruit d'aquesta conferència sorgeix el Programa mundial sobre el clima, que, coordinat conjuntament amb altres organismes internacionals, com per exemple el Programa de les Nacions Unides per al Medi Ambient (PNUMA), promou un millor coneixement dels processos climàtics i fomenta l'aplicació d'aquest coneixement per contribuir a què les societats puguin fer front a la variabilitat climàtica (OMM 2008).

El següent pas que cal destacar, que es dona de forma simultània amb el creixement de l'evidència científica sobre el canvi climàtic, és la creació, l'any 1988, del Grup Intergovernamental d'Experts sobre el Canvi Climàtic (IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change). Aquest grup el va constituir l'Organització Meteorològica Mundial (OMM) i el Programa de les Nacions Unides per al Medi Ambient (PNUMA), amb l'objectiu d'avaluar de forma exhaustiva, objectiva i transparent la informació científica, tècnica i socioeconòmica disponible arreu del món sobre el canvi climàtic provocat per l'home (IPCC).

La informació que proporciona l'IPCC –que mai no prové de recerques pròpies– serveix per facilitar la presa de decisions polítiques. L'any 1990 publica el seu primer Informe d'avaluació sobre el canvi climàtic, que conclou que com a conseqüència de les emissions antropogèniques la temperatura del planeta augmentaria a un ritme sense precedents i provocaria impactes importants, i influeix de forma decisiva en el fet que els governs preparin un instrument que permeti abordar la lluita contra el canvi climàtic. Aquest instrument és el Conveni marc de les Nacions Unides sobre el canvi climàtic (CMNUCC), que s'aprova l'any 1992, coincidint amb la Conferència de les Nacions Unides sobre el Medi Ambient i el Desenvolupament (CNUMAD), també coneguda com a *Cimera de la Terra*.

El Conveni marc de les Nacions Unides sobre el canvi climàtic (Nacions Unides 1992) és un document clau que serveix com a base per elaborar les accions de lluita contra el canvi climàtic en l'àmbit internacional. A partir d'aquest acord i de la informació científica, tècnica i socioeconòmica sobre el canvi climàtic que aporten els informes d'avaluació de l'IPCC de forma periòdica (1990, 1995, 2001 i 2007), la comunitat internacional pren altres acords més concrets –el més destacat, el protocol de Kyoto (1997)– amb la finalitat de complir l'objectiu últim del Conveni d'aconseguir estabilitzar les concentracions de gasos d'efecte hivernacle a l'atmosfera a un nivell que eviti interferències perilloses en el sistema climàtic. Els aspectes més destacats del Conveni, així com els acords que se'n deriven, s'expliquen a l'apartat 2.2.3.

2.2.2 Causes, conseqüències i possibilitats de mitigació de les emissions de gasos d'efecte hivernacle

Per emmarcar la discussió de la tesi, en aquest apartat es descriuen els aspectes més destacats del canvi climàtic descrits en el quart Informe d'avaluació de l'IPCC, publicat l'any 2007, i en l'Informe Stern sobre l'economia del canvi climàtic, publicat l'any 2006.

QUART INFORME D'AVALUACIÓ DE L'IPCC

El quart Informe d'avaluació de l'IPCC és l'últim dels informes que aquest grup publica periòdicament. Tal com s'ha explicat a l'apartat anterior, aquests informes recullen el coneixement científic més actualitzat sobre el canvi climàtic, el validen i el publiquen. La informació publicada s'estructura en tres parts, que corresponen als tres grups de treball que participen en la redacció. El grup de treball I avalua les bases físiques del canvi climàtic provocat per l'home, el grup de treball II analitza els impactes, les possibilitats d'adaptació i la vulnerabilitat dels sistemes naturals i socioeconòmics, i la contribució del grup de treball III està relacionada amb la mitigació del canvi climàtic.

Grup de treball I. Base de les ciències físiques

El grup de treball I, que avalua les bases físiques del canvi climàtic, en el quart Informe de l'IPCC (IPCC 2007b), afirma el següent:

“El calentamiento del sistema climático es inequívoco, como lo evidencian ahora las observaciones en las temperaturas medias del aire y del océano, el derretimiento generalizado del hielo y la nieve, y la elevación del nivel medio del mar en el mundo.”(IPCC 2007b)

Segons aquest informe, els registres indiquen que la temperatura mundial ha augmentat 0,74 °C durant l'últim segle (1906-2005) i que no ho ha fet de forma lineal en el temps, sinó que la tendència a l'augment ha estat més gran durant les últimes dècades. Una prova d'això és que dels dotze anys compresos en el període 1995-2006, onze figuren com els anys més càlids des de 1850.

Aquest augment de la temperatura s'ha donat per l'augment de les concentracions de gasos d'efecte hivernacle a l'atmosfera. Des de la Revolució Industrial, la concentració atmosfèrica de gasos d'efecte hivernacle i la temperatura mitjana terrestre han anat augmentant de forma paral·lela i exponencial, tal com mostren els gràfics de la Figura 4 d'evolució d'aquests dos paràmetres durant l'últim mil·lenni.

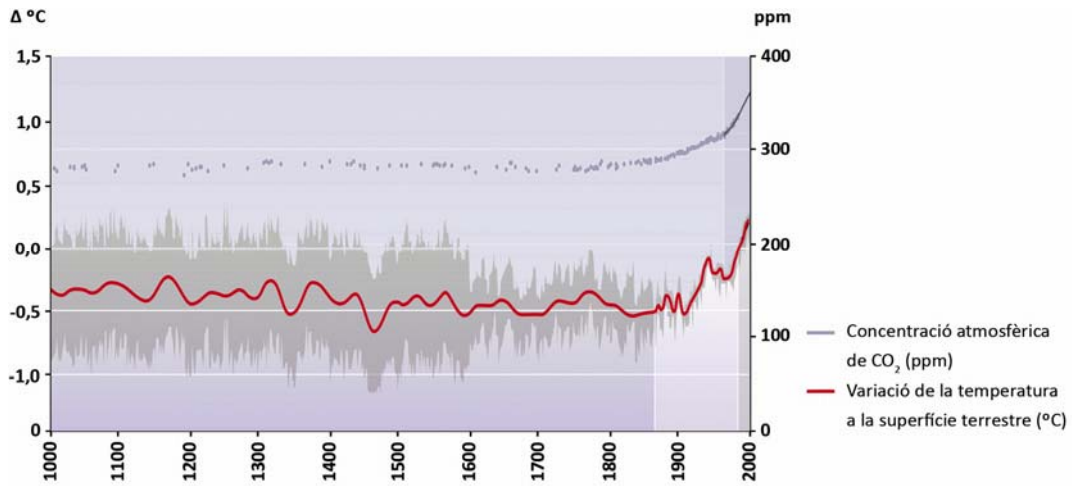


Figura 4. Evolució de la temperatura mitjana de la superfície terrestre i de la concentració de diòxid de carboni a l'atmosfera de l'any 1000 al 2000.
 Font: elaboració pròpia amb dades de l'IPCC (2001).

Tot i que hi ha altres fenòmens, com ara canvis de l'activitat solar o canvis en la coberta de la superfície terrestre, que poden influir en l'escalfament global, el principal responsable d'aquest escalfament és l'augment de les concentracions de gasos d'efecte hivernacle a l'atmosfera.

Segons testimonis de gel i observacions directes, la concentració de gasos d'efecte hivernacle ha augmentat de forma molt important. Per exemple, el CO₂, tal com s'ha comentat a l'apartat 2.1 ha passat d'una concentració atmosfèrica d'unes 280 ppm l'any 1750 a una concentració de 379 ppm l'any 2005, allunyant-se cada vegada més de l'interval natural de valors dels últims 650.000 anys, situat entre les 180 ppm i les 300 ppm.

La causa de l'augment de la concentració de gasos d'efecte hivernacle a l'atmosfera ha estat l'augment de les emissions produïdes per les activitats humanes. L'evolució i les proporcions dels principals GEH d'origen antropogènic així com les activitats humanes que més en produeixen es mostren a la Figura 5.

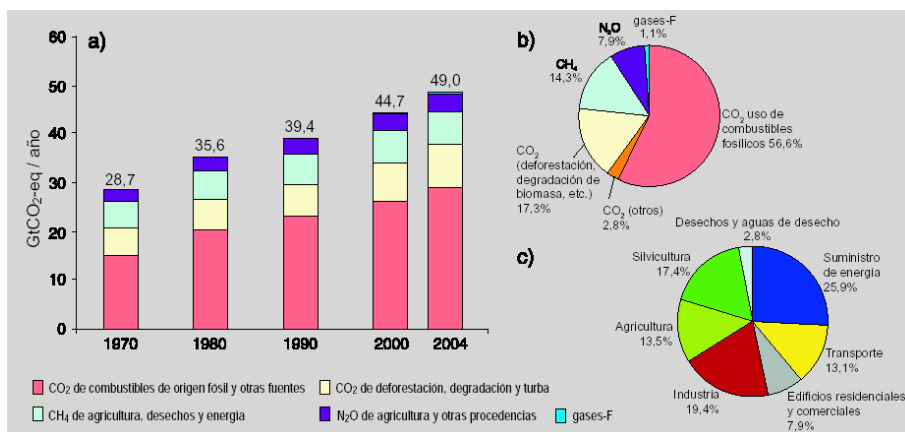


Figura 5. Emissions mundials de gasos d'efecte hivernacle d'origen antropogènic
 Nota: els gràfics b i c es refereixen a l'any 2004.
 Font: IPCC (2007a).

Amb totes aquestes dades i observacions, l'IPCC conclou el següent sobre les causes del canvi climàtic observat fins al moment:

“La mayor parte del aumento observado en las temperaturas medias mundiales desde a mediados del siglo XX se debe *muy probablemente* al aumento observado de las concentraciones de gas de efecto invernadero de origen antropogénico.” (IPCC 2007b)

Aquesta afirmació representa un avenç en el grau de certesa sobre els causants del canvi climàtic respecte als informes anteriors. Amb l'expressió *molt probablement* s'indica que les probabilitats que l'home sigui el responsable principal del canvi climàtic són superiors al 90 %.

Per altra banda, el grup de treball I també aporta projeccions futures sobre l'evolució de diferents paràmetres relacionats amb el canvi climàtic. En aquest informe, el grau d'incertesa d'aquestes projeccions és més reduït que en informes anteriors gràcies a la gran quantitat i varietat de models disponibles i gràcies a la comprovació de les primeres projeccions que s'havien fet per al període 1990-2005. No obstant això, els càlculs encara no inclouen de forma precisa els efectes de retroacció del cicle de carboni –l'escalfament redueix la capacitat d'absorció de CO₂ del terra i dels oceans– ni els efectes dels canvis del mantell de gel.

Les projeccions d'augment de la temperatura que l'IPCC mostra en aquest informe (Taula 2) es basen en sis escenaris¹ –amb característiques demogràfiques, econòmiques i tecnològiques diferents– definits pel mateix IPCC l'any 2000 (IPCC 2000). A més, s'hi afegeix una setena situació hipotètica que consisteix a suposar que les concentracions atmosfèriques de gasos d'efecte hivernacle es mantenen constants des de l'any 2000.

Els resultats del quart Informe d'avaluació de l'IPCC indiquen que amb poc més d'un segle les temperatures poden augmentar entre 1,8 °C i 4,0 °C segons les millors estimacions de cada escenari. Aquest canvi relativament brusc de la temperatura comportaria diverses conseqüències sobre els sistemes naturals que es detallen a l'apartat següent, que correspon a l'aportació del grup de treball II sobre impactes, adaptació i vulnerabilitat.

¹ Els escenaris utilitzats corresponen a les definicions següents:

A1: Creixement econòmic ràpid. Creixement de la població fins a la meitat de segle i descens posterior. Ràpida introducció de tecnologies noves i eficients. Convergència entre regions. Segons el tipus de tecnologia que es fa servir, es diferencien tres subgrups: A1F1, amb utilització intensiva de combustibles fòssils; A1T, sense utilització de combustibles fòssils; i A1B, com a opció intermèdia de les anteriors. A2: Món heterogeni. Desenvolupament econòmic regional amb un creixement per càpita i canvi tecnològic més lent que d'altres escenaris. Augment continu de la població.

B1: Món convergent. Creixement de la població fins a la meitat de segle i descens posterior. Economia dels serveis i la informació. Introducció de tecnologies netes i utilització menys intensiva dels recursos. B2: Predomini de les solucions locals de sostenibilitat econòmica, social i mediambiental. Augment continu de la població però a un ritme més lent que l'escenari A2. Desenvolupament econòmic mitjà.

Cambio de Temperatura (°C en 2090-2099 respecto a 1980-1999) ^a		
Caso	Mejor estimación	Rango de probabilidad
Concentraciones constantes del año 2000 ^b	0.6	0.3 – 0.9
Escenario B1	1.8	1.1 – 2.9
Escenario A1T	2.4	1.4 – 3.8
Escenario B2	2.4	1.4 – 3.8
Escenario A1B	2.8	1.7 – 4.4
Escenario A2	3.4	2.0 – 5.4
Escenario A1FI	4.0	2.4 – 6.4

Taula 2. Canvi de temperatura de la superfície terrestre.
Font: IPCC (2007b).

El que cal destacar de la Taula 2 és l'escenari en què les concentracions atmosfèriques de gasos d'efecte hivernacle es mantenen constants segons els valors de l'any 2000. Mantenir les concentracions atmosfèriques constants significa que la quantitat de gasos d'efecte hivernacle que s'emet s'ha de compensar amb la que els sistemes naturals són capaços d'absorbir. Es calcula que aquesta quantitat és al voltant del 20 % de les emissions de principis del segle XXI; per tant, mantenir les concentracions atmosfèriques de l'any 2000 constants significa que, a partir de l'any 2001, les emissions antropogèniques haurien d'haver estat un 80 % inferiors a les que hi havia l'any 2000. Es tracta d'una reducció importantíssima i hipotètica que s'allunya de la realitat dels altres sis escenaris considerats. Però fins i tot amb aquesta reducció tan significativa, s'estima que hi hauria un augment de la temperatura de 0,6 °C al llarg del segle XXI.

Amb aquestes simulacions es mostra com les alteracions que es produeixen sobre els sistemes naturals poden desencadenar desequilibris sobre altres sistemes naturals que es poden evidenciar fins i tot al cap d'un temps després que cessi la causa que ha originat la primera alteració. Aquests fets s'exemplifiquen a la Figura 6, extreta del tercer Informe d'avaluació de l'IPCC (IPCC 2001). Segons aquesta figura, si suposem que en algun moment anterior al 2100 s'aconseguís canviar la tendència actual creixent de les emissions anuals i es comencessin a reduir, la concentració de CO₂ a l'atmosfera encara continuaria augmentant i no s'estabilitzaria fins que la quantitat anual de CO₂ emès fos equivalent a la quantitat de CO₂ absorbit pels sistemes naturals. La temperatura mitjana de la Terra, que està directament relacionada amb la concentració atmosfèrica de gasos d'efecte hivernacle, aniria augmentant ràpidament fins que la concentració de CO₂ s'estabilitzés i a partir d'aquest moment encara augmentaria, tot i que més lentament, durant més d'un segle. Finalment, l'augment de la temperatura comportaria una pujada del nivell del mar com a conseqüència de l'expansió tèrmica dels oceans i de la fusió

dels gels. Aquest fenomen continuaria durant molt de temps després d'haver reduït la quantitat d'emissions a l'atmosfera.

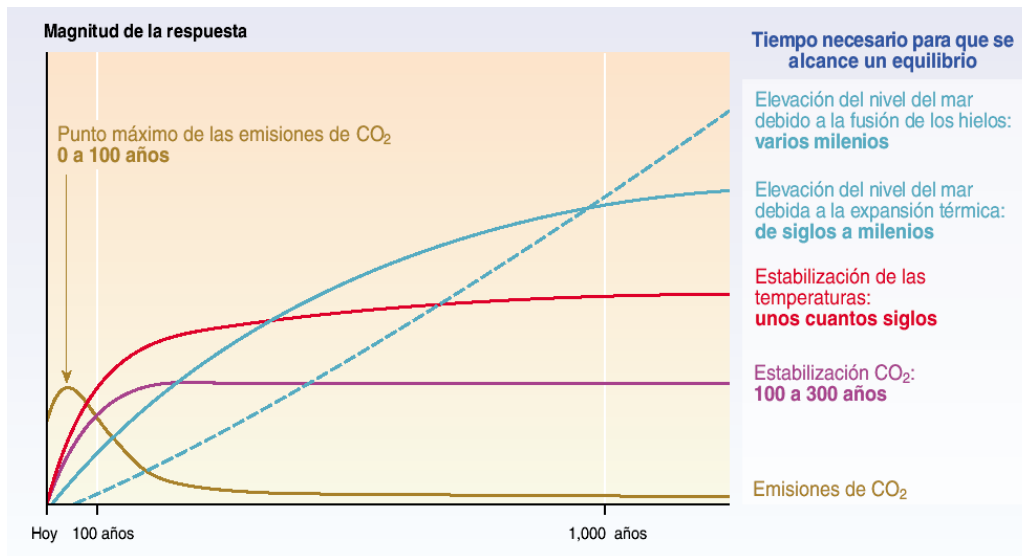


Figura 6. Temps necessari per arribar a l'equilibri del nivell del mar, la temperatura i la concentració de CO₂ a l'atmosfera segons l'evolució de les emissions de CO₂.
Font: IPCC (2001).

Grup de treball II. Impacte, adaptació i vulnerabilitat

El grup de treball II descriu quins són els impactes actuals sobre els sistemes naturals i humans provocats pel canvi climàtic, així com quins seran els possibles futurs impactes associats a diferents projeccions d'augment de la temperatura planetària. També analitza la capacitat d'adaptació i la vulnerabilitat dels sistemes naturals i humans a les alteracions provocades per l'escalfament global. L'aportació d'aquest grup al quart Informe d'avaluació, de la qual es resumeixen els aspectes més destacats a continuació, és una anàlisi a escala regional i més detallada de la que havia fet en els informes anteriors.

Segons aquest informe (IPCC 2007c), les observacions realitzades fins al moment, mostren com el canvis climàtics regionals afecten molts sistemes naturals. Alguns d'aquests canvis són, per exemple, la fusió de la neu, del gel i del sòl gelat, l'avançament en el temps dels fenòmens típics de la primavera, com ara el brot de les fulles i les migracions d'aus, el desplaçament d'espècies animals i vegetals cap a altes latituds i altituds, etc.

L'efecte total dels canvis provocats en els sistemes naturals per l'escalfament global és difícil d'apreciar perquè no tots els canvis observats tenen només un origen climàtic i perquè hi ha canvis que a causa de l'adaptació que ja es pot haver produït són difícils de detectar.

Pel que fa a les projeccions futures d'impactes, la Figura 7 mostra alguns dels impactes que – amb un nivell de confiança elevat – patiran els recursos d'aigua dolça, els ecosistemes, els

aliments, els sistemes costaners i la salut per cada grau d'augment de la temperatura mitjana planetària. Dels impactes descrits, els que es donen amb un augment inferior a 0,6 °C ja no es poden evitar perquè són conseqüència d'emissions del passat.

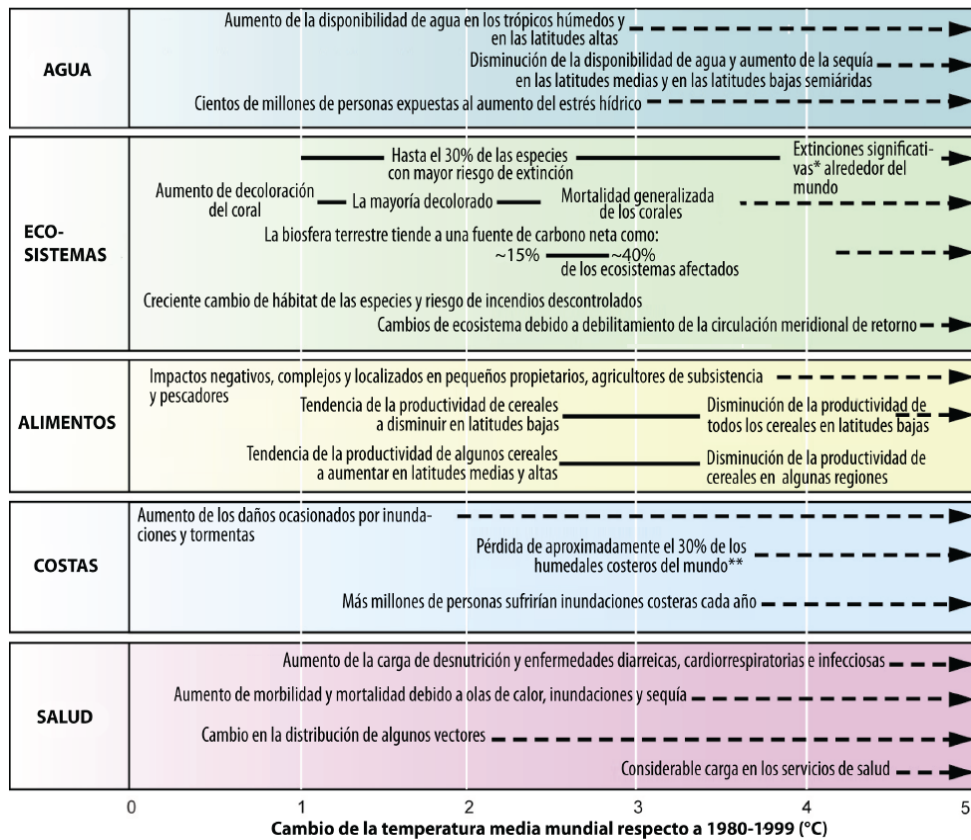


Figura 7. Impactes clau que es produiran en funció del canvi de la temperatura mitjana global .
 Nota: el canvi de temperatura a què es comença a donar cada impacte es correspon amb l'esquerra del text que el descriu.
 Font: IPCC (2007c).

En el quart Informe d'avaluació es descriuen les conseqüències que s'esperen per a cada un dels continents i també es destaquen quins seran els sistemes, sectors i regions que resultaran especialment afectats pel canvi climàtic. Entre aquests, hi ha els ecosistemes mediterranis, que amb una probabilitat d'entre un 66 % i un 90 %, es veuran afectats per la disminució de les precipitacions que el canvi climàtic provoca a la zona mediterrània.

A escala global, es preveu que hi pugui haver impactes a gran escala, sobretot més enllà del segle XXI. Són impactes relacionats amb canvis de la circulació dels corrents oceànics o amb la fusió d'una gran part de la superfície gelada dels casquets polars, que podrien desencadenar altres canvis d'una gran magnitud i de llarga durada, com ara l'augment del nivell del mar. També es preveuen canvis irreversibles, sobretot relacionats amb l'extinció d'espècies, i alteracions que provoquin un efecte de retroacció dels impactes negatius del canvi climàtic.

Els impactes observats fins ara i els previstos per al futur evidencien que seran necessaris processos d'adaptació (tecnològics, polítics, de gestió...) per reduir la vulnerabilitat al canvi climàtic futur. Actualment, per disminuir la vulnerabilitat, la mitigació no és suficient, ja que una part del canvi climàtic futur és conseqüència d'emissions passades. Tot i així, mitgant el canvi climàtic es poden reduir i evitar molts dels impactes i, per tant, reduir els costos d'adaptació i també la vulnerabilitat.

Grup de treball III. Mitigació:

En el quart Informe d'avaluació, el grup de treball III (IPCC 2007d) fa una anàlisi de l'evolució de les emissions passades i de les tendències d'emissions futures per països, per sectors d'activitat i en funció de diferents paràmetres (PIB, població, intensitat energètica...), i conclou que si no es canvien les polítiques actuals de mitigació del canvi climàtic, les emissions continuaran augmentant durant les pròximes dècades. Concretament, es preveu que cap al 2030 hi hagi un augment d'entre 9,7 i 36,7 GtCO₂-eq respecte de les emissions que hi va haver l'any 2000, que van ser de 39,8 GtCO₂-eq.

Tenint en compte aquests escenaris tendencials, en aquest informe s'avaluen els potencials de mitigació a curt, a mitjà i a llarg terminis per cada sector d'activitat i globalment.

Pel que fa a la mitigació a curt i a mitjà terminis (fins a l'any 2030), hi ha un ampli acord i molta evidència que existeix un potencial econòmic considerable per reduir les emissions globals per sota dels valors actuals. Es calcula que el potencial econòmic està entre 9 i 18 GtCO₂-eq/any² per un preu de 20 USD/tCO₂-eq, entre 13 i 26 per un preu de 50 i entre 16 i 31 per un preu de 100. A més, els estudis ascendents indiquen que hi ha un potencial d'unes 6 GtCO₂-eq anuals que es poden arribar a reduir a un cost net negatiu, és a dir, obtenint beneficis per la reducció.

En aquests càlculs es considera que tots els sectors contribueixen al valor global del potencial de mitigació, ja que es considera que no hi ha cap sector que per si sol pugui assumir la mitigació global. Precisament el potencial econòmic que s'estima per cada sector d'ús final en funció del preu de la tona de diòxid de carboni es mostra a la Figura 8. Segons aquest gràfic, el sector que més pot contribuir a reduir emissions de gasos d'efecte hivernacle, per qualsevol dels preus del carboni, és el de l'edificació. En el cas que el preu d'una tona de carboni sigui inferior als 20 dòlars, el potencial d'estalvi del sector de l'edificació oscil·la entre les 4,9 i les 6,1 GtCO₂-eq, la qual cosa representa entre un terç i la meitat del potencial global estimat.

² Per aquests càlculs es considera que les emissions de l'any 2000 van ser 43 GtCO₂eq

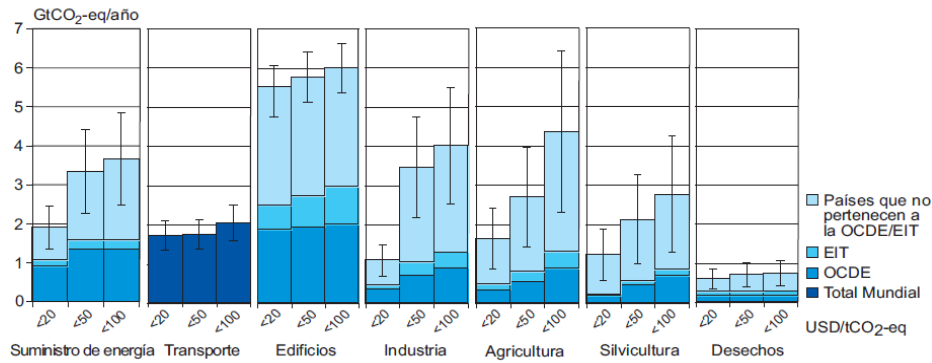


Figura 8. Potencial econòmic estimat per sectors i regions segons el preu del carboni l'any 2030. Font: IPCC (2007d).

Pel que fa a la mitigació a llarg termini (després de l'any 2030), en l'informe s'estudien 6 escenaris d'estabilització de les concentracions de gasos d'efecte hivernacle, els quals impliquen 6 nivells d'esforç de mitigació. Tal com mostra la Taula 3, cada escenari té associat un determinat augment de la temperatura i assolir-lo requereix disminuir una quantitat determinada d'emissions i canviar la tendència creixent d'emissions per una de decreixent dins d'un període concret. Els escenaris que més limiten el risc a les pitjors conseqüències del canvi climàtic – l'escenari I i II– preveuen estabilitzar la concentració de CO₂ entre 350 ppm i 440 ppm (cal recordar que l'any 2005 va ser de 379 ppm), la qual cosa significa que l'any de màximes emissions mundials hauria de ser anterior al 2020 i que les emissions de l'any 2050 haurien de ser entre un 30 % i un 85 % inferiors a les del 2000.

Categoría	Forzamiento radiativo (C/m ²)	Concentración de CO ₂ ^{c)} (ppm)	Concentración de CO ₂ -eq ^{c)} (ppm)	Aumento de la temperatura media mundial sobre el nivel preindustrial en equilibrio, usando la "estimación óptima" de la sensibilidad del clima ^{b), c)} (°C)	Año del nivel más alto de las emisiones de CO ₂ ^{d)} (año)	Cambio en las emisiones mundiales de CO ₂ en 2050 (% 2000 emisiones) ^{d)}	No. de escenarios evaluados
I	2.5–3.0	350–400	445–490	2.0–2.4	2000–2015	-85 to -50	6
II	3.0–3.5	400–440	490–535	2.4–2.8	2000–2020	-60 to -30	18
III	3.5–4.0	440–485	535–590	2.8–3.2	2010–2030	-30 to +5	21
IV	4.0–5.0	485–570	590–710	3.2–4.0	2020–2060	+10 to +60	118
V	5.0–6.0	570–660	710–855	4.0–4.9	2050–2080	+25 to +85	9
VI	6.0–7.5	660–790	855–1130	4.9–6.1	2060–2090	+90 to +140	5
Total							177

Taula 3. Característiques dels escenaris d'estabilització. Font: IPCC (2007d).

En l'Informe s'afirma que és possible assolir qualsevol dels nivells d'estabilització analitzats sempre que s'incentivi de forma efectiva el desenvolupament i la implantació de les tecnologies adequades.

Segons el quart Informe, les tecnologies que tindran un paper més rellevant durant el segle XXI, suposant una estabilització per sota de les 550 ppm, seran les relacionades amb l'eficiència energètica, amb les energies renovables, amb la captació i emmagatzematge de carboni i amb la

reducció de gasos d'efecte hivernacle diferents al diòxid de carboni. També contribuiran a estabilitzar les emissions, però d'una forma menys important, l'energia nuclear, les tecnologies relacionades amb la substitució de combustibles fòssils i els embornals forestals. A part d'aquestes tecnologies, es considera que els canvis en l'estil de vida, els programes d'educació i formació i l'optimització de la gestió també poden contribuir a reduir les emissions de gasos d'efecte hivernacle.

Pel que fa als costos de la mitigació, es calcula que assolir una estabilització entre els 445 i 710 ppm de CO₂-eq pot representar entre un 1 % d'augment i 5,5 % de disminució del PIB global l'any 2050.

Finalment, cal esmentar que la decisió sobre quin és l'escenari òptim de mitigació requereix avaluar una gran quantitat de paràmetres (riscos, danys reals i evitats, beneficis, costos, etc) que moltes vegades són incerts. Tot i això, hi ha un ampli acord i molta evidència que la mitigació que es dugui a terme durant els pròxims 20 i 30 anys determinarà les possibilitats d'estabilització futures.

STERN REVIEW: L'ECONOMIA DEL CANVI CLIMÀTIC

L'informe Stern (Stern 2006), publicat l'octubre de 2006, va ser encarregat pel govern del Regne Unit a l'economista Sir Nicholas Stern per conèixer millor els aspectes econòmics del canvi climàtic. Amb aquest informe, es pretén saber quins són els reptes econòmics a què caldrà fer front a causa del canvi climàtic per les conseqüències que comporta, per mitigar-lo o per adaptar-s'hi.

La principal conclusió que se n'extreu és que el cost de no actuar contra el canvi climàtic és més gran que el cost de lluitar-hi. Concretament, xifra en un mínim d'un 5 % les pèrdues anuals del PIB mundial que hi podria haver si no s'adopten mesures. Aquestes pèrdues es donarien des del moment en què es redacta l'informe en endavant i, a més, ampliant els escenaris estudiats, les pèrdues mínimes podrien arribar al 20 %. Per altra banda, valora en només un 1 % del PIB mundial el cost d'adoptar les mesures que permetrien evitar les pitjors conseqüències del canvi climàtic.

Segons l'informe, un cost de l'1 % del PIB és un *cost significatiu però viable*, que tot i que no serveix per impedir el canvi climàtic –que ja és inevitable– serveix per reduir-ne significativament els efectes negatius sobre la societat i l'economia. L'informe adverteix, però, que per evitar les pitjors conseqüències cal actuar amb mesures fermes i de ràpida implantació, ja que qualsevol retard podria esdevenir *perillós i molt més costós*.

En el cas de no prendre mesures, els efectes que es podrien donar sobre la societat i l'economia podrien ser comparables a les alteracions socials i econòmiques produïdes a causa de les grans guerres i comportarien, per tant, greus conseqüències per al creixement i el desenvolupament.

L'escenari en el qual es redueix substancialment el risc de patir les pitjors conseqüències del canvi climàtic, segons l'informe, és aquell en què la concentració de gasos d'efecte hivernacle a l'atmosfera s'estabilitza entre els 450 i 550 ppm de CO₂-eq. Per assolir aquest objectiu, caldria que les emissions de l'any 2050 fossin com a mínim un 25 % inferiors a les de l'any 2006 i que a partir de la segona meitat del segle XXI, les emissions fossin un 80 % inferiors a les de principis d'aquest segle. De fet, per estabilitzar les emissions a qualsevol nivell de concentració de gasos d'efecte hivernacle és necessari que les emissions antropogèniques es compensin amb absorcions dels sistemes naturals. Es calcula que aquest fenomen es dona quan les emissions de gasos d'efecte hivernacle es redueixen a una cinquena part de les de l'any 2006. Per tant, com més aviat s'arribi a emetre només un 20 % de les emissions actuals, més aviat s'assolirà l'estabilització i, possiblement, més baix serà el nivell de concentració de gasos d'efecte hivernacle a l'atmosfera.

Per altra banda, l'informe Stern considera el canvi climàtic com “el mayor y más generalizado fracaso del mercado jamás visto en el mundo” (Stern 2006). Aquest fracàs és fruit d'una de les imperfeccions més greus del mercat, que consisteix a no internalitzar els costos ambientals associats als processos de producció. En aquest cas, els costos ambientals que no s'internalitzen en els preus del mercat són els relacionats amb els gasos d'efecte hivernacle. De fet, el creixement econòmic dels darrers dos segles ha estat possible gràcies a les externalitats dels costos ambientals que el mercat permetia, cosa que demostra la relació directa que hi ha hagut des de l'inici del període industrial entre l'augment del PIB i l'augment de les emissions de diòxid de carboni.

Malgrat aquesta relació directa entre creixement econòmic i emissions de gasos d'efecte hivernacle, l'informe Stern afirma que “el mundo no tiene que elegir entre evitar el cambio climático y promover el crecimiento y el desarrollo” (Stern 2006), ja que, segons l'informe, una economia descarbonitzada és possible i, a més, si s'adopten les mesures encertades es poden generar oportunitats de creixement i desenvolupament.

Per arribar a descarbonitzar l'economia fins als nivells que permetrien reduir el risc a les pitjors conseqüències del canvi climàtic, és imprescindible una política adequada que actuï fermament, segons l'informe Stern, en tres aspectes. En primer lloc, establint un preu a les emissions de gasos d'efecte hivernacle mitjançant impostos o reglamentacions. En segon lloc, aplicant una política que incentivi les tecnologies baixes en carboni. I en tercer lloc, eliminant les barreres de tipus comportamental que dificulten implantar mesures per reduir emissions.

Finalment, l'informe Stern remarca que és imprescindible que totes les accions que es duiguin a terme per lluitar contra el canvi climàtic es facin d'acord amb un marc compartit d'objectius i compromisos internacionals.

2.2.3 Accions contra el canvi climàtic

En aquest punt es descriuen les accions en l'àmbit mundial, europeu i nacional que s'han dut i que es duen a terme per fer front al canvi climàtic. L'objectiu de l'apartat és fer un repàs a la normativa general que afecta Espanya en relació amb l'escalfament global i posar de manifest quins en són els objectius i les estratègies principals plantejades per assolir-los, per tal que al llarg de la tesi quedin emmarcats els comentaris, les crítiques i les anàlisis de les estratègies i les accions –adoptats fins al moment o alternatius– que afecten el sector de l'edificació espanyol.

ACCIONS EN L'ÀMBIT MUNDIAL:

L'acció més important que s'ha dut a terme en l'àmbit mundial per lluitar contra el canvi climàtic és el protocol de Kyoto del Conveni marc de les Nacions Unides sobre el canvi climàtic. El protocol de Kyoto és un acord que, tal com el nom complet indica, està vinculat a un altre acord molt més general, el Conveni marc de les Nacions Unides sobre el canvi climàtic (CMNUCC, en anglès UNFCCC), anomenat també, de manera simplificada, el Conveni.

El Conveni (Nacions Unides 1992), que és vinculant per a tots els estats que el signen, es va aprovar l'any 1992 i va entrar en vigor dos anys després. Fins l'any 2010, 194 estats l'havien ratificat, acceptat, aprovat o s'hi havien adherit i l'any 2011 s'hi ha adherit també Andorra (UNFCCC 2011). Es tracta, per tant, d'un acord que compta amb el suport dels governs que representen pràcticament la totalitat de la població mundial, l'objectiu del qual s'expressa en l'article dos de la manera següent:

“El objetivo último de la presente Convención y de todo instrumento jurídico conexo que adopte la Conferencia de las Partes, es lograr, de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Convención, la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible.” (Naciones Unidas 1992)

Es tracta d'un objectiu clar que consisteix a estabilitzar les emissions per impedir inferències perilloses del sistema climàtic sobre el medi i el desenvolupament; però, per altra banda, li falta aplicabilitat, ja que no es defineix què signifiquen *interferències perilloses*, a partir de quin

nivell d'estabilització es donen, quin és el termini suficient per permetre l'adaptació, etc. També es podria arribar fins i tot a alguna contradicció, per exemple: I si la manera d'assolir l'estabilització no permet que el desenvolupament econòmic segueixi? Aleshores prevaldrà l'objectiu general o la condició del desenvolupament econòmic?

Per assolir l'aplicabilitat, el Conveni preveu adoptar acords vinculats que, gràcies al desenvolupament del coneixement científic, permetin precisar i quantificar els aspectes menys definits d'aquest document i, consegüentment, introduir objectius més específics per als països signants. Tot i així, en el Conveni s'estableixen ja una sèrie de principis i compromisos que s'han de complir, com, per exemple, que els països han de protegir el sistema climàtic en benefici de les generacions presents i futures, que els països desenvolupats han de prendre la iniciativa en la lluita contra el canvi climàtic, que per falta de certesa científica absoluta sobre un possible dany no s'han de deixar de prendre accions per intentar evitar-lo, que els països signants elaboraran inventaris nacionals d'emissions i integraran en els programes nacionals mesures de mitigació i adaptació al canvi climàtic, etc.

Un punt que cal destacar del Conveni, i que marca el protocol de Kyoto, és l'afirmació que la protecció del sistema climàtic s'ha de fer sobre la *base de l'equitat* entre països i d'acord amb llurs *responsabilitats comunes però diferenciades*. Aquesta afirmació és el resultat de reconèixer que els països desenvolupats són els principals responsables de les emissions de gasos d'efecte hivernacle, que els països subdesenvolupats necessitaran augmentar les seves emissions per desenvolupar-se i que, per tant, no tots els països han d'assumir els mateixos esforços en la lluita contra el canvi climàtic. És per aquest motiu que el Conveni distingeix dos grups de països amb més responsabilitats que la resta. El primer grup són els països llistats a l'annex I³, bàsicament desenvolupats, que tenen l'obligació de limitar les seves emissions antropogèniques mitjançant mesures i polítiques nacionals (els països que no hi pertanyen poden assumir reduccions de forma voluntària). I el segon grup, els països llistats a l'annex II⁴, que pertanyen tots a l'annex I, tenen l'obligació de col·laborar amb els països subdesenvolupats ja sigui proporcionant-los recursos per tal que puguin assumir els seus compromisos derivats del

³ Països de l'annex I del CMNUCC (incloent-hi els països incorporats a aquest annex l'any 1998): Alemanya, Austràlia, Àustria, Bielorússia, Bèlgica, Bulgària, Canadà, Croàcia, Comunitat Econòmica Europea, Dinamarca, Eslovàquia, Eslovènia, Espanya, Estats Units d'Amèrica, Estònia, Federació de Rússia, Finlàndia, França, Grècia, Hongria, Irlanda, Islàndia, Itàlia, Japó, Letònia, Lituània, Liechtenstein, Luxemburg, Mònaco, Noruega, Nova Zelanda, Països Baixos, Polònia, Portugal, Regne Unit i Irlanda del Nord, República Txeca, Romania, Suècia, Suïssa, Turquia i Ucraïna.

⁴ Països de l'annex II del CMNUCC (considerant les modificacions fins l'any 2002): Alemanya, Austràlia, Àustria, Bèlgica, Canadà, Comunitat Econòmica Europea, Dinamarca, Espanya, Estats Units d'Amèrica, Finlàndia, França, Grècia, Irlanda, Islàndia, Itàlia, Japó, Luxemburg, Noruega, Nova Zelanda, Països Baixos, Portugal, Regne Unit i Irlanda del Nord, Suècia i Suïssa.

CMNUCC, ja sigui ajudant els que són especialment vulnerables als efectes del canvi climàtic a adaptar-s'hi.

Dins del marc del Conveni, l'any 1997 es va redactar el protocol de Kyoto (Naciones Unidas 1997), que és el primer acord jurídicament vinculant que estableix una quantitat d'emissions que cal reduir en l'àmbit global, determina un termini per assolir l'objectiu i limita les emissions dels països de l'annex I que el signen. Segons l'objectiu del protocol expressat a l'article tres,

“Las partes incluidas en el anexo I se asegurarán, individual o conjuntamente, de que sus emisiones antropógenas agregadas, expresadas en dióxido de carbono equivalente, de los gases de efecto invernadero enumerados en el anexo A no excedan de las cantidades atribuidas a ellas, calculadas en función de los compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones consignados para ellas en el anexo B [Taula 4] y de conformidad con lo dispuesto en el presente artículo, con miras a reducir el total de sus emisiones de estos gases a un nivel inferior en no menos de 5% al de 1990 en el periodo de compromiso comprendido entre el año 2008 y el 2012”. (Nacions Unides 1997)

Aquest objectiu és molt més aplicable que el del CMNUCC. Defineix la quantitat d'emissions que cal reduir especificant un objectiu concret per a cada país de l'annex I (Taula 4), el període de reducció i els gasos d'efecte hivernacle a considerar. Aquests gasos, llistats a l'annex A del protocol, no són tots els gasos d'efecte hivernacle però sí que són els que principalment produeixen les activitats humanes. Són el diòxid de carboni (CO₂), el metà (CH₄), l'òxid nítrics (N₂O), els hidrofluorocarburs (HFC), els perfluorocarburs (PFC) i l'hexafluorur de sofre (SF₆).

Parts ⁵	Compromís de limitació de les emissions (% respecte al nivell de l'any base)
Alemanya, Àustria, Bèlgica, Bulgària, Comunitat Europea, Dinamarca, Eslovàquia, Eslovènia, Espanya, Estònia, Finlàndia, França, Grècia, Irlanda, Itàlia, Letònia, Liechtenstein, Lituània, Luxemburg, Mònaco, Països Baixos, Portugal, Regne Unit i Irlanda del Nord, República Txeca, Romania, Suècia, Suïssa.	92
EUA	93
Canadà, Hongria, Japó, Polònia	94
Croàcia	95
Nova Zelanda, Federació Russa, Ucraïna	100
Noruega	101
Austràlia	108
Islàndia	110

Taula 4. Compromisos quantificats de limitació d'emissions durant el període 2008-2012.

Font: Annex B del protocol de Kyoto (Nacions Unides 1997).

El conjunt de països de l'annex I, és a dir, els països que tenen obligacions quantificades de limitar les seves emissions, van emetre, l'any 1990, 18.743 milions de tones de CO₂-eq, sense considerar les emissions del sector de canvi d'ús de la terra i silvicultura (UNFCCC 2008a). Si tots firmessin i assolissin els seus objectius, el conjunt d'aquests països emetrien, com a màxim,

⁵ Falten Bielorússia i Turquia, que actualment són parts de l'annex I però que no ho eren en el moment de redactar el protocol de Kyoto.

17.769⁶ tones de CO₂-eq anuals durant el període 2008-2012 (UNFCCC 2008b), quantitat que equival a una reducció del 5,2 %.

Ara bé, els Estats Units, que l'any 1990 era el responsable del 32 % de les emissions de gasos d'efecte hivernacle dels països de l'annex I (i del 39 %, l'any 2006), és l'únic país de l'annex I amb objectius de limitacions d'emissions que no ha firmat el protocol, la qual cosa té un doble efecte negatiu. Per una banda, l'efecte directe de no evitar el percentatge d'emissions que li correspon reduir i, per l'altra, l'efecte de dissuadir la resta de països, sobretot els que no pertanyen a l'annex I, d'assumir futures limitacions en les seves emissions, ja que aquesta postura entra en contradicció amb els acords bàsics del Conveni en què els països desenvolupats han de prendre la iniciativa a l'hora de dur a terme accions contra el canvi climàtic.

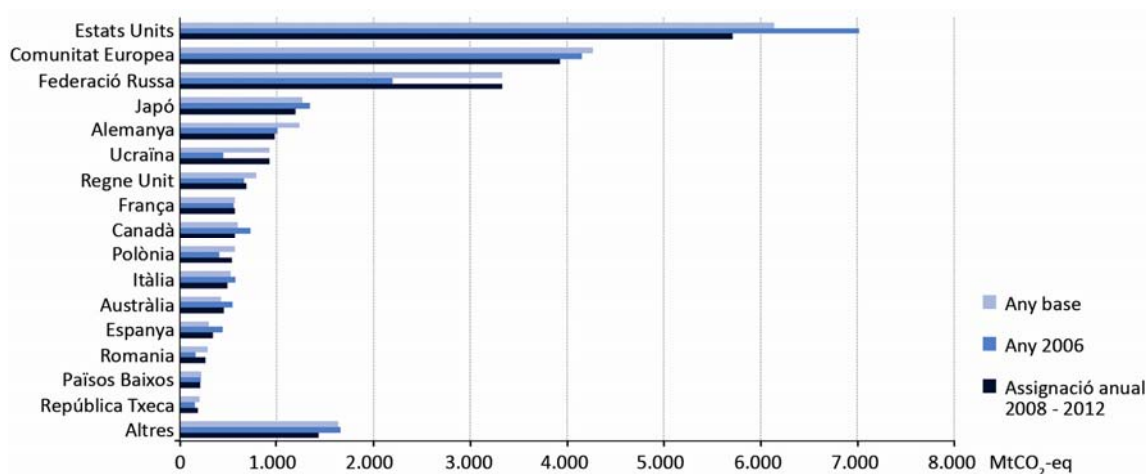


Figura 9. Emissions de l'any base, l'any 2006 i assignació anual per al període 2008-2012 dels països de l'annex I.

Font: elaboració pròpia amb dades de la UNFCCC (2008a).

La Figura 9 mostra, per cada país de l'annex I, la quantitat d'emissions de gasos d'efecte hivernacle de l'any 1990, de l'any 2006 i l'objectiu anual per al període 2008-2012. S'observa com els EUA, en no haver firmat el protocol de Kyoto, tampoc no han pres mesures importants que permetin una aproximació als seus objectius. De fet, les seves emissions de l'any 2006 van ser un 21 % superiors a les del seu objectiu fixat per Kyoto. Es pot destacar el fet que la quantitat d'emissions d'excés de l'any 2006 respecte al període de compliment dels EUA (1.312MtCO₂-eq) supera amb escreix la quantitat d'emissions que el conjunt de països de l'annex I hauria de reduir per complir el protocol de Kyoto (972MtCO₂-eq). Tot i així, l'any

⁶ Aquest valor no inclou les emissions de Turquia perquè en el moment de fer aquest càlcul aquest país no tenia una limitació quantificada d'emissions per al període 2008-2012. Per altra banda, les emissions d'Austràlia, Bielorrússia, Croàcia i els Estats Units estan calculades aplicant l'objectiu de limitació del protocol de Kyoto sobre les emissions de l'any 1990 de tots els gasos, excloent-ne les emissions provinents del canvi d'ús del sòl. Pels altres països, l'any base pot no ser l'any 1990 i les emissions del canvi d'ús del sòl només es consideren si el conjunt del sector aporta emissions.

2006, el conjunt d'emissions dels països de l'annex I –excepte Turquia– va ser inferior a l'objectiu fixat pel protocol. Concretament, les emissions de l'any base s'havien reduït un 5,6 %, és a dir, un 0,4 % més que l'objectiu marcat per al període 2008-2012. Aquest excés de reducció es va aconseguir gràcies als països que estan en un procés de transició cap a una economia de mercat, com ara la Federació Russa, Ucraïna o Polònia, i que estan canviant el seu sistema productiu, caracteritzat per ser molt intensiu quant a emissions.

Malgrat la reducció d'emissions de gasos d'efecte hivernacle que el conjunt de països de l'annex I estan aconseguint, les emissions mundials segueixen augmentant a causa de dos factors. El primer és que el protocol de Kyoto només marca objectius de limitació d'emissions sobre la meitat de les emissions mundials –les corresponents als països de l'annex I. L'any 2004, per exemple, els països que no tenen limitacions quantificades d'emissions van ser els responsables del 49 % de les emissions mundials. Es tracta d'un percentatge que ha crescut durant les últimes dècades i que ho seguirà fent, ja que els països subdesenvolupats o en vies de desenvolupament a mesura que augmenten el PIB també augmenten les seves emissions. El segon factor és que hi pot haver països que tot i tenir limitacions fixades pel protocol de Kyoto, decideixin no ratificar-lo i, per tant, les emissions que s'esperaven reduir no es redueixin. Aquest només és el cas dels EUA, però tot i només tractar-se d'un país, aquest país és el responsable d'una part molt important de les emissions de GEH dels països de l'annex I.

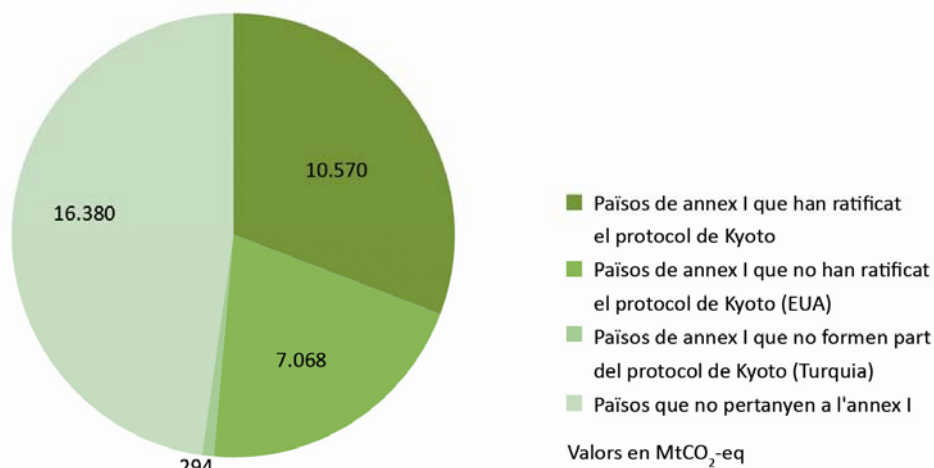


Figura 10. Repartiment de les emissions de gasos d'efecte hivernacle l'any 2004.
Font: elaboració pròpia amb dades de la UNFCCC (2008a).

En resum, tal com posa de manifest la Figura 10, les accions mundials que s'han pres fins al moment només actuen de forma vinculant sobre el 31 % de les emissions que hi va haver el 2004 i, a més, només obligant a una reducció propera al 5 %. D'aquesta manera, el balanç final per al període 2008-2012 serà, amb tota probabilitat, d'un augment global de les emissions

mundials provocant un distanciament dels objectius del Conveni. S'ha d'entendre, per tant, el protocol de Kyoto com un primer pas cap a les limitacions d'emissions. El protocol de Kyoto és un instrument que posa en marxa nous mecanismes i estratègies inexistents fins al moment amb la intenció no només de reduir emissions sinó també d'avaluar-ne l'efectivitat. Amb aquest procés s'adquireix experiència per poder fer front als futurs acords internacionals que hauran de limitar les emissions de forma molt més significativa.

Entre els mecanismes que el protocol de Kyoto estableix cal destacar els anomenats *mecanismes flexibles*, que tenen com a objectiu facilitar el compliment dels compromisos adquirits pels països de l'annex I. Aquests mecanismes, que es plantegen com a estratègies complementàries a les estratègies internes que cada país ha d'adoptar per reduir les seves emissions, permeten la reducció de les emissions en l'àmbit global d'una manera més econòmica. A continuació es descriuen els 3 mecanismes flexibles que estableix el protocol:

- Mecanisme de Desenvolupament Net (en anglès, *Clean Development Mechanism*, CDM). L'objectiu d'aquest mecanisme és doble. Per una banda, reduir les emissions imputables als països de l'annex I i, per altra banda, contribuir al desenvolupament sostenible dels països que no hi pertanyen. El procediment per aconseguir-ho consisteix en el fet que els països de l'annex I financin projectes que redueixin les emissions i contribueixin al desenvolupament dels països subdesenvolupats o en vies de desenvolupament, és a dir, països no pertanyents a l'annex I. Un cop certificada la quantitat d'emissions estalviades, els països de l'annex I que han promogut el projecte es poden descomptar del total de les seves emissions nacionals la mateixa quantitat que han estalviat a l'exterior. No obstant això, cal demostrar que l'estalvi és addicional, és a dir, que si l'activitat del projecte no existís les emissions no s'haurien pogut reduir.

En principi, el fet que no hi hagi coincidència entre el país on es redueixen les emissions i el país que les comptabilitza no suposa cap incoherència amb l'objectiu de limitar les emissions de gasos d'efecte hivernacle atès que el canvi climàtic és un impacte ambiental global que no depèn de la localització dels focus emissors que el provoquen. A més, permetre reduir emissions fora del país possibilita que el país que té l'obligació de reduir-les pugui escollir les mesures –nacionals o externes– que per una mateixa quantitat de capital invertit obtinguin una reducció d'emissions més gran, possibilitant, per tant, un estalvi econòmic.

- Mecanisme d'Aplicació Conjunta (*Joint Implementation*, JI). L'objectiu d'aquest mecanisme és obtenir reduccions d'emissions addicionals mitjançant la implementació de projectes a països de l'annex I per part d'altres països de l'annex I. El funcionament d'aquest mecanisme és el mateix que l'anterior però es fa entre països industrialitzats.

- Comerç d'emissions (*Emission Trading*, ET). Aquest mecanisme permet que els països que tenen limitades les seves emissions i han ratificat el protocol puguin realitzar operacions de comerç de drets d'emissió. Com en els casos anteriors, el comerç d'emissions possibilita la reducció de les emissions d'una forma menys costosa econòmicament. És a dir, el país que tingui més facilitat de reduir per sota de la quantitat que se li ha assignat podrà vendre l'excident d'emissions al país que li costi més.

L'estratègia general del protocol de Kyoto consisteix a començar a internalitzar els costos ambientals; en aquest cas, les emissions de gasos d'efecte hivernacle, dins del sistema econòmic. Qualsevol bé, per poder estar internalitzat dins del sistema econòmic, ha de tenir valor monetari i per poder-li assignar aquest valor calen tres condicions: que sigui útil, que no sigui d'accés lliure i que sigui escàs. Fins al 31 de desembre de 2007, abans que entrés en vigor el protocol, el fet d'emetre no tenia cap cost monetari, ja que de les tres condicions només es complia la primera, ser útil. Però en assignar uns drets d'emissions determinats a cada país, el que abans era d'accés lliure ara té uns propietaris. A més, com que les quantitats assignades no són infinites sinó que estan limitades just per sota de la tendència d'emissions, es crea també l'escassetat. Amb aquestes condicions és possible establir un mercat en què es poden intercanviar drets d'emissió segons les seves lleis. La limitació dels drets d'emissions permet reduir les emissions i la llei de l'oferta i la demanda possibilita que les reduccions de les emissions es donin de la forma més eficient econòmicament.

El problema en l'aplicació d'aquesta estratègia és que el protocol de Kyoto no assigna emissions a tots els països, sinó només als països industrialitzats. En conseqüència, el mercat que es crea és parcial i, entenent que el sistema productiu i l'economia són globals, el mercat del CO₂ esdevé imperfecte. Precisament aquesta imperfecció és la que dóna la possibilitat que els objectius del Conveni de reducció d'emissions no s'assoleixin.

Per exemple, si certes empreses desenvolupen activitats que tenen limitades les emissions pel fet d'estar ubicades en països de l'annex I, aquestes empreses poden decidir traslladar les seves instal·lacions a un país sense restriccions d'emissions. En un món amb l'economia globalitzada això és possible. L'empresa només ha de valorar el cost de reducció de les emissions de la instal·lació que roman al país inicial i comparar-lo amb el cost del trasllat. Segons el protocol de Kyoto, les emissions es comptabilitzen allà on físicament es produeixen; per tant, es poden fabricar productes fora de l'àmbit de limitació d'emissions i comercialitzar-los després dins dels països de l'annex I sense cap tipus de repercussió sobre el producte, ja que, de moment, no hi ha cap llei o aranzel que gravi les emissions associades a la fabricació dels productes que s'importen als països amb les emissions limitades.

Per aquest motiu és important que en futurs acords internacionals tots els països, siguin o no de l'annex I, tinguin les seves emissions limitades. Així, el mercat de CO₂ no seria parcial i es podrien assolir les reduccions que es fixessin mundialment facilitant el compliment de l'objectiu últim del Conveni. Un pas intermedi consisteix a assignar limitacions d'emissions en l'àmbit mundial a certs sectors industrials, en lloc d'assignar-les per països. Amb aquest sistema, s'haurien de repartir a través de subhastes una quantitat fixa de drets d'emissió entre totes les empreses mundials que produeixen emissions dins d'un sector determinat. Totes les empreses, siguin del país que siguin, comprarien a una mateixa subhasta els drets d'emissió que necessiten i s'evitaria que hi hagués avantatges competitius segons el país en què s'ubiqui l'activitat contaminant. D'aquesta manera no hi hauria casos com l'exemple anterior i es podrien reduir realment les emissions.

Un altre mecanisme per evitar que el mercat sigui imperfecte és canviar el punt on es comptabilitzen les emissions, és a dir, no comptar-les on es produeixen físicament sinó associar-les a l'ús del producte final. Això implica un sistema de comptabilització més complex i, per ara, molt difícil d'implantar, però seria la manera de repercutir en el consumidor final les emissions que han estat necessàries produir per obtenir un producte o un servei. Tal com s'explicarà més endavant, des del punt de vista de la sostenibilitat, aquest sistema seria el més eficient per reduir les emissions.

Des de fa uns anys, a les Conferències de les Parts de la CMNUCC que se celebren anualment arreu del món es negocia quin ha de ser l'acord internacional per limitar les emissions que ha de substituir el protocol de Kyoto a partir del 2013. L'any 2007, la Conferència de les Parts va aprovar el Pla d'acció de Bali, que marcava una sèrie de passos per arribar el 2009 a un acord adequat –segons l'objectiu últim del Conveni– per afrontar el canvi climàtic després del protocol de Kyoto (Nacions Unides 2007). Però l'any 2009, a la Conferència de les Parts que es va celebrar a Copenhaguen no es van assolir els objectius esperats; principalment, perquè els acords adoptats no fixaven compromisos vinculants de limitació de les emissions per als diferents països. L'any següent, a Cancún, la Conferència de les Parts tampoc no va definir les diferents obligacions per a cada país, però es va fer un pas important en aprovar els Acords de Cancún perquè aquest document constitueix una bona base per a les negociacions actuals. Un dels aspectes més importants dels acords és el reconeixement de reduir les emissions antropogèniques fins als nivells necessaris per no augmentar en més de 2 °C la temperatura mitjana de la Terra respecte als nivells preindustrials (Nacions Unides 2010).

Fixar un augment màxim de dos graus de la temperatura terrestre significa que també es fixen les emissions antropogèniques màximes que hi pot haver. Gràcies a la informació que recullen els informes de l'IPCC es pot conèixer quina és la correspondència entre l'augment de la

temperatura i la quantitat d'emissions antropogèniques que es poden emetre. Segons el quart Informe d'avaluació de l'IPCC, per a un escenari d'augment de 2 °C, les emissions mundials de CO₂ de l'any 2050 han de ser entre un 50 % i un 85 % inferiors a les de l'any 2000 (IPCC 2007d). L'IPCC també calcula com haurien de ser aquestes reduccions considerant un repartiment de l'esforç adequat al grau de desenvolupament del país. Així, per als països de l'annex I, les reduccions de les emissions de l'any 2050 han de ser entre un 80 % i un 95 % inferiors a les de l'any 1990 (Gupta 2007).

ACCIONS EN L'ÀMBIT EUROPEU:

Els 15 països que formaven la Unió Europea l'any 1997⁷, amb la firma del protocol de Kyoto, es van comprometre a reduir el total de les seves emissions un mínim d'un 8 % durant el període 2008-2012 respecte a les de l'any 1990. El compromís és individual de cada país, però atès que el protocol permet complir els seus objectius col·lectivament, la Comunitat Europea i els estats membres van declarar que els complirien de forma conjunta. D'aquesta manera, es va acordar fer una nova distribució dels objectius de limitació de les emissions que estigués adaptada a les característiques de cada país, tenint en compte factors com ara les expectatives de creixement econòmic de cada un, el seu repartiment energètic o la seva estructura industrial (Decisió 2002/358/CE). El resultat van ser uns objectius molt diferenciats compresos entre una reducció mínima del 28 % de les emissions de Luxemburg fins a la possibilitat d'augmentar, com a màxim, un 27 % les emissions corresponents a Grècia.

L'any 2006, les emissions del conjunt d'aquests 15 països havien disminuït un 2,6 % respecte a les de l'any 1990; per tant, la tendència era la correcta però calia augmentar el ritme de reducció per poder complir els compromisos del protocol. La contribució a aquest valor va ser desigual per als diferents països, tal com s'aprecia a la Figura 11. El Regne Unit, França, Suècia i Grècia són els únics països que l'any 2006 van emetre per sota dels seus compromisos per al període 2008-2012. Pel que fa a la resta de països, Alemanya, Holanda o Bèlgica estan propers als seus objectius però la resta se n'allunyen entre un 10 % i un 35 %. El que més s'allunya del seu compromís és Espanya i, a més, les seves emissions representen al voltant d'un 10 % del total de les emissions de la Unió Europea dels 15.

⁷ Alemanya, Àustria, Bèlgica, Dinamarca, Espanya, Finlàndia, França, Grècia, Irlanda, Itàlia, Luxemburg, Països Baixos, Portugal, Regne Unit i Irlanda del Nord, Suècia.

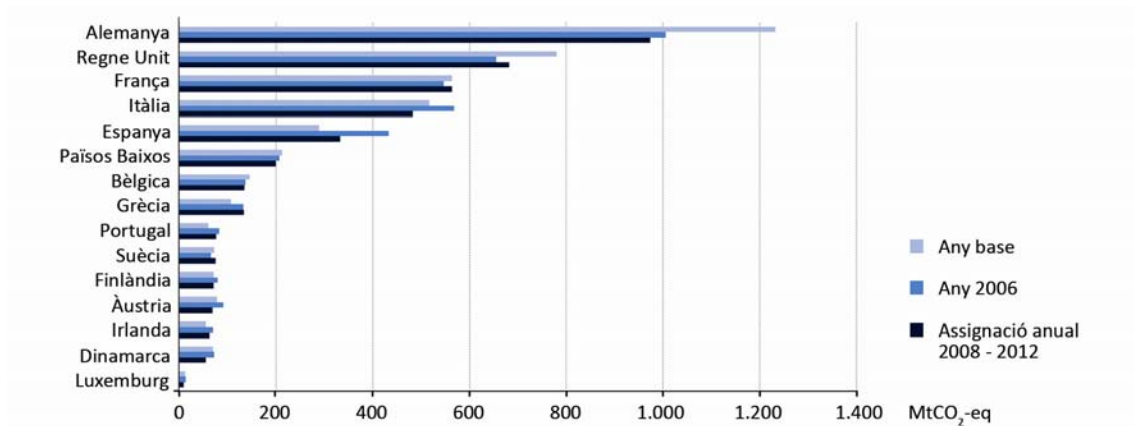


Figura 11. Emissions de l'any base, l'any 2006 i assignació anual per al període 2008-2012 dels països de la UE-15.

Font: elaboració pròpia amb dades de la UNFCCC (2008a).

Per poder complir els seus compromisos, Europa ha posat en marxa una gran quantitat de directives que fomenten la reducció de les emissions de gasos d'efecte hivernacle de forma directa o indirecta. Hi ha directives sobre la millora de l'eficiència energètica que abasten tots els sectors i d'altres de més específiques. Ara bé, la normativa més important que afronta la limitació de les emissions de gasos d'efecte hivernacle de forma directa és la Directiva 2003/87/CE. Aquesta directiva estableix un règim per al comerç de drets d'emissió⁸ de gasos d'efecte hivernacle a la Comunitat per fomentar reduccions de les emissions d'aquests gasos d'una forma eficaç en relació amb el cost i econòmicament eficient (Directiva 2003/87/CE).

La Directiva obliga cada estat membre a redactar un Pla nacional d'assignació de drets d'emissió (PNA), primer per un període de 3 anys (2005-2007) i posteriorment de 5 anys, en el qual s'assignen drets d'emissions a cada una de les instal·lacions nacionals que desenvolupa alguna de les activitats especificades a l'annex I de la Directiva. Aquestes activitats, resumides a la Taula 5, són les que generen de forma puntual grans quantitats de gasos d'efecte hivernacle i que, precisament per aquesta raó, la Unió Europea ha optat per limitar-los les emissions.

Activitats energètiques:	Instal·lacions de combustió (potència tèrmica > 20 MW) Refineries d'hidrocarburs Coqueries.
Producció i transformació de metalls ferris:	Calcinació o sinterització de minerals metàl·lics Producció d'arrabi o acer (> 2,5t/hora)
Indústries minerals:	Fabricació de ciment sense polvoritzar (>500t/dia) o calç (>50t/dia) Fabricació de vidre (> 20t/dia) Fabricació de productes ceràmics mitjançant forns (> 75t/dia)
Altres activitats:	Fabricació de pasta de paper, fabricació de paper i cartró (>20t/dia)

Taula 5. Resum de les activitats incloses a l'annex I de la Directiva 2003/87/CE.

⁸ Definició de dret d'emissió (segons la Directiva 2003/87/CE): el dret a emetre una tona equivalent de diòxid de carboni durant un període determinat.

El PNA ha de mostrar la metodologia que cada país segueix per assignar els drets d'emissió a les activitats incloses a la Directiva 2003/87/CE, també anomenades simplificadament *activitats incloses* o *sectors inclosos*. Les assignacions es poden fer de forma directa o per subhasta. En el cas de l'assignació directa, les instal·lacions reben drets d'emissió de forma totalment gratuïta; en canvi, els drets d'emissió que se subhasten s'han de pagar. Molts països han optat per fer l'assignació dels drets de forma directa o bé subhastar-ne una petita part.

Un cop assignades les emissions, les instal·lacions no poden emetre més quantitat de CO₂ del que tenen assignat per al període corresponent. L'excés d'emissions es pot compensar amb el comerç de drets d'emissió, és a dir, les instal·lacions que emeten per sota de la seva assignació poden vendre els drets sobrants a les instal·lacions que els en faltin. En canvi, si l'empresa decideix no compensar l'excés d'emissions ha de pagar una multa, la qual, a més, no l'eximeix de l'obligació d'ajustar-se als drets assignats, reduint les emissions o comprant drets per a l'any següent.

Amb aquesta directiva, la Unió Europea ha desenvolupat el mecanisme de comerç d'emissions que estableix el protocol de Kyoto però no ho ha fet a escala de països sinó a escala d'empreses. Ha establert el sistema anomenat *cap and trade*, que, igual que en el cas del protocol de Kyoto, limita la quantitat màxima d'emissions dels sectors inclosos i reparteix aquesta quantitat entre diferents propietaris d'empreses. Així, els drets d'emissió adquireixen valor monetari i es pot crear el mercat.

Aquest sistema té una doble finalitat. Per una banda, reduir les emissions de gasos d'efecte hivernacle –per això hi ha la limitació (*cap*)– i, per l'altra, fer-ho de la manera més eficient econòmicament (l'exemple del Requadre 1 en mostra el funcionament).

La Unió Europea calcula que aplicar aquest règim permet estalviar entre 3.100 i 3.900 milions d'euros anuals respecte al cost necessari per poder complir els compromisos europeus del protocol sense aquest mecanisme, que s'estima que és de 6.800 milions d'euros anuals (Comisión Europea 2005).

Requadre 1

Exemple de com es pot assolir un estalvi econòmic amb el règim de comerç d'emissions

Suposem que l'empresa A i l'empresa B són dues empreses europees que pertanyen als sectors inclosos i que, per tant, tenen unes assignacions d'emissions determinades pels corresponents PNA a les quals s'han d'ajustar. Suposem que l'empresa A ha de reduir 25 kt i l'empresa B ha de reduir 60 kt.

Si no existís el comerç d'emissions, cada empresa hauria de reduir aquestes emissions invertint només en la millora dels propis sistemes de producció. Aquesta inversió té un cost econòmic –diferent per a cada empresa–, representat per la corba teòrica de la Figura 12, que relaciona la quantitat d'emissions que cal estalviar amb el cost d'inversió per tona estalviada. Així, l'empresa A haurà d'invertir fins a 10 € per tona estalviada mentre que l'empresa B haurà d'invertir fins a 18 €.

Ara bé, l'existència d'un mercat de drets d'emissió, possibilita que l'empresa A, a part de reduir les 25 kt obligatòries, pugui reduir més emissions de forma voluntària, vendre-les al mercat a un cost més elevat que el de la seva inversió i recuperar, així, una part de la inversió que ha hagut de fer de forma obligatòria. Per altra banda, l'empresa B pot comprar al mercat aquella part de les emissions que està obligada a reduir però que reduint-les dins de la mateixa empresa li suposen un cost d'inversió més elevat que el de compra de drets al mercat.

La Figura 12 mostra com l'intercanvi òptim es produiria si l'empresa A –invertint a la mateixa empresa– reduís unes 8 kt més de les obligatòries (a un cost d'entre 10 €/t i 14 €/t) i les vengués per 14 €/t a l'empresa B, que, per la seva banda, evitaria reduir les 8 kt que necessiten una inversió d'entre 14 €/t i 18 €/t.

Amb aquest sistema es redueix la quantitat total d'emissions fixada prèviament i les dues empreses estalvien diners respecte a un escenari sense mercat de drets d'emissió.

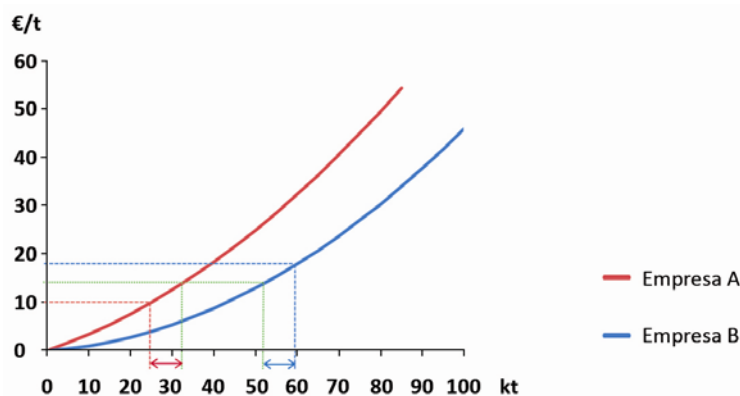


Figura 12. Relació entre la inversió econòmica i les emissions estalviades de dues empreses.
Font: elaboració pròpia

Assignant emissions a les empreses que desenvolupen les activitats incloses a la Directiva 2003/87/CE, els estats membres de la Unió Europea transfereixen una part de les seves responsabilitats de limitació d'emissions a qui les produeix. Les activitats que tenen limitades les seves emissions són precisament les que més en produeixen, de manera que assignant drets a molt poques instal·lacions es cobreix un percentatge elevat del total de les emissions europees. L'any 2006, per exemple, assignant drets a només unes 9.000 instal·lacions es van transferir les responsabilitats del 42 % de les emissions que la Unió Europea dels 15 estats membres va produir (Taula 6).

País	Emissions de l'any 2006 (MtCO ₂ -eq)	Drets assignats en el període 2005–2007 (MtCO ₂ -eq/any)	Instal·lacions cobertes per la Directiva 2003/87
Alemanya	1.005	499	1.849
Regne Unit	656	245	1.078
Itàlia	568	233	1.240
França	547	157	1.172
Espanya	433	174	819
Holanda	207	95	333
Bèlgica	137	63	363
Grècia	133	74	141
Àustria	91	33	205
Portugal	83	38	239
Finlàndia	80	46	535
Dinamarca	72	34	378
Irlanda	70	22	143
Suècia	66	23	499
Luxemburg	13	3	19
Total	4.161	1.739	9.013

Taula 6. Emissions, drets assignats i instal·lacions cobertes per la Directiva 2003/87/CE (any 2006).
Font: elaboració pròpia amb dades de la Comissió Europea (2005) i la UNFCCC (2008a).

El 58 % restant de les emissions de l'any 2006 va ser emès per les activitats que no estan incloses a la Directiva i que formen els anomenats *sectors difusos*. Aquestes activitats són les del transport, l'edificació, l'agricultura, la gestió de residus i totes les llistades a la Directiva però que tenen una capacitat o potència inferior a la necessària per formar part dels sectors inclosos.

En el cas dels sectors difusos és molt més complex traslladar la responsabilitat de les emissions a qui les produeix, ja que fer-ho comportaria assignar emissions, per exemple, a tots i cadascun dels propietaris d'un cotxe o d'un habitatge. La llista del Pla nacional d'assignació seria extensíssima i, per falta de mecanismes, seria impossible comprovar que les emissions reals s'ajusten a les emissions assignades. És per aquest motiu que, almenys de moment, els estats assumeixen les emissions dels sectors difusos i, per tant, són ells els responsables directes de posar en marxa estratègies que incentivin les reduccions d'emissions necessàries per assolir els compromisos nacionals.

Fins al 2012, any en què finalitza el compromís del protocol de Kyoto, la Unió Europea ha optat pel sistema d'assignacions i comerç de drets d'emissió entre els sectors inclosos, però a partir

del 2013 s'ampliarà la quantitat d'activitats que en formaran part. Els criteris que definiran el funcionament del futur règim de comerç d'emissions es basaran en l'experiència realitzada des de l'any 2005, any en què va començar a funcionar el comerç d'emissions. El primer període de funcionament va ser de tres anys (2005-2007) i va servir per posar en marxa els mecanismes que havien de fer possible el comerç, avaluar-los i preparar el segon període de comerç d'emissions, corresponent al període de compliment del protocol de Kyoto (2008-2012).

L'error principal que hi va haver durant el primer període va ser que la quantitat de drets assignats va ser superior a la demanda real. L'abril del 2006, quan es van publicar els inventaris nacionals d'emissions i es va detectar aquest desajust, el preu del dret d'emissió va patir una forta davallada. Tal com mostra la Figura 13, el preu d'un dret d'emissió del primer període va passar bruscament dels poc més de 30 € als 12 € i, tot i algun increment puntual, va anar perdent valor fins a situar-se per sota d'1 € durant els últims 9 mesos del 2007. L'excés de drets d'emissió va provocar que emetre fos pràcticament gratuït i quan emetre no té cap cost econòmic, els incentius per invertir en reduir emissions desapareixen. Per propiciar l'estalvi d'emissions és necessari que emetre tingui un cost que no sigui menyspreable; de fet, com més car sigui més fàcil serà estalviar.

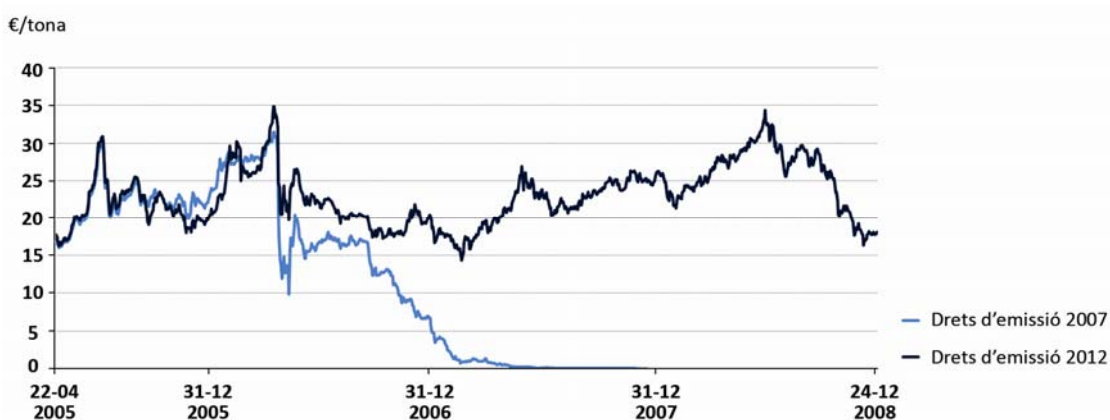


Figura 13. Evolució del preu dels drets d'emissió de l'any 2007 i de l'any 2012.
Font: elaboració pròpia a partir de dades de European Climate Exchange - ECX (2009).

Pel que fa al segon període de comerç d'emissions (2008-2012), el preu de la tona de CO₂ es manté més estable, la qual cosa fa pensar que les assignacions han estat més ajustades a la demanda que les del període anterior.

Actualment, la Unió Europea està perfilant l'estratègia de reducció d'emissions que aplicarà a partir del 2013. L'objectiu global consisteix a reduir un 20 % les emissions de l'any 2020 respecte a les de l'any 1990. Aquest percentatge es podria incrementar fins al 30 % si la resta de països desenvolupats es comprometen a acords similars i si els que estan en vies de

desenvolupament assumeixen algun compromís d'acord amb les seves capacitats (Comisión Europea 2008).

Per assolir aquest objectiu s'està plantejant ampliar les activitats que formen part dels sectors inclosos i que participen del comerç d'emissions. La quantitat d'assignacions disponibles per aquestes activitats disminuiria cada any un 1,74 %, i el 2020 serien un 21% inferiors a les del 2005. Per altra banda, el percentatge d'assignacions gratuïtes aniria disminuint anualment al mateix temps que augmentaria la proporció de drets subhastats. A partir del 2013 deixaran d'existir els plans nacionals d'assignacions de cada estat membre i hi haurà un únic pla d'assignacions per a les activitats dels sectors inclosos dels 27 països membres de la Unió Europea (Comisión Europea 2008, 2009)

Pel que fa als sectors difusos, la Unió Europea proposa que per al 2020 aquestes activitats redueixin un 10% les seves emissions respecte a les de l'any 2005. En aquest cas, cada estat membre tindria un objectiu de limitació diferent en funció de les seves característiques socioeconòmiques, objectiu que pot oscil·lar entre una reducció mínima del 20 % a un augment màxim del 20% en relació amb les emissions de l'any 2005 (Comisión Europea 2009).

Per a més enllà del 2020, el Consell Europeu va reafirmar el febrer de 2011 l'objectiu que la Unió Europea reduís entre un 80 % i un 90 % les emissions de l'any 2050, respecte a les de 1990. La manera d'assolir aquest objectiu es descriu al full de ruta que la Comissió Europea va publicar el març de 2011. D'aquest document, cal destacar que l'objectiu intermedi que es planteja per a l'any 2030 consisteix a reduir entre un 40 % i 44 % les emissions respecte a les de l'any 1990, per arribar, l'any 2050, a una reducció d'entre el 79 % i el 82 % respecte al mateix any. Pel que fa al sector residencial i de serveis, es proposa una contribució a la reducció més gran que la mitjana del conjunt dels sectors. Concretament, es preveu que per al 2030 les emissions d'aquests sectors siguin entre un 37 % i un 44 % inferiors a les de l'any 1990 i que per al 2050 ho siguin entre un 88 % i un 91 % (Comisión Europea 2011).

ACCIONS EN L'ÀMBIT NACIONAL:

Les accions relacionades amb la mitigació del canvi climàtic que s'han dut o s'estan duent a terme a l'Estat espanyol estan dirigides bàsicament a complir els compromisos establerts pel protocol de Kyoto. A part d'aquestes accions, també s'estan desenvolupant estratègies per afrontar les reduccions d'emissions més enllà del 2012.

Espanya, com a membre de la Comunitat Europea, va acordar complir el protocol de Kyoto de forma conjunta amb la resta d'estats de la Comunitat. Per aquest motiu, l'objectiu de reducció d'emissions que figura a l'annex B del protocol per a Espanya –que consisteix a reduir un 8 %

les emissions durant el període de compliment respecte a l'any base— és el mateix que el que figura per als 14 països restants que formaven part de la Comunitat Europea l'any 1997. De totes maneres, tal com s'explica en l'apartat anterior, aquest no és el percentatge que Espanya ha de complir, ja que la Unió Europea va acordar una nova distribució dels objectius en funció de les característiques de cada país (Decisió 2002/358/CE).

Així, l'objectiu del protocol de Kyoto per a Espanya consisteix a limitar a un 115 % les seves emissions de mitjana anual durant el període 2008-2012 respecte a les de l'any base.

Les emissions de l'any base —que en el cas d'Espanya és l'any 1990 per al diòxid de carboni, el metà i l'òxid nítrós, i l'any 1995 per als hidrofluorocarburs, els perfluorocarburs i l'hexafluorur de sofre— es fixen en 290 milions de tones de CO₂-eq⁹ (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino 2009). Per tant, el límit d'emissions de GEH per al període de compliment s'estableix en 333 MtCO₂-eq de mitjana anual.

La tendència clarament creixent que van mantenir les emissions espanyoles durant el període 1990-2005 van suposar que a Espanya se superessin els 333 MtCO₂-eq l'any 1997. Aquesta tendència no va canviar fins al període 2006-2007. En aquests dos anys, les emissions es van estabilitzar però també es van registrar les emissions màximes. Concretament, l'any 2007 es van emetre un 51 % més d'emissions que l'any base, la qual cosa va suposar superar en un 36 % el límit fixat pel protocol de Kyoto per als anys següents. Les emissions dels últims anys amb dades oficials disponibles (2008-2009) indiquen una disminució significativa de les emissions a Espanya, que es pot atribuir, en part, a les accions que s'han dut a terme per complir els compromisos adquirits i, en part, a la crisi. La proporció de cada un és difícil de valorar (Figura 14).

L'any 2006, quan encara no havia canviat la tendència creixent de les emissions espanyoles, l'allunyament del compliment del protocol va portar el Govern espanyol a revisar les estratègies inicials que havia posat en marxa per lluitar contra el canvi climàtic. En aquell moment, les previsions que es feien en redactar el Plan Nacional de Asignación de derechos de emisión de gases de efecto invernadero 2008-2012 (RD 1370/2006) indicaven que, amb les mesures de mitigació adoptades fins aleshores, les emissions del període de compliment serien un 50 % superiors a les de l'any base (sense les mesures inicials ho haurien estat d'un 73 %). Per aquest motiu es van proposar accions addicionals a les que ja estaven previstes i es va plantejar una senda adequada per complir el protocol de Kyoto.

⁹ La quantitat exacta de l'any base que es va aprovar oficialment i que serveix per fer els càlculs de les assignacions és de 289.773.205,032 tones de CO₂-eq.

La senda de compliment que va aprovar el Govern (RD 1370/2006, RD 1030/2007, RD 1402/2007) i la Comissió Europea (Comisión de las Comunidades Europeas 2007) en aprovar el PNA 2008-2012 estableix com a objectiu que les emissions del període 2008-2012 no superin en més d'un 137 % de mitjana anual les emissions de l'any base. Això no significa no complir el protocol, sinó que per complir-lo i arribar al 115 % acordat, es compensarà el 22 % d'excés amb mecanismes flexibles (20 %) i mitjançant l'absorció per augment de la vegetació (2 %) (Figura 15).

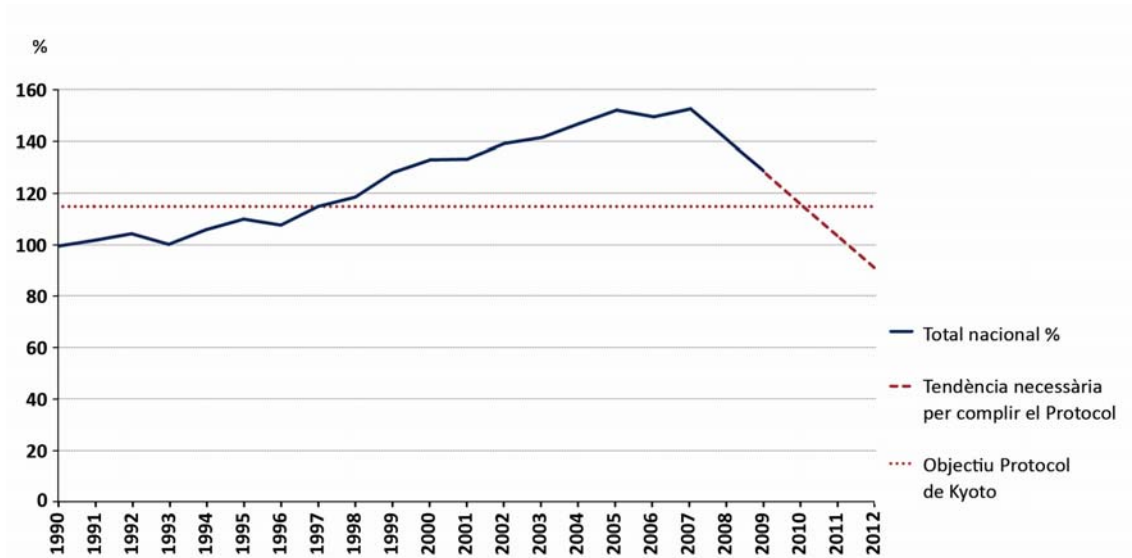


Figura 14. Evolució de les emissions espanyoles (1990-2007) i objectiu del protocol de Kyoto.
Font: elaboració pròpia amb dades de l'European Environment Information and Observation Network (EIONET).

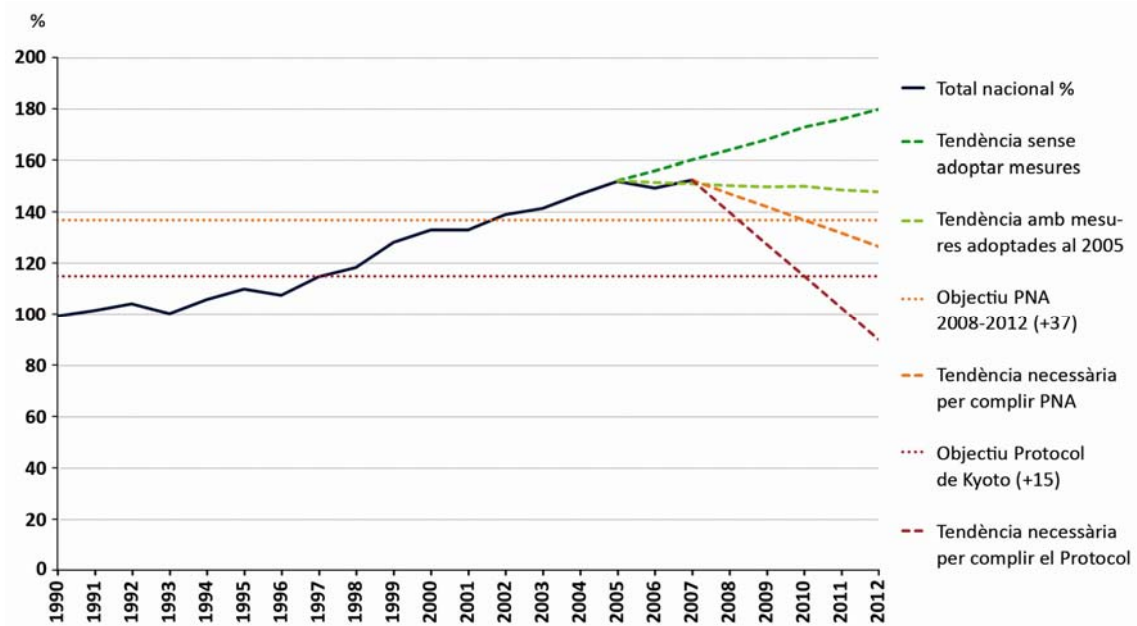


Figura 15. Evolució de les emissions espanyoles (1990-2007) i possibles tendències segons el PNA.
Font: elaboració pròpia amb dades del PNA 2008-2012 i EIONET.

El PNA també estableix un repartiment proporcional de l'esforç de reducció entre els sectors inclosos i els difusos, és a dir, que tant els uns com els altres han de mantenir la proporció respecte al total de les emissions nacionals que han tingut en anys anteriors. Tot i que aquest percentatge ha anat evolucionant, es fixa en un 45 % per als sectors inclosos i en un 55 % per als difusos.

Així doncs, els drets d'emissió que el PNA 2008-2012 assigna als sectors inclosos són el 45 % de les emissions de l'any base incrementades en un 17 %, és a dir, 152 MtCO₂-eq anuals. Aquests sectors, però, poden emetre fins a un 137 % de les seves emissions de l'any base, ja que el PNA els permet compensar fins a un 20 % d'excés¹⁰ mitjançant l'adquisició de drets procedents dels mecanismes flexibles. De fet, la quantitat que poden arribar a emetre (137 %) coincideix amb les previsions que es van fer l'any 2006; per tant, les aproximadament 1.000 instal·lacions que formen els sectors inclosos a Espanya no han d'adoptar mesures addicionals per complir la seva part del protocol de Kyoto. Ara bé, les mesures addicionals que adoptin els permetran evitar la compra de drets d'emissió i els facilitaran el compliment dels acords més enllà del 2012.

El cas dels sectors difusos és diferent. El PNA no assigna drets de forma individual a cada punt emissor, però sí que estableix un objectiu de limitació d'emissions per al conjunt de les activitats dels sectors difusos per tal que Espanya pugui complir l'objectiu global nacional del protocol de Kyoto.

L'objectiu per als sectors difusos estableix no superar en més d'un 137 % de mitjana anual durant el període 2008-2012 el 55 % de les emissions de l'any base. Tot i que proporcionalment es tracta del mateix límit que per als sectors inclosos, l'esforç que hauran de fer els difusos serà més gran a causa del major augment que han tingut les seves emissions i que es preveu que tindran. Les previsions que es van fer en el moment de redactar el PNA 2008-2012 indicaven que les emissions dels sectors difusos per al període de compliment serien d'un 165 % respecte a la part corresponent de l'any base.

Per arribar a l'objectiu del 137 % fixat pels sectors difusos, el PNA estableix que, com a mínim, un 28 % de les seves emissions de l'any base s'han de reduir mitjançant mesures addicionals. I el 22 % d'excés respecte al límit del protocol es compensa, com passa amb els sectors inclosos, mitjançant embornals i mecanismes flexibles. La diferència, però, amb els sectors inclosos és

¹⁰ El 20 % d'excés és la mitjana per al conjunt d'activitats que formen els sectors inclosos. Aquest percentatge es reparteix de forma desigual entre les instal·lacions de producció d'energia elèctrica de servei públic, que poden usar els mecanismes flexibles fins a un 42 % de les seves emissions, i la resta, que poden fer-ho en un 7,9 %.

que, en aquest cas, l'adquisició de drets d'emissió no la fa la instal·lació o empresa que emet per sobre de la seva assignació, sinó que la fa l'Estat amb la recaptació general. Dit d'una altra manera, en el cas dels sectors inclosos qui contamina paga i, en canvi, en el cas dels sectors difusos paga tothom, ja que l'Estat no té un impost específic que penalitzi les activitats més emissores per destinar-lo a la compra de drets d'emissions.

Per compensar l'excés d'emissions dels sectors difusos, es preveu que el Govern espanyol adquireixi 159,15 MtCO₂-eq per al quinquenni de compliment. El cost total d'aquests drets no es pot saber perquè el preu d'una tona de diòxid de carboni varia, però sí que se sap que l'adquisició de les primeres 60 MtCO₂-eq han costat 254 milions d'euros al Govern.

Com s'ha pogut observar, l'estratègia que s'aplica sobre els sectors inclosos i sobre els difusos per complir el protocol de Kyoto és diferent. La conseqüència d'aquest fet és que l'evolució de les emissions i la previsió de les tendències futures d'uns i altres també siguin diferents. Des de l'any 1990 fins al 2004, les emissions dels sectors inclosos van representar al voltant del 45 % del total nacional, però des de l'any 2005, quan es va començar a aplicar el primer PNA, les emissions dels sectors inclosos han anat perdent pes respecte al total nacional. Durant el període 2005-2007, per exemple, els drets d'emissió que es van assignar als sectors inclosos van representar el 41,5 % de les emissions nacionals. Per altra banda, les previsions que es van fer l'any 2006 per al quinquenni de compliment també mostraven que la tendència a l'augment de les emissions dels sectors difusos (+65 %) era molt més elevada que la dels inclosos (+37 %). I no és estrany que sigui així. Des de l'any 2005, amb el primer PNA, totes les empreses que formen part dels sectors inclosos tenen la responsabilitat individual de no sobrepassar els drets d'emissió que se'ls ha assignat, mentre que les empreses, institucions i particulars dels sectors difusos no la tenen.

Per a les empreses dels sectors inclosos, les emissions de gasos d'efecte hivernacle s'han convertit en un factor de competitivitat, ja que els costos del compliment es traslladen al client que adquireix els seus béns i serveis. Així, esdevenen més competitives les empreses que aconseguen la mateixa quantitat de producte amb la mínima quantitat d'emissions. En canvi, la responsabilitat del compliment dels sectors difusos no recau sobre cada focus emissor, sinó que recau sobre l'Estat, la política de reducció del qual, a part de tenir una implementació costosa i resultats poc immediats, no imposa limitacions reals ni penalitzacions determinants a les activitats que més emeten.

Pel que fa a les mesures i instruments específics per assolir el compliment del protocol de Kyoto, el Govern espanyol n'ha posat en marxa de molt diversos que afecten tots els sectors, tant de manera transversal com sectorial. Com a exemple de mesures transversals o horitzontals, hi ha les mesures fiscals que permeten reduir els preus a les opcions que produeixen menys

emissions siguin del sector que siguin. Pel que fa a les mesures que incentiven la reducció d'emissions de gasos d'efecte hivernacle en l'àmbit sectorial, hi ha el Plan Estratégico de Infraestructuras del Transporte (PEIT) 2005-2020, el Código Técnico de la Edificación (CTE) o el Reglamento 842/2006 sobre determinados gases fluorados de efecto invernadero, entre d'altres.

A l'Estat espanyol, les emissions associades al consum energètic representen al voltant d'un 75 % de les emissions comptabilitzades pel protocol de Kyoto. Per aquest motiu convé destacar dues de les normatives que actuen sobre les emissions associades a l'energia. D'una banda, el Plan de Energías Renovables en España (PER) 2005-2010, que s'encarrega de les fonts de generació d'energia, i de l'altra, l'Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España (E4) 2004-2012, que incideix sobre el consum energètic.

El PER, que constitueix la revisió del Plan de Fomento de las Energías Renovables (PFER), té els tres objectius generals següents: cobrir, com a mínim, el 12 % de la demanda total d'energia primària de l'any 2010 amb fonts d'energia renovable; assolir el 29,4 % del consum nacional brut d'electricitat de l'any 2010 amb energies renovables; i arribar al 5,75 % del total de gasolina i gasoil comercialitzats de l'any 2010 amb biocarburants o altres combustibles renovables per al transport. Gràcies a la seva aplicació es preveu assolir un estalvi de 27,3 MtCO₂ el 2010¹¹ (RD 1370/2006).

El segon document, l'Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España (E4) 2004-2012 (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, IDAE 2004), consta de tres objectius bàsics: millorar la intensitat energètica del país, reduir l'elevada dependència energètica de l'exterior i coadjuvar en la consecució dels compromisos mediambientals d'Espanya. A l'E4 s'avaluen els potencials de millora de l'eficiència energètica per sectors (indústria, transport, agricultura i pesca, edificació, residencial i serveis, serveis públics i transformació de l'energia) i es proposen mesures per reduir els consums mitjançant canvis tecnològics i de consum.

Les mesures i els instruments necessaris per implantar l'E4 es concreten en plans d'acció, concretament el Plan de Acción de la E4 2005-2007 (IDAE 2005) i el Plan de Acción de la E4 2008-2012 (IDAE 2007a). L'estalvi acumulat que es preveia assolir amb el primer pla d'acció era de 12 Mtep d'energia primària, equivalents a 32,5 MtCO₂-eq. El segon pla d'acció va recollir l'experiència i els resultats del primer període i va incorporar les mesures addicionals necessàries per poder complir el protocol de Kyoto, sobretot per part dels sectors difusos. D'aquesta manera, es van incrementar les reduccions previstes de consum energètic motivant

¹¹ L'estalvi és la diferència entre l'energia generada amb fonts renovables prevista per al 2010 i la que es va generar l'any 2004.

que el segon pla d'acció s'anomenés Plan de Acción de la E4 Plus (PAE4+) 2008-2012. S'estima que l'estalvi acumulat durant els cinc anys de vigència del pla serà de 88 Mtep d'energia primària, que equivalen a 238 Mt de CO₂-eq.

Finalment, l'any 2007 es va aprovar la Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia (EECCCEL), Horizonte 2007-2012-2020 (Ministerio de Medio Ambiente 2007), que defineix el marc d'actuació que han d'abordar les administracions públiques a l'Estat espanyol (Govern, comunitats autònomes i entitats locals) per assegurar el compliment dels compromisos actuals sobre el canvi climàtic i millorar la capacitat d'assumir-ne de nous en el futur. L'EECCCEL es complementa amb el Plan de Medidas Urgentes de la EECCCEL, que pretén aconseguir unes reduccions addicionals –algunes previstes en el PAE4+– de 60 MtCO₂-eq per al quinquenni 2008-2012.

2.3 CONCLUSIONS DEL CAPÍTOL 2

Els estudis científics indiquen que per evitar les pitjors conseqüències de l'escalfament global provocat per la humanitat, calen accions contundents i urgents. Això significa que en menys de 40 anys, els països desenvolupats, haurien d'emetre només una cinquena part de les emissions que emetien fa uns 20 anys.

Atès que actualment la majoria de les activitats de la societat –basades en un sistema productiu de base mineral– emeten gasos d'efecte hivernacle per dur-se a terme, assumir aquestes reduccions implicarà una transformació profunda de pràcticament tots els sectors de la societat. Evidentment, també del sector de l'edificació. A més, en el cas de l'edificació, les accions enunciades com a contundents i urgents encara ho haurien de ser més que per a la resta dels sectors. La raó és que molts dels edificis que existeixen o que es construeixen actualment poden estar en ús l'any 2050, moment en què s'exigirà un funcionament radicalment diferent al present.

Pel que fa a les normatives i estratègies actuals per reduir les emissions, el sector de l'edificació s'emmarca dins dels sectors difusos, és a dir, dels que no tenen limitacions individuals d'emissions sinó que les emissions globals del sector les assumeix el govern de la nació. En general, els objectius de reducció d'emissions dels sectors difusos són més difícils d'assolir i de controlar que en els sectors inclosos. A Espanya, per exemple, durant els últims anys, les emissions d'aquests sectors s'han allunyat més dels objectius de limitació que les dels inclosos. Cal destacar, a més, que en el cas de l'edificació, aquest fet contrasta amb els estudis que consideren que l'edificació té un elevat potencial d'estalvi de les emissions.

Tots aquests aspectes emmarquen i condicionen la caracterització del sector de l'edificació des del punt de vista de les emissions de gasos d'efecte hivernacle que es proposa en aquesta tesi. Una caracterització que considera la reducció de les emissions de gasos d'efecte hivernacle del sector de l'edificació, no com un repte en si mateix sinó englobat dins del repte de la sostenibilitat.

EL SECTOR DE L'EDIFICACIÓ DES DE LA SOSTENIBILITAT

Capítol

3

Tal com es detalla al capítol 1, l'objectiu general de la tesi, que consisteix a caracteritzar el sector de l'edificació des del punt de vista de les emissions de CO₂, s'emmarca dins d'un altre objectiu molt més ampli –l'objectiu marc– que consisteix a adquirir una nova visió que permeti redefinir la tasca de l'arquitecte des de la sostenibilitat.

L'objectiu marc condiona la caracterització que es pot fer del sector de l'edificació des del punt de vista de les emissions de CO₂ i obliga a fer una reflexió prèvia sobre com s'hauria d'interpretar el sector des de la sostenibilitat. Aquesta reflexió és la que es desenvolupa en aquest capítol i serveix per establir les bases conceptuals que permetran caracteritzar, en el capítol següent, el sector de l'edificació des de les emissions de CO₂ de forma coherent amb la sostenibilitat.

A part dels conceptes teòrics associats a la definició d'edificació sostenible, en aquest capítol també es fixa l'àmbit d'estudi del sector de l'edificació –tant geogràfic i temporal com de les activitats que el formen– i se'l descriu i analitza tenint en compte els principals factors que el caracteritzen.

3.1 DEFINICIÓ DEL SECTOR DE L'EDIFICACIÓ DES DE LA SOSTENIBILITAT

Per definir el sector de l'edificació des de la sostenibilitat, és necessari determinar què és l'edificació sostenible. En aquest apartat es proposa determinar-la a partir de l'anàlisi i transposició al camp de l'edificació dels conceptes que la Comissió Mundial del Medi Ambient i del Desenvolupament va utilitzar l'any 1987 per definir el desenvolupament sostenible.

Segons aquesta definició, que es troba al llibre *Our Common Future* i que també es coneix com a informe Brundtland, el desenvolupament sostenible és aquell que satisfà les necessitats de la generació present sense comprometre la capacitat de les generacions futures per satisfer les seves (Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo 1988).

De forma esquemàtica:



Els conceptes fonamentals que intervenen en aquesta definició i que cal analitzar per fer la transposició al camp de l'edificació són *satisfer necessitats* i *no comprometre les generacions futures*.

A part de l'anàlisi d'aquests conceptes també és necessari estudiar el terme *desenvolupament*; en aquest cas, però, no es tracta de fer una anàlisi del concepte en si mateix, la qual cosa sobrepassaria l'àmbit de la tesi, sinó una anàlisi intencionada que permeti determinar les relacions que existeixen entre aquest concepte i els dos anteriors.

SATISFER NECESSITATS

La primera aproximació al terme *necessitats* prové de les definicions que es poden trobar a diversos diccionaris i enciclopèdies. Molts coincideixen en una definició genèrica de *necessitat* com “allò de què hom no pot passar-se, no pot prescindir” (Institut d'Estudis Catalans –IEC–, Enciclopèdia Catalana, etc.) i, en canvi, no coincideixen en les diverses accepcions que aquest terme pot tenir. Per una banda, es poden trobar accepcions que defineixen *necessitat* com allò de què depèn la conservació de la vida (Real Academia Española –RAE) i, per altra banda, com allò que cal per al benestar físic (Enciclopèdia Catalana).

Tot i que pot semblar que no hi hagi gaire diferència entre aquestes dues accepcions, si s'analitzen detalladament, es pot deduir que impliquen dues formes conceptualment bastant diferenciades d'entendre el terme *necessitats*. La diferència és la manera com es defineix el límit que permet distingir si una cosa és o no és una necessitat. En el primer cas –en el que en depèn la conservació de la vida– el límit és clar: viure o no viure; per tant, es pot dir que tot allò que si no es dóna fa que es perdi la vida és una necessitat. Ho serien, per exemple, respirar o alimentar-se. En canvi, en la segona accepció –allò que cal per al benestar físic– el límit és ambigu. És difícil determinar de forma objectiva què és el benestar físic i encara ho és més determinar a partir de quin moment hi ha tal benestar; per tant, tampoc no es pot determinar de forma unívoca què és o no una necessitat. Només les necessitats que compleixen la primera accepció també compleixen clarament la segona. Però aquestes necessitats són només una part de totes les que es podrien acceptar com a procuradores del benestar físic.

A l'informe Brundtland es remarca que les necessitats a les quals es refereix són principalment les essencials. Segons les accepcions analitzades al paràgraf anterior, es podria pensar que aquestes necessitats –precisament per qualificar-les d'essencials– s'ajusten a l'accepció més restrictiva, és a dir, d'allò de què depèn la conservació de la vida i no del que cal per al benestar físic. Però no és així. Les quatre necessitats que enumera com a essencials, que són: aliment, roba, abric¹² i treball, ho demostren. Per ajustar-se a l'accepció restrictiva, aquesta llista hauria d'incloure, per exemple, respirar i no caldria que inclogués el treball, ja que des del punt de vista de conservar la vida no hi ha cap mena de dubte que la necessitat de respirar és molt més essencial que la del treball.

¹² *Shelter*, en anglès.

La raó per la qual a l'informe Brundtland es classifiquen aquestes quatre necessitats com a essencials respon a criteris associats al desenvolupament econòmic. Es tracta de necessitats que se satisfan a través de productes o serveis que tenen valor monetari i que, per tant, contribueixen a generar PIB, que és la forma estàndard de mesurar el creixement econòmic o el desenvolupament. D'aquesta manera, és lògic que no es consideri la necessitat de respirar com a essencial, perquè l'oxigen que es requereix per satisfer aquesta necessitat és d'accés lliure, no és un bé de consum i, per tant, no té preu. En canvi, s'entén que el treball formi part de les necessitats essencials, ja que permetrà adquirir els béns de consum que satisfan determinades necessitats que contribueixen a generar la riquesa requerida per al creixement del PIB.

Tal com s'ha esmentat al capítol 2, per tal que alguna cosa tingui preu –sigui un bé econòmic– cal que es donin tres característiques: tenir utilitat, tenir propietari i ser escàs; però des del punt de vista estricte de satisfer necessitats, només en cal una: tenir utilitat. Les altres dues característiques es consideren implícitament a l'informe Brundtland per la relació habitual que s'estableix entre creixement econòmic i desenvolupament. Ara bé, per al desenvolupament –sigui o no creixement econòmic– en primer lloc cal satisfer les necessitats de les quals depèn la conservació de la vida i un cop aquestes estan satisfetes es pot aspirar a les del benestar físic, podent ser, tant les unes com les altres, necessitats que se satisfan mitjançant alguna cosa que té o que no té preu. Però sempre tindran una utilitat determinada.

Les utilitats s'expressen a través d'unes *condicions materials*, és a dir, a través de qualsevol cosa que té una dimensió física, ja siguin elements, objectes, artefactes, béns materials o éssers orgànics. Així, per exemple, per satisfer la necessitat d'alimentar-se, cal buscar les condicions materials que tenen la utilitat de proporcionar energia a l'organisme humà i que poden ser des d'una peça de fruita fins a un plat precuinat. Satisfer una necessitat amb unes determinades condicions materials o unes altres, tal com es veurà a l'apartat següent, té una importància cabdal des del punt de vista de la sostenibilitat.

L'esquema següent recull els conceptes clau que intervenen en el procés de satisfer una necessitat:

NECESSITAT → UTILITAT → CONDICIONS MATERIALS

A aquesta cadena s'hi pot afegir un altre concepte que prové dels coneixements aportats per Max-Neef, que modifica el significat de necessitat vist fins al moment i que cal tenir en compte en l'anàlisi present.

Contràriament al que es pot deduir de les definicions de *necessitat* comentades en aquest apartat, en què es pot suposar que són infinites –sobretot tenint en compte l'accepció de necessitat com

allò que cal per al benestar físic–, Max-Neef al llibre *Desarrollo a escala humana: conceptos, aplicaciones y algunas reflexiones* afirma que “las necesidades humanas fundamentales son finitas, pocas y clasificables” (Max-Neef 1994). També determina que les necessitats fonamentals són 9 (subsistència, protecció, afecte, entesa, participació, oci, creació, identitat i llibertat) i que són independents de la cultura, la societat i/o el període històric. De forma complementària, incorpora el concepte *satisfactor*, que el defineix com la manera de satisfer una necessitat. A diferència de les necessitats, que són finites, els satisfactors poden ser infinits, ja que la manera de satisfer una necessitat pot canviar, entre altres paràmetres, en funció de la cultura i el període històric. Per exemple, a la necessitat de mantenir la temperatura corporal estable –inclosa dins la necessitat general de subsistència– s’hi pot donar resposta amb diferents satisfactors, ja sigui abrigant-se, modificant la temperatura radiant, migrant...

Incorporant aquest element a l’esquema anterior, en resulta:

NECESSITAT → SATISFACTORS → UTILITAT → CONDICIONS MATERIALS

Finalment, és convenient fer dos aclariments. Per una banda, cal remarcar que satisfactors i condicions materials no són el mateix: els satisfactors són la manera i les condicions materials, els mitjans per satisfer una necessitat.

Per altra banda, és convenient fer l’apreciació que el que a l’informe Brundtland s’anomenen *necessitats*, considerant les aportacions de Max-Neef, s’haurien d’anomenar *satisfactors*.

NO COMPROMETRE LES GENERACIONS FUTURES

Sense comprometre les generacions futures és una limitació que s’imposa al fet de satisfer necessitats. Aquesta limitació indica que de totes les necessitats que es poden satisfer, només les que es satisfacin sense comprometre la capacitat de satisfer les necessitats de les generacions futures formaran part del desenvolupament sostenible.

La qüestió que cal plantejar és què és el que pot comprometre les capacitats de les generacions futures a l’hora de satisfer les seves necessitats. La resposta és clara. Si, tal com s’ha dit en l’apartat anterior, les necessitats fonamentals sempre seran les mateixes i, per tant, sempre existiran, el que en pot comprometre la satisfacció és que no es puguin donar les condicions materials adequades que ho permetin. Unes condicions materials que, per a cada una de les necessitats que cal satisfer, poden ser molt variades –infinites– però que sempre, d’una manera o altra, s’hauran de donar.

Atès que des del moment present no es poden fixar quines seran les condicions materials que demanaran les generacions futures i l'objectiu consisteix a no restar-los capacitat per satisfer necessitats, el què cal garantir és que en un futur es puguin donar totes les condicions materials que es poden donar en el present –sempre que depengui d'accions antropogèniques.

Una característica important de les condicions materials és que poden transformar-se i perdre la utilitat que tenien associada, deixant també de satisfer la necessitat a la qual inicialment estaven destinades. Aquest fet es pot donar per dos motius. En primer lloc, pel pas del temps, és a dir, unes condicions materials determinades poden perdre algunes de les propietats físiques o químiques que impedeixen que una necessitat que es podia satisfer en un moment determinat no es pugui satisfer en un altre moment. Per exemple, una poma pot proporcionar energia a l'organisme d'una persona sempre que es consumeixi durant un determinat període de temps; passat aquest període la poma es podrà i canviaran les seves condicions materials, al mateix temps que perdrà la utilitat de proporcionar energia a l'organisme humà. En segon lloc, pel fet de satisfer una necessitat. En aquest cas, precisament pel fet de satisfer una necessitat, les característiques de les condicions materials poden canviar i perdre la utilitat al mateix moment que l'estant donant. Seguint amb el mateix exemple, una poma a mesura que es va consumint va aportant energia a qui la consumeix, però també va deixant de tenir la utilitat inicial. Les condicions materials que defineixen una poma només serviran per satisfer una determinada necessitat una vegada o, dit d'una altra manera, no es pot consumir una mateixa poma dues vegades.

Tot i que el procés de transformació de les condicions materials causat pel pas del temps afecta qualsevol tipus de condicions materials, el grau d'incidència pot ser molt diferent. D'aquesta manera, hi pot haver condicions materials que mantenen les seves propietats i, per tant, la utilitat durant segles, com ara una cova; o d'altres, com el cas de la poma, que la perden en qüestió de dies. Per altra banda, la transformació de les condicions materials causada pel consum de la utilitat associada no es dona sempre. Hi ha una gran varietat de condicions materials que poden mantenir la utilitat després d'haver-les utilitzat. Una cova, per exemple, pot servir d'aixopluc una vegada i una altra sense que per aquest fet canviïn les seves condicions materials i, per tant, en variï la utilitat.

Així, per assolir l'objectiu de deixar a les generacions futures la possibilitat que es donin totes les condicions materials del present, i tenint en compte que aquestes condicions en transformar-se – pel motiu que sigui – poden perdre la utilitat, cal que les condicions materials que s'utilitzen per satisfer necessitats de les generacions presents es puguin renovar, és a dir, que tot i que es transformin hi hagi la possibilitat de reproduir les condicions materials inicials dins d'una escala de temps humana.

La renovació de les condicions materials s'assoleix mitjançant els recursos del medi, recursos que sense cap procés de transformació realitzat per part de l'home ja tenen la utilitat necessària per satisfer necessitats –per exemple, l'oxigen de l'aire per respirar– o que requereixen un procés de transformació per obtenir-la –per exemple, un diari. En ambdós casos, un cop es perd la utilitat de les condicions materials apareix el residu, que, sempre que no sigui útil per satisfer alguna altra necessitat, retorna al medi.

Tenint en compte que el planeta Terra és un sistema pràcticament tancat quant a materials, és imprescindible que tant el procés d'extracció de recursos com el d'evacuació de residus no causin una alteració del medi que impedeixi la possibilitat de reproduir les condicions materials inicials.

Que la Terra sigui un sistema tancat implica que l'exigència de renovar les condicions materials s'haurà de fer sempre amb la mateixa quantitat de materials; per tant, caldrà que els materials completin cicles dins d'aquest sistema tancat per poder renovar utilitats. Els diferents elements presents al planeta poden desplaçar-se i combinar-se entre ells provocant un canvi de les característiques físiques i químiques dels materials, la qual cosa els permet seguir el cicle. Ara bé, per tal que es puguin donar aquests processos de transformació i arribar a tancar els cicles materials cal una aportació d'energia.

Contràriament al cas dels materials, la Terra és un sistema obert quant a energia, és a dir, que a part de les energies pròpies del planeta hi ha un intercanvi energètic amb l'exterior. Per una banda, el planeta rep un flux constant de radiació electromagnètica que prové del Sol i, per altra banda, reemet a l'exterior la mateixa quantitat d'energia que ha absorbit. Tot i que el balanç entre energia entrant i energia sortint està equilibrat, la qualitat –o entropia– dels dos tipus d'energia és molt diferent. La radiació originada al Sol té una entropia baixa –o qualitat alta– perquè prové d'un cos que es troba a uns 6.000 K; en canvi, la que emet la Terra, que es troba als voltants de 300 K, té una entropia alta –o qualitat baixa. Aquest fet respon a la primera llei i la segona llei de la termodinàmica que impliquen una conservació de l'energia però una distribució canviant d'aquesta de forma irreversible, és a dir, l'energia que emet la Terra no pot tornar a ser com l'energia solar, que precisament és l'energia de la qual prové. Aquesta degradació energètica es produeix independentment de les accions antropogèniques; per tant, per tal de permetre i assolir el tancament dels cicles materials de les condicions materials i garantir la capacitat de les generacions futures de reproduir les condicions materials del present, l'aprofitament de l'energia solar és clau.

En resum, *sense comprometre les generacions futures* significa que cal tancar els cicles materials de tots els processos materials implicats en la satisfacció d'una necessitat, aprofitant –amb l'acció humana o sense– l'energia solar per fer-ho.

DESENVOLUPAMENT

El concepte *desenvolupament* es pot entendre des de diversos punts de vista. Segons el socioecòleg Folch (1999), el desenvolupament és un procés d'adquisició progressiva de capacitats que tant pot respondre a l'execució d'un projecte, amb principi i final, com seria un codi genètic, que permet la transformació d'una cria en un adult, com tractar-se d'un procés dirigit a metes no previstes prèviament ni amb un sostre definit, com seria l'activitat socioeconòmica. És precisament aquest últim sentit –el de desenvolupament econòmic i social– el que s'utilitza a l'informe Brundtland. De fet, tot i que de desenvolupaments referits a una comunitat humana n'hi pot haver de molts tipus (humà, social, cultural, polític...), si aquest terme apareix sol se sobreentén que es refereix només al desenvolupament econòmic. Les definicions que es poden trobar a diferents diccionaris ho demostren i, a més, confirmen que l'objectiu final no és definit sinó que es basa en la continuïtat del creixement econòmic. Per exemple, el diccionari de la Real Academia Española (RAE) defineix el desenvolupament com l'“evolució progresiva de una economía hacia mejores niveles de vida”(RAE).

L'indicador habitual que mostra el grau de desenvolupament d'una comunitat és el producte interior brut (PIB), que indica el valor monetari dels béns i serveis produïts per una comunitat durant un període determinat. Aquest indicador no és complet, ja que, per exemple, no recull tots els béns i serveis que no es paguen o que formen part de l'economia submergida i que realment influeixen en el desenvolupament. Una alternativa al PIB és l'índex de desenvolupament humà (IDH), que mostra el grau de desenvolupament d'una comunitat no només tenint en compte el creixement econòmic. L'IDH s'obté de la mitjana de tres factors: el PIB, l'esperança de vida i el grau d'alfabetització, i, per tant, recull més aspectes del desenvolupament social. Tot i aquesta alternativa, el que realment es fa servir per decidir si un país assoleix o no els seus objectius de desenvolupament és el PIB.

Des de l'any 1949, quan va aparèixer per primer cop el concepte *desenvolupament* arran del discurs inaugural del president dels Estats Units, Harry S. Truman, en classificar els diversos modes de vida de l'hemisferi sud en una única categoria, els subdesenvolupats (Latouche 2005), es comença a produir un canvi en la concepció del món. Tots els països, per diversos que fossin els seus sistemes de vida, havien d'aspirar a assolir el desenvolupament. Desenvolupament entès com la manera de desenvolupar-se del món occidental, és a dir, basat en el creixement econòmic fruit de la industrialització, al mateix temps que es desvalorava altres tipus de desenvolupaments de diferents civilitzacions i cultures.

A part d'aquesta anàlisi i de les implicacions del terme *desenvolupament*, és important conèixer les relacions que s'estableixen entre el terme desenvolupament, satisfer necessitats i la sostenibilitat per poder realitzar la transposició de desenvolupament cap al concepte d'edificació sostenible.

L'objectiu principal del desenvolupament, segons l'informe Brundtland, és “la satisfacció de las necesidades y aspiraciones humanas” (Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo 1988), sobretot les necessitats essencials que encara no se satisfan i les aspiracions humanes adreçades a millorar la qualitat de vida.

A l'objectiu principal del desenvolupament se li suma un altre objectiu si aquest desenvolupament ha de ser sostenible, és a dir, pel fet que és desenvolupament ha de satisfer necessitats però si, a més, ha de ser sostenible, cal que compleixi les condicions de l'apartat anterior, és a dir, tancar els cicles materials de tots els processos implicats en la satisfacció de necessitats.

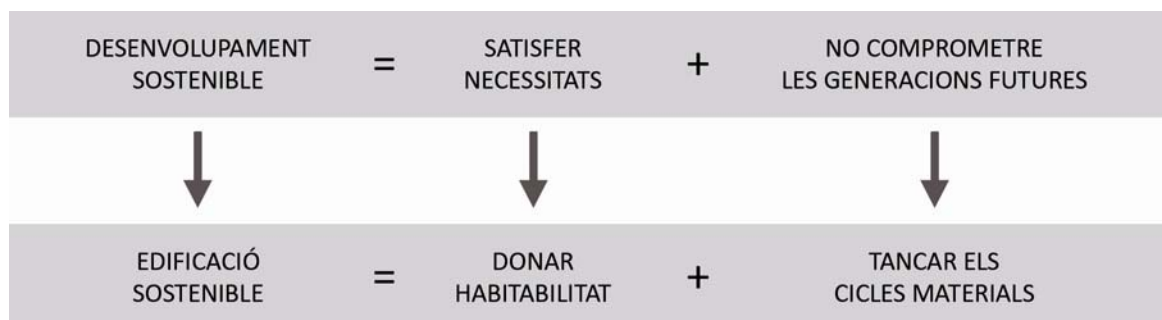
EDIFICACIÓ SOSTENIBLE

La definició d'*edificació sostenible* es basa en la transposició dels conceptes analitzats. Aquesta transposició es pot fer per dues vies, que pràcticament arriben al mateix resultat.

Per una banda, es pot entendre que l'edificació és un subsector del desenvolupament i, per tant, li correspon satisfer el subconjunt de les necessitats essencials que el formen, concretament les que estan relacionades amb la capacitat d'habitar –o l'habitabilitat. Així, l'edificació sostenible és la que satisfà les necessitats relacionades amb l'habitabilitat tancant els cicles materials de tots els processos tècnics implicats en aquesta satisfacció.

Per altra banda, si s'entén que el desenvolupament sostenible és el que assoleix l'objectiu del desenvolupament, és a dir, satisfer necessitats, amb la condició de no comprometre les generacions futures, l'edificació sostenible és la que assoleix el seu objectiu, és a dir, donar habitabilitat, amb la mateixa condició de tancar els cicles materials.

En ambdós casos, la transposició es pot esquematitzar de la manera següent:



Atès que donar habitabilitat –de la segona transposició– significa satisfer la part de necessitats humanes relacionades amb el fet d'habitar –de la primera–, es pot dir que els resultats de les dues transposicions són assimilables. Així, per determinar què és l'edificació sostenible és clau detallar

què és l'habitabilitat o, dit d'una altra manera, a quines necessitats ha de donar resposta l'edificació.

Abans d'identificar aquestes necessitats a què ha de donar resposta l'edificació, és convenient introduir una explicació sobre l'adequació de l'enfocament que aquí es planteja en voler-les determinar. Tal com s'ha explicat a l'apartat titulat "Satisfer necessitats", hi pot haver moltes condicions materials que tinguin la utilitat requerida per satisfer una determinada necessitat, però, molt probablement, cada una estarà a una distància diferent de tancar els seus cicles materials. Això significa que per assolir la sostenibilitat és més adequat estudiar quina és la necessitat que cal satisfer i, de totes les condicions materials que tinguin la utilitat que es demana, escollir la que més s'apropi al tancament dels cicles materials que no pas plantejar quines necessitats es poden satisfer amb unes condicions materials determinades, ja que potser s'exclouen algunes condicions materials que podrien ser més sostenibles.

No obstant això, el que es planteja en aquest apartat és, d'entrada i des d'aquest punt de vista, contradictori amb la sostenibilitat. Buscar quines són les necessitats que ha de satisfer l'edificació significa deixar de banda altres condicions materials que podrien proporcionar les mateixes utilitats que proporcionen els edificis però de forma més sostenible. Tot i això, hi ha diversos motius que aconsellen mantenir aquest plantejament; això sí, adequant-lo i condicionant-lo amb tot allò que sigui possible per tal que tingui la màxima coherència amb la sostenibilitat.

Un dels dos motius principals que obliguen a mantenir el plantejament és que la complexitat i simultaneïtat amb què se satisfan les necessitats fan pràcticament impossible discernir quines són les condicions materials que serveixen exactament per a cada necessitat o, en el cas de les condicions materials que tenen diverses utilitats, en quina proporció serveixen per satisfer cada necessitat. Per a aquesta tesi doctoral no és abastable analitzar cada una de les necessitats essencials humanes i comprovar en quins casos l'edifici té la utilitat idònia o pot arribar-la a tenir i, a més, d'una forma més sostenible que altres condicions materials. És més adequat partir de les utilitats que els edificis satisfan actualment i, des d'aquí plantejar si hi hauria altres condicions materials que poguessin aportar aquesta utilitat d'una forma més sostenible.

L'altre motiu és que aquesta tesi es refereix al sector de l'edificació perquè és l'àmbit que engloba la majoria de les tasques reconegudes per la professió d'arquitecte. Les conclusions que se'n deriven pretenen aportar coneixements a aquests professionals –sense excloure'n d'altres de relacionats– que, com a agents clau de qualsevol procés de canvi del sector de l'edificació, els permetin dirigir-lo cap a la sostenibilitat. Per tant, des de l'àmbit d'actuació dels arquitectes, és més adequat aportar coneixement sobre les diferents utilitats dels edificis que no replantejar totes les necessitats que podria satisfer un edifici i que no satisfà o les que sí que satisfà i que es podrien satisfer amb unes altres condicions materials. Es tracta de centrar la investigació en els edificis,

que són les condicions materials sobre les quals actuen els arquitectes. Tot i això, no es descarta la possibilitat que en el transcurs de la recerca es planteji la conveniència d'excloure utilitats que actualment són reconegudes com a pròpies dels edificis o, al contrari, se n'incloguin.

En resum, la incoherència amb la sostenibilitat d'aquest plantejament es troba en els casos en què les utilitats que aporten els edificis les podrien donar unes altres condicions materials –que no fossin edificis– d'una forma més sostenible. Però dins de l'àmbit de l'edificació, que és l'objecte de la tesi, aquest plantejament és coherent amb la sostenibilitat perquè un cop s'han establert quines són les necessitats que ha de satisfer un edifici, es poden avaluar quines són les condicions materials que proporcionen la utilitat adequada i classificar-les en funció de la seva proximitat amb el tancament dels cicles materials.

Un cop fet aquest aclariment, a continuació s'identifiquen les necessitats a les quals dona resposta l'edificació. La més clara i evident és donar abrís que, a més, forma part de les necessitats essencials enumerades a l'informe Brundtland. Un edifici no es pot entendre com a tal si no crea, com a mínim, un recer per als ocupants, és a dir, ofereix unes condicions ambientals més avantatjoses que les que es podrien donar a la intempèrie.

Garantir unes condicions ambientals determinades serveix per satisfer una única necessitat –pel que fa a la subsistència o al benestar– consistent a mantenir l'equilibri homeostàtic dels que les aprofiten. Però a part de satisfer aquesta necessitat de forma continuada, l'home ha de realitzar diverses activitats que li permetin satisfer altres necessitats essencials. La simultaneïtat amb què se satisfan les necessitats obliga que un edifici habitable no només hagi de garantir unes determinades condicions ambientals sinó que també ha de permetre dur a terme les activitats que si no fos per les condicions de recer de l'edifici no es podrien satisfer.

Definir quines són aquestes activitats de forma absoluta no és possible. Cada regió està influïda per un clima i un bagatge històric i cultural que determinen quins tipus de satisfactors permeten satisfer cada necessitat, i si aquestes activitats es fan en les condicions ambientals que proporciona un edifici o no. En els casos en què se satisfan als edificis, aquests han de proporcionar les utilitats adequades, la qual cosa implica modificar les condicions materials –incorporant serveis, equips o requisits espacials– respecte d'un edifici teòric que només satisfà l'equilibri homeostàtic dels ocupants.

La quantitat i els tipus d'activitats (dormir, menjar, dutxar-se, fer esport, estudiar...) que cada societat demana que es desenvolupin amb unes condicions de recer determinades caracteritzen, juntament amb els condicionants climàtics, les utilitats de les condicions materials que formen els edificis. D'aquesta manera, es dona lloc a una gran varietat tipològica d'edificis entre diferents cultures i dins d'una mateixa cultura.

Les diferències de tipologies d'edificis entre cultures es poden apreciar més clarament en l'anàlisi de l'arquitectura popular que no en el de l'arquitectura actual. Un habitatge tradicional d'un clima càlid sec, per exemple, per tal d'evitar les aportacions de calor a l'interior, té la cuina a l'exterior (Serra 2001), a diferència d'altres cultures de clima més fred en què l'activitat de cuinar es reconeix com a pròpia de l'interior de l'habitatge. Amb la globalització hi ha una tendència a homogeneïtzar els costums i les cultures que comporta una reducció de les diferències entre edificis respecte de les que es podien trobar temps enrere.

Per altra banda, la distinció de diferents tipus d'edificis dins d'una mateixa cultura es dona per l'especialització en els edificis que acullen certes activitats. Els requeriments de serveis, equips i espais que motiva cada activitat donen lloc a unes determinades condicions materials i, per tant, a edificis diferents, com, per exemple, un poliesportiu, una biblioteca o un habitatge.

Contràriament al que s'acaba d'exposar, en què la diferència de les condicions materials que formen els edificis és causa de les diferents activitats que cada cultura reconeix com a pròpies dels edificis, també es pot donar el cas que dins d'una mateixa cultura i per desenvolupar una mateixa activitat es puguin reconèixer condicions materials molt diferents. Un exemple seria el mercat. L'activitat del mercat es pot produir dins d'un edifici construït per a aquesta finalitat o bé es pot fer de forma temporal i periòdica en un espai lliure, on la millora de les condicions ambientals depèn d'una estructura plegable que suporta tendals.

Com mostren aquests exemples, identificar i delimitar les activitats que satisfan les necessitats que formen l'habitabilitat és complex, esdevenint, per tant, inabastable per desenvolupar-ho en aquesta investigació. De totes maneres, el raonament fet fins aquest punt, posa de manifest que aprofundir en aquesta investigació és un aspecte clau per a la sostenibilitat del sector de l'edificació. Sense saber quines són les necessitats bàsiques que ha de satisfer l'edificació no es poden determinar les condicions materials adequades per satisfer-les; tampoc no es pot avaluar si els processos tècnics que donarien lloc a aquestes condicions materials ho farien tancant els cicles materials i, per tant, tampoc no es poden plantejar alternatives radicals que permetin conduir al sector de l'edificació cap a la sostenibilitat.

Aquesta tesi es limita a considerar la definició teòrica d'habitabilitat –que serveix per a totes les cultures– sense entrar a discutir quines són totes i cadascuna de les necessitats que ha d'incloure o si aquestes són essencials o no ho són. Es parteix dels usos actuals reconeguts socialment en la regió d'estudi (descrits a l'apartat 3.2) i, tal com s'ha dit abans, tot i que no s'analitzen ni es qüestionen de forma sistemàtica les necessitats i utilitats de l'habitabilitat actual, sí que es poden discutir puntualment algunes de les activitats o usos que es fan als edificis per plantejar alguna alternativa que en podria millorar la sostenibilitat.

A mode de conclusió, la definició d'habitabilitat amb què es treballa en aquesta investigació considera que l'habitabilitat és:

- proporcionar recer a les persones (per sobreviure o per assolir el benestar) i
- proporcionar recer i serveis, equips i espais per dur-hi a terme activitats (siguin essencials o no ho siguin).

Aquesta definició abasta l'àmbit estricte dels edificis, però, cal fer esment que per poder dirigir el sector de l'edificació cap a la sostenibilitat, també és necessari plantejar un canvi d'escala en la consideració de l'habitabilitat, la qual cosa en aquesta tesi no s'aborda. L'habitabilitat hauria d'incorporar, juntament amb les condicions materials que formen el lloc de satisfacció d'una necessitat, les condicions d'accessibilitat a aquest lloc (Arcas 2011). Així, caldria redefinir l'habitabilitat des de l'escala urbana, entenent que perquè un lloc sigui habitable, no només ho ha de ser en si mateix, en el sentit de garantir unes condicions de recer i/o permetre la realització de certes activitats, sinó que també ha de permetre l'accessibilitat a tots els serveis que cada col·lectiu social considera essencials.

Un cop delimitada l'habitabilitat, per determinar la sostenibilitat d'una edificació és necessari analitzar les condicions materials que la formen i que en mantenen l'habitabilitat al llarg de la seva vida útil. Per fer-ho, cal quantificar i analitzar cadascun dels fluxos materials que donen lloc a aquestes condicions materials i avaluar si es tanquen els cicles materials de tots els processos tècnics implicats en l'habitabilitat.

De forma simplificada i segons les dades que es mostren al llibre *Paràmetres de sostenibilitat* (Mañà 2003), es pot tenir una aproximació dels principals fluxos materials que passen per un habitatge tipus de l'àrea metropolitana de Barcelona. Els valors de la Taula 7 indiquen, repercutint per habitant i dia, els quilograms dels diferents fluxos materials que proporcionen l'habitabilitat a l'edifici estudiat. En aquesta llista faltaria l'aire, que, si només es consideressin els mínims higiènics exigits pel Código Técnico de la Edificación – CTE (Ministerio de Vivienda 2006), suposaria un flux d'uns 400 m³/hora per habitatge, equivalents a 2.900 kg/habitant i dia¹³.

¹³ Consideracions per al càlcul de la ventilació mínima higiènica segons el CTE:

4 dormitoris dobles (8 ocupants)	5 litres/segon per ocupant
Sala d'estar – menjador (8 ocupants):	3 litres/segon per ocupant
2 banys:	15 litres/segon per local
Cuina (8 m ²):	2 litres/segon per m ² i
	50 litres/segon per local d'extracció de vapors de cocció.

Per a aquest càlcul també s'ha considerat que tot l'aire prové de l'exterior. El CTE permet que l'aire passi dels locals secs als humits i, per tant, el cabal mínim d'aire exterior es pot reduir fins a 1.660 kg/dia i persona.

Tipus de flux	Quantitat
Residus domèstics	1,7 kg/habitant i dia
Materials de construcció	3 kg/habitant i dia
Energia	2 kg/habitant i dia
Aigua	168 kg/habitant i dia

Taula 7. Fluxos materials d'un habitatge tipus a Barcelona.
Font: Mañà (2003).

Amb aquests valors, però, només s'obté la informació de la quantitat de materials que arriben a l'edifici. Per avaluar la sostenibilitat d'una habitabilitat determinada cal comptabilitzar també tots els materials que no arriben a l'edifici però que són necessaris en els processos previs d'obtenció de les condicions materials que proporcionen l'habitabilitat; i a més, cal avaluar si els diferents tipus de materials i les quantitats que s'utilitzen en els processos previs o en les condicions materials finals poden tancar els cicles materials.

En aquesta tesi, es fa precisament aquesta avaluació per al sector de l'edificació però només per a un cicle material, el del carboni. Per fer-la, en primer lloc, es determinen quins són els diferents fluxos materials que intervenen en l'habitabilitat del sector de l'edificació segons els criteris de sostenibilitat acabats d'exposar. En segon lloc, es quantifiquen i es caracteritzen aquests fluxos. I, finalment, s'assigna a cada un d'aquests fluxos les emissions de gasos d'efecte hivernacle corresponents a tots els processos necessaris per obtenir les condicions materials que finalment proporcionen l'habitabilitat. Amb això es fa una aproximació simplificada de la sostenibilitat del sector de l'edificació, la representativitat de la qual es justifica en l'apartat 4.1.

3.2 ÀMBITS CONSIDERATS EN LA TESI

A l'apartat anterior, s'hi han exposat els conceptes clau per definir, teòricament, què és l'edificació des del punt de vista de la sostenibilitat –que és el pas previ per poder caracteritzar el sector de l'edificació des del punt de vista de les emissions de GEH. La gran quantitat de variables que poden condicionar l'edificació sostenible –cultura, societat, període històric– obliguen que per poder aplicar aquests conceptes a la realitat sigui necessari limitar l'àmbit geogràfic i d'utilitats de l'habitabilitat sobre els quals es treballarà.

L'àmbit geogràfic que s'estableix és Espanya. En primer lloc, perquè el nivell d'agregació de dades estadístiques i d'informació sobre impactes relacionats amb els gasos d'efecte hivernacle es donen en l'àmbit nacional. I, en segon lloc, perquè moltes de les investigacions que es realitzen

arreu sobre la sostenibilitat o les emissions de gasos d'efecte hivernacle dels sectors de l'edificació no es poden extrapolar a Espanya, per qüestions climàtiques, per qüestions de tècniques i sistemes constructius, o per qüestions socials i econòmiques. De la mateixa manera que les estratègies per reduir el consum energètic dels edificis d'un clima fred no es poden aplicar a un clima mediterrani, tampoc no es poden ignorar les diferències socioeconòmiques que caracteritzen el sector de l'edificació espanyol i que el distingeixen del d'altres països. El turisme, la dificultat d'accés a l'habitatge o el percentatge que el valor afegit brut de la construcció ha representat durant els anys del *boom* immobiliari respecte al PIB del país, són alguns dels aspectes que singularitzen el sector de l'edificació espanyol i que condicionen la manera de dirigir-lo cap a la sostenibilitat.

Pel que fa a les utilitats de l'habitabilitat, es restringeix a l'àmbit de les activitats relacionades amb la creació i el manteniment de l'habitabilitat dels edificis, és a dir, de les activitats relacionades amb la construcció –obra nova, rehabilitació i enderroc– i ús dels edificis. Tal com s'apunjava a l'apartat anterior, no es té en compte l'habitabilitat a escala urbana, tot i que és l'escala idònia per afrontar la sostenibilitat del sector de l'edificació. En moltes ocasions, la mobilitat que generen certs tipus d'habitabilitat pot comportar un impacte ambiental més gran que el que produeix l'habitabilitat restringida dins l'àmbit de l'edifici. En aquests casos esdevé prioritari actuar sobre la part de l'habitabilitat destinada a l'accessibilitat als serveis i és secundària l'habitabilitat relacionada amb les condicions materials, ambientals i dels serveis propis de l'edifici. De totes maneres, això no invalida que s'investigui sobre la part de l'habitabilitat limitada a l'àmbit de l'edifici, independentment d'on se situï aquest edifici en relació amb els serveis urbans, i es deixi per a altres recerques l'estudi de l'habitabilitat a escala urbana.

De totes les utilitats que podrien definir l'habitabilitat a escala de l'edifici, es tenen en compte les que actualment a Espanya es reconeixen com a pròpies dels edificis. Una manera de determinar quines són aquestes utilitats i les seves activitats relacionades és a partir de les exigències normatives. Així, seguint, per exemple, el Código Técnico de la Edificación (CTE) a un edifici se li demana que tingui la utilitat de ser segur estructuralment, de ser segur en cas d'incendi, de ser accessible, de ser salubre, etc. Totes aquestes exigències, juntament amb les d'altres normatives, determinen unes condicions materials mínimes que fan habitable l'edifici.

Els usos que tenen els edificis són definits per les normatives i estan classificats per estudis, principalment, estadístics. En aquesta tesi s'escullen només els usos que tenen com una de les finalitats principals donar habitabilitat a les persones i es descarten els edificis que no tenen aquesta finalitat o, que si la tenen, donen l'habitabilitat de forma molt secundària i/o insuficient. Exemples dels usos d'edificis que s'inclouen serien els residencials, els educatius, els sanitaris, els comercials, els administratius... i dels que s'exclouen, els industrials, els ramaders, els agrícoles...

Finalment, l'àmbit temporal es fixa entre l'any 1990 i l'últim any amb dades disponibles, que, segons les variables estudiades, pot ser l'any 2009 o el 2010. Per a aquest període s'analitzen any a any les principals característiques del sector de l'edificació que influeixen en la seva sostenibilitat.

Resumint, l'àmbit de la tesi comprèn

la fase de construcció (inclosa la rehabilitació) i la fase d'ús dels edificis de l'Estat espanyol que tinguin com a finalitat principal donar habitabilitat a les persones.

3.3 PROPOSTA METODOLÒGICA D'ORGANITZACIÓ DELS ELEMENTS QUE DETERMINEN LA SOSTENIBILITAT DEL SECTOR DE L'EDIFICACIÓ

En els primers apartats d'aquest capítol s'ha definit teòricament què es considera edificació sostenible (apartat 3.1) i quins són els àmbits sobre els quals es treballa en aquesta tesi (apartat 3.2). A partir dels criteris que s'han establert en aquests dos apartats, hauria de ser possible descriure i/o quantificar els elements del sector de l'edificació que intervenen en la seva sostenibilitat.

Aquest pas, però, no es pot fer de forma directa perquè les dades disponibles referents al sector de l'edificació espanyol no es corresponen amb les dades que serien necessàries per descriure'l des del punt de vista de la sostenibilitat. La major part de les fonts disponibles que ofereixen informació sobre el sector ho fan amb finalitats diferents a la de la sostenibilitat i, en el cas d'estudis i/o estadístiques que hi tenen alguna relació, l'àmbit que abasten és molt reduït.

És per aquest motiu que abans de recopilar, ordenar i adaptar la informació disponible sobre el sector, s'estableixen uns criteris teòrics generals –aplicables al sector de l'edificació de qualsevol país o àmbit territorial– que indiquen quina informació cal identificar i incloure, i com cal estructurar-la perquè sigui coherent amb la definició de sostenibilitat del sector de l'edificació que s'ha aportat al principi d'aquest capítol.

Així, en aplicar aquests criteris al cas espanyol o a qualsevol altre, es posen de manifest els tipus de dades que són inadequades o que manquen per poder fer una anàlisi més precisa de la sostenibilitat del sector de l'edificació i que, a més, són imprescindibles per poder reconèixer les estratègies que han de permetre dirigir el sector cap a la sostenibilitat

L'elaboració d'aquests criteris forma la proposta metodològica que es descriu en el present apartat 3.3. i constitueix la base per realitzar la caracterització del sector de l'edificació des del punt de vista de les emissions de gasos d'efecte hivernacle.

L'apartat s'estructura en 3 punts. En el primer es descriu el plantejament general de la metodologia i s'explica en quins apartats de la tesi es desenvolupa i/o s'aplica. En el segon apartat s'identifiquen, es classifiquen i es descriuen els elements que intervenen en la sostenibilitat del sector de l'edificació. I, finalment, en el tercer punt es descriuen les relacions entre els diferents elements de la classificació proposada, així com les aplicacions que pot tenir aquesta manera d'organitzar la informació pel que fa a l'assoliment de la sostenibilitat del sector de l'edificació.

3.3.1 Plantejament metodològic global

En aquest apartat es descriu la metodologia que ha de permetre assolir l'objectiu principal de la tesi –que consisteix a caracteritzar el sector de l'edificació des del punt de vista de les emissions de gasos d'efecte hivernacle– a partir de la informació i els conceptes recopilats fins a aquest punt del treball.

La Figura 16, mostra de forma esquemàtica cada un dels passos clau, l'ordre i les relacions que es donen entre ells, i també s'hi indica l'apartat de la tesi en què es desenvolupen i/o s'apliquen sobre el cas d'estudi del sector de l'edificació espanyol.

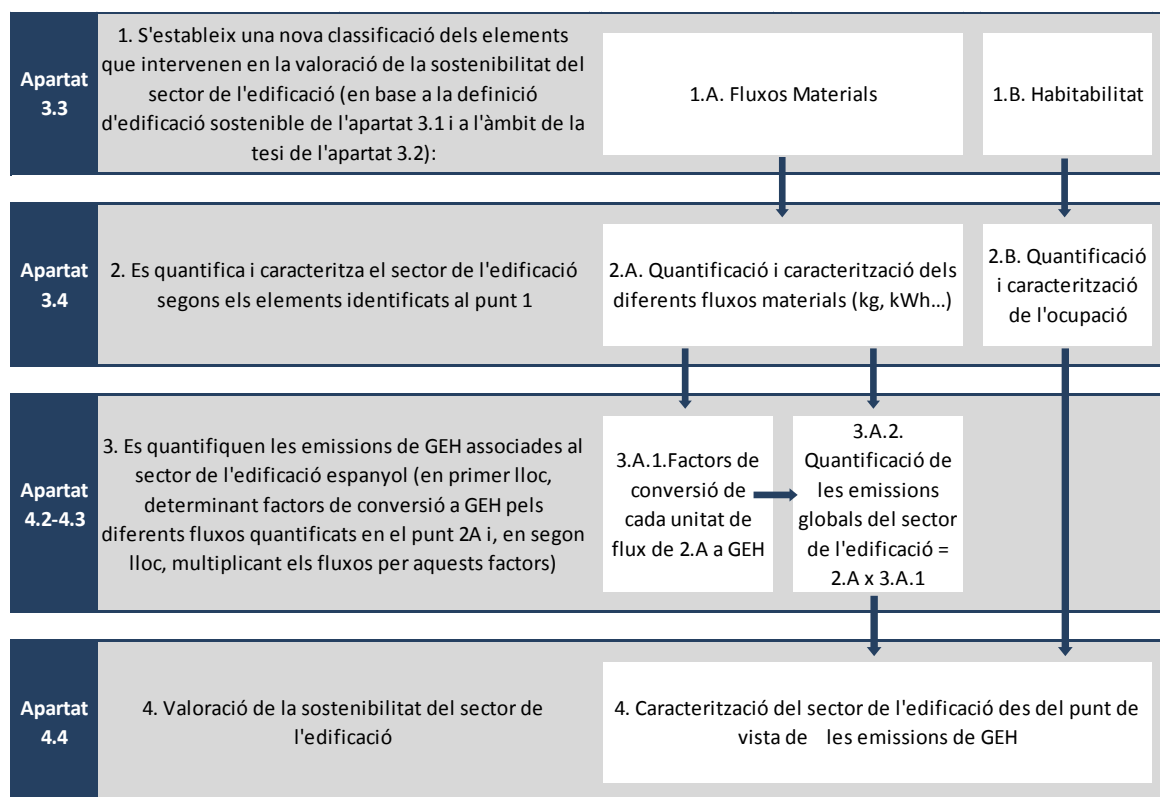


Figura 16. Esquema del plantejament metodològic global.

En primer lloc es proposa una classificació teòrica dels elements que intervenen en la valoració de la sostenibilitat del sector de l'edificació segons la definició d'edificació sostenible que s'ha exposat en els apartats anteriors. Aquests elements s'identifiquen i es classifiquen a l'apartat 3.3.2; i, a l'apartat 3.3.3, es descriuen les relacions que es donen entre ells per posar de manifest la utilitat de la classificació proposada tant pel que fa a la valoració de la sostenibilitat del sector com pel que fa a les possibilitats d'actuar per millorar-la. Tal com mostra l'esquema de la Figura 16, els elements que es classifiquen s'agrupen en dos grans grups, els dels fluxos materials i els referents a l'habitabilitat.

En segon lloc (apartat 3.4), s'aplica aquesta classificació teòrica a un cas particular: el sector de l'edificació espanyol. Per fer-ho, es quantifica cada un dels elements de la classificació en funció de les dades disponibles i es detallen les operacions necessàries per adequar la informació disponible a les dades requerides. D'aquest procés es valora la fiabilitat i es detecten els casos per als quals no és possible dur a terme la quantificació. Aquest punt de la metodologia es pot assimilar, en part, al mètode d'anàlisi dels fluxos de materials (MFA), ja que consisteix a determinar i quantificar tots els fluxos que entren i surten d'un sistema –el sector de l'edificació– sense assignar-los un impacte. Cal remarcar que l'assimilació és parcial perquè la caracterització dels fluxos estudiats és diferent. En aquest punt, a més, es comptabilitza l'ocupació del sector de l'edificació i es relacionen els fluxos materials amb aquesta ocupació.

En tercer lloc, es quantifiquen les emissions de GEH associades al sector de l'edificació espanyol. Per fer-ho, a l'apartat 4.2, es calculen els factors de conversió a GEH de cada una de les unitats característiques de fluxos materials identificades en el punt anterior i, posteriorment, a l'apartat 4.3, es quantifiquen les emissions globals del sector de l'edificació realitzant una multiplicació simple entre cada un dels factors calculats en aquest mateix punt per la quantitat de fluxos que s'han determinat en el punt anterior.

Per acabar, a l'apartat 4.4, es fa la caracterització del sector de l'edificació des del punt de vista de les emissions de GEH perquè és el que permet, tot i que de forma aproximada, valorar la sostenibilitat d'aquest sector. Aquesta caracterització consisteix a relacionar l'ocupació amb les emissions de GEH del sector i, per tant, poder determinar quina quantitat de fluxos materials utilitzats amb la finalitat de donar habitabilitat no tanquen el cicle –en aquest cas, del carboni– en relació amb la quantitat de necessitats relacionades amb l'habitabilitat que se satisfan –mesurades amb l'ocupació.

3.3.2 Classificació dels elements que determinen la sostenibilitat del sector

La mateixa definició d'edificació sostenible –és a dir, la que tanca els cicles materials de tots els processos implicats en la consecució de l'habitabilitat– indica que la descripció i anàlisi del sector s'ha d'estructurar en dues parts. Per una banda, cal analitzar les característiques dels fluxos materials que intervenen en l'habitabilitat i, per altra banda, les característiques de l'habitabilitat.

Identificar, quantificar i caracteritzar els diferents fluxos materials associats a l'habitabilitat, permetrà conèixer posteriorment si aquests tanquen o no els seus cicles materials –en la present tesi aquesta valoració es fa en el capítol 4 i per al cicle del carboni–, i l'anàlisi de l'habitabilitat permetrà conèixer si els fluxos materials associats al sector permeten satisfer o no les necessitats d'habitar de la societat. L'anàlisi de la sostenibilitat serà determinada per l'estudi conjunt de les dues parts, dels fluxos materials i de l'habitabilitat (Taula 8).

Fluxos Materials	Habitabilitat
L'anàlisi permet avaluar en quina proporció es tanquen els diferents cicles materials.	L'anàlisi permet conèixer en quin grau el sector de l'edificació satisfà les necessitats d'habitar.

Taula 8. Esquema del plantejament de l'anàlisi de la sostenibilitat del sector de l'edificació.

FLUXOS MATERIALS

Com a fluxos materials del sector de l'edificació es consideren totes aquelles condicions materials disposades amb l'objectiu de ser habitables, és a dir, tots els edificis –i altres condicions materials complementàries– que formen el parc construït amb els usos especificats anteriorment, així com els edificis nous que van modificant les característiques d'aquest parc. És important remarcar que també queden inclosos en aquesta classificació els edificis que no estan ocupats i que, per tant, no estan satisfent cap necessitat. Això és així perquè, tot i no satisfer cap necessitat, tenen el potencial de fer-ho i perquè els recursos que s'han mobilitzat –i els residus que s'han generat o es generaran– ho han estat amb l'objectiu de satisfer la necessitat d'habitar. L'anàlisi de tot el sector de l'edificació implica tenir en compte tots els fluxos materials associats a l'habitabilitat, independentment que en el moment de l'anàlisi estiguin satisfent o no aquesta necessitat.

Les diferents característiques dels fluxos materials que intervenen en el sector propicien organitzar-los en dos grups, que, segons la nomenclatura utilitzada per Georgescu-Roegen¹⁴ (1971), són els següents:

1. Fluxos materials duradors, que corresponen als fluxos materials destinats a conformar les condicions materials dels edificis.
2. Fluxos materials no duradors, que corresponen als fluxos materials destinats a adequar les condicions ambientals i de serveis dels edificis –i que no formen part de les condicions materials dels edificis.

El grup 1 està compost pels materials que formen les diferents parts de l'edifici, com per exemple el formigó armat de l'estructura, la ceràmica dels tancaments, el cable de coure de les instal·lacions elèctriques... Són materials duradors, és a dir, que aporten la seva utilitat de forma continuada durant períodes llargs de temps. Es pot dir que són materials que *s'utilitzen* però que *no es consumeixen*. En alguns casos, la seva utilització al llarg del temps pot ocasionar un desgast associat a una pèrdua d'utilitat d'aquest materials, però la causa principal de la pèrdua de la utilitat és el canvi en algunes de les seves propietats per l'envelliment ocasionat per les accions mecàniques i/o químiques de l'entorn.

Els fluxos materials del grup 2, els no duradors, són materials que de forma directa o indirecta s'utilitzen en els edificis per satisfer les necessitats de l'habitabilitat relacionades amb les condicions ambientals i de serveis dels edificis. Són, principalment, l'aigua i els materials dels quals es pot extreure energia. S'anomenen *fluxos materials no duradors* perquè pel sol fet d'utilitzar-los perden la seva utilitat, *es consumeixen*. Són materials que només es poden fer servir un cop perquè l'extracció de la seva utilitat per satisfer una determinada necessitat implica un canvi de les propietats del material que precisament el feien útil. Per exemple, la combustió d'un metre cúbic de gas natural que es produeix en una caldera per escalfar l'ambient interior d'un edifici, només es pot donar una sola vegada; un cop modificats els enllaços químics del metre cúbic de metà gràcies a l'oxigen de l'aire, les propietats dels materials que en resulten esdevenen inadequades per extreure'n la mateixa utilitat. Amb l'aigua passa el mateix: en els edificis s'utilitza per dissipar residus i, per tant, les propietats de puresa amb què es necessita per poder-hi abocar residus es perden just en el moment en què es carrega de residus, és a dir, en el moment que es requereix per aportar la seva utilitat.

¹⁴ La classificació original que fa l'autor s'inscriu en el camp de la teoria econòmica amb l'objectiu de construir una funció de producció. Això és coherent amb el que es vol fer aquí perquè s'estudia com es produeix la utilitat de l'habitabilitat.

Per valorar el tancament dels cicles materials d'aquests fluxos cal quantificar-los i caracteritzar-los tots, els duradors i els no duradors. Però, tenint en compte que en aquesta tesi l'anàlisi del sector de l'edificació es fa per períodes anuals, la forma d'analitzar els fluxos del grup 1 serà diferent a la dels materials del grup 2.

Els fluxos materials duradors romanen a l'edifici –sent útils– durant períodes superiors a un any, característica que fa necessària una subdivisió més dels materials duradors. Per una banda, els fluxos materials que s'incorporen o surten del sector de l'edificació per cada període d'un any i, per altra banda, els materials que romanen, sense canvis, dins del sector. Aquests últims, utilitzant altre cop la nomenclatura de Georgescu-Roegen, formen el *fons de servei* (Georgescu-Roegen 1971) perquè mentre romanen dins del sistema –o sector de l'edificació– aporten o tenen el potencial d'aportar un servei, en aquest cas, la utilitat d'habitabilitat. El fons de servei es correspon amb el parc d'edificis, i els fluxos materials, amb totes les condicions materials que any rere any entren i surten del sistema i modifiquen el fons de servei.

Per altra banda, els fluxos materials no duradors romanen a l'edifici –sent útils– durant períodes de temps molt curts, gairebé instantanis. Aquest fet propicia que només s'analitzin com a fluxos materials que s'incorporen al sistema o en surten. Els únics fluxos materials classificats com a no duradors que poden romandre un temps llarg dins del sistema són els que s'acumulen en forma d'estoc sense aportar la utilitat per a la qual han estat adquirits, per exemple, el gas d'una bombona de butà o l'aigua emmagatzemada en una cisterna. En aquest treball no es té en compte l'estoc d'aquests materials perquè les quantitats acumulades no es consideren representatives i perquè només es tenen en compte els diferents fluxos materials per la utilitat que aporten. L'única imprecisió, gens rellevant tenint en compte que els períodes d'anàlisi són anuals, és el lleuger desfasament temporal entre el moment en què el flux entra al sistema i el moment en què s'utilitza.

La classificació final dels fluxos materials que es proposa té encara una subdivisió més (Taula 9). Els fluxos materials duradors es classifiquen en tres subgrups en funció del tipus de canvis que poden produir sobre el fons de servei (FS). Són el grup dels fluxos materials duradors que modifiquen la quantitat del fons de servei (FM1), el grup dels que modifiquen les característiques del fons de servei (FM2) i el grup dels materials que mantenen o reposen les condicions materials del parc que es degraden, sense canviar les característiques de la configuració inicial (FM3). Els fluxos materials no duradors també se subdivideixen. En aquest cas, però, en dos subgrups en funció del tipus de necessitats que han de satisfer. Són el grup dels fluxos materials destinats a satisfer necessitats relacionades amb les condicions ambientals (FM4) i el grup dels fluxos materials destinats a satisfer necessitats relacionades amb els serveis (FM5).

Segons les característiques dels fluxos materials	Segons l'anàlisi temporal d'un any	Segons les característiques específiques dels fluxos materials
Condicions materials duradores (grup 1)	Fons de servei	FS: fons de servei (condicions materials duradores que en el transcurs d'un any no es modifiquen)
	Fluxos materials duradors	FM1: fluxos materials duradors que modifiquen la quantitat del FS
		FM2: fluxos materials duradors que modifiquen les característiques del FS
Condicions materials no duradores (grup 2)	Fluxos materials no duradors	FM3: fluxos materials duradors que mantenen les característiques inicials del FS
		FM4: fluxos materials no duradors associats a les condicions ambientals
		FM5: fluxos materials no duradors associats als serveis

Taula 9. Classificació dels fluxos materials del sector de l'edificació.
Font: elaboració pròpia.

A continuació s'especifica la informació que cal conèixer de cada un dels fluxos materials i del fons de servei per poder valorar, posteriorment, el tancament dels cicles materials del sector de l'edificació.

FM1. Fluxos materials duradors que modifiquen la quantitat del fons de servei

Aquests fluxos materials agrupen les condicions materials que formen els edificis d'obra nova que s'incorporen al parc i les condicions materials que formaven part dels edificis que s'enderroquen.

Pel que fa al flux d'entrada, la informació de què cal disposar és la quantitat de massa de cada tipus de material que s'incorpora anualment al parc d'edificis, juntament amb la procedència i els processos de transformació soferts prèviament.

A partir d'aquesta informació es pot cercar l'impacte que cada unitat de massa de cada tipus de material causa al medi segons la procedència i els processos de transformació i, a partir d'aquí, calcular la proximitat al tancament dels cicles materials implicats en el procés.

En el cas del cicle del carboni, hi ha bases de dades sobre les emissions de diòxid de carboni que es generen en els processos de transformació dels materials de construcció per unitat de massa de cada material; per tant, tenint la massa dels materials que s'incorporen al parc edificat es pot valorar la sostenibilitat –pel que fa al cicle del carboni– del flux d'entrada.

Pel que fa al flux de sortida, és important distingir si la destinació dels materials que provenen de l'enderroc d'edificis és un altre sector en què les condicions materials hi tenen alguna utilitat o si no hi ha cap sector que en pugui rescatar alguna utilitat i, conseqüentment, les condicions materials esdevenen residus. Simplificant, es pot considerar que els materials sortints del sector de

l'edificació que es converteixen en residus són responsabilitat del sector; i, en canvi, els que s'utilitzaran en un altre sector deixen de ser-ho.

Dels materials que formen el flux de sortida i es transformen en residus –que són els que cal estudiar– és necessari quantificar-los i conèixer-ne quins tipus d'integració o impacte tenen sobre el medi, tenint en compte no únicament el mateix residu sinó també els processos de tractament de residus que s'hi apliquen. Els materials, incloent-hi els processos de tractament, que es reintegrin hauran tancat el cicle material i, en canvi, els que no es puguin absorbir, no.

El flux material de sortida, que pot deixar cicles materials importants oberts, no és crític en el cas del cicle del carboni. Per aquesta raó i perquè el cicle del carboni és determinant en altres àmbits del sector de l'edificació que ja es tenen en compte, en aquesta tesi no es comptabilitza ni s'analitza aquest flux.

FM2. Fluxos materials duradors que modifiquen les característiques del fons de servei

Aquest grup comprèn les condicions materials que s'incorporen al fons de servei en intervenir sobre els edificis existents amb l'objectiu de canviar –normalment millorar– les característiques que els defineixen. També inclou els materials que abandonen el fons de servei per la mateixa causa.

Com a exemples d'aquests tipus d'intervenció hi ha les *reformes*¹⁵ de millora de l'accessibilitat amb la col·locació d'ascensors, les de canvi d'ús, les de millora del comportament tèrmic dels espais... Es tracta d'intervencions que no es fan amb l'objectiu de recuperar un material desgastat o envellit, sinó que es fan amb la voluntat de modificar les característiques de l'habitabilitat que l'edifici podia oferir.

El tipus, les consideracions i el tractament de la informació que es necessita per valorar el tancament dels cicles materials és el mateix que el que s'ha descrit per al flux FM1.

FM3. Fluxos materials duradors que mantenen les característiques inicials del fons de servei

Aquests fluxos materials agrupen les condicions materials que s'incorporen al fons de servei –o que en surten– en intervenir sobre els edificis existents però que, a diferència del cas anterior, no tenen com a objectiu canviar les característiques d'habitabilitat que ofereixen els edificis sinó mantenir-les.

¹⁵Definició de *reformar*: “Fer modificacions (en alguna cosa) donant-li una nova forma, disposició, condició, especialment amb l'intent de millorar-la” (IEC).

S'entén per *mantenir* les accions, entre d'altres, de *restaurar*, *rehabilitar* o *reparar*¹⁶ aquells materials que s'han desgastat per l'ús o envellit pel pas del temps i que, per tant, han perdut una part de les seves propietats.

Les consideracions que es fan per al tractament de la informació són les mateixes que en els dos casos anteriors.

FM4. Fluxos materials no duradors associats a les condicions ambientals

La informació en aquest apartat pot estar quantificada com a massa o volum de materials energètics que s'utilitzen als edificis –gas natural, carbó...– o com a kWh elèctrics o tèrmics per als usos relacionats amb el condicionament lumínic i higrorèrmic.

En el primer cas no hi ha dubte que s'està quantificant un flux material i aquest és el que cal avaluar. En canvi, quan els edificis reben directament energia tèrmica o elèctrica cal conèixer la font material que l'ha creada. Un cop se sap quin és el suport material dels diferents tipus d'energia es pot calcular si els cicles materials, entre els quals hi ha el del carboni, queden oberts.

Tota l'energia que aprofiten els edificis que no té un suport material terrestre no es quantifica. Aquesta energia és l'energia solar directa, és a dir, la que, per exemple, pot escalfar un espai interior o acumular-se en la massa de l'edifici. Tampoc no es quantifica l'energia solar utilitzada per escalfar uns panells solars tèrmics que condueixen la calor a un terra radiant o la que produeixen uns panells fotovoltaics sempre que es consumeixi en el mateix edifici. Quan l'energia passa a la xarxa pública, aleshores sí que es considera.

FM5. Fluxos materials no duradors associats als serveis

Els fluxos materials no duradors associats als serveis són, per una banda, els materials que proveeixen energia (per a l'aigua calenta sanitària, per als electrodomèstics...) i, per altra banda, l'aigua.

La informació necessària per valorar el tancament dels fluxos materials associats a l'energia és la mateixa que s'ha descrit a l'apartat anterior (FM4).

Pel que fa a l'aigua, cal fer les consideracions següents: el volum d'aigua que entra al parc d'edificis és el mateix que en surt però amb propietats diferents. Sabent la procedència i, per tant, els tractaments previs necessaris per a l'arribada al parc d'edificis, es pot calcular si els cicles

¹⁶Definició de *rehabilitar*: “Restituir al seu primer estat, d'on era caigut” (IEC). Definició de *restaurar*: “Posar (un edifici, una obra d'art, etc.) en el bon estat que tenia” (IEC). Definició de *reparar*: “Tornar a posar en bon estat (allò que ha sofert un dany, una dilapidació, una destrucció parcial)” (IEC).

materials que intervenen en el procés de captació de l'aigua tanquen el cicle. Per altra banda, sabent els tractaments que reben les aigües residuals, es pot conèixer, en primer lloc, fins a quin punt l'aigua recupera la seva puresa i, en segon lloc, si els cicles materials d'altres materials que intervenen en el procés de depuració tanquen el cicle.

En aquesta quantificació no es té en compte el volum d'aigua que utilitzen els edificis que són autosuficients pel que fa al consum d'aigua.

Del conjunt de fluxos materials no duradors associats als serveis (FM5), en aquesta tesi només es consideren els energètics. El flux de l'aigua no es comptabilitza ni s'analitza perquè, tal com es calcula a continuació, es considera que té poca repercussió en el cicle del carboni per comparació amb d'altres fluxos materials analitzats. L'any 2008 a Espanya, segons dades de l'Eurostat, l'ús d'aigua de les llars i els serveis va ser de 2.540 milions de m³. Suposant un consum energètic mitjà al voltant d'1,5 kWh per abastiment, potabilització i depuració d'1 m³ d'aigua (Cuchí 2010), el consum energètic de l'any 2008 associat al consum d'aigua va ser d'uns 83 kWh per habitant i va representar menys d'un 1,5 % del consum energètic del sector de l'edificació que es considera en aquesta tesi pel mateix any.

FS. Fons de servei

El fons de servei són les condicions materials duradores que es mantenen dins del sistema per un període superior a un any –que és el període temporal que la tesi estableix per analitzar el sector de l'edificació. Dit amb unes altres paraules, és el que entenem per parc edificat.

Els materials del fons de servei no causen cap impacte ambiental de forma directa en l'any d'anàlisi considerat. Es tracta d'un conjunt de materials que, segons la comptabilitat que s'utilitza a la tesi, van influir sobre el cicle del carboni –o altres cicles materials– l'any que van entrar a formar part del parc d'edificis i tornaran a influir-hi en el moment que es converteixin en residus.

No obstant això, és imprescindible caracteritzar les condicions materials d'aquest parc per dues raons. Una és perquè la seva quantitat i les seves característiques influeixen directament en els altres fluxos materials. Un parc envellit, per exemple, condiciona els fluxos materials de sortida (FM1) i, conseqüentment, també influeix sobre els fluxos materials d'entrada (FM1, FM2 i FM3). Un parc amb un alt percentatge d'edificis sense estratègies d'estalvi energètic o d'aigua condiciona directament els consums dels fluxos materials no duradors (FM4 i FM5).

L'altra raó per caracteritzar el fons de servei és que aquest és el suport material on es dona l'habitabilitat. Conèixer de quina quantitat de parc edificat es disposa i amb quines característiques –estat de l'edifici, accessibilitat, salubritat...– són aspectes clau per poder determinar com es pot

ocupar el parc d'edificis i si pot satisfer o satisfà les necessitats d'habitabilitat. A partir d'aquesta informació, i ja no només com a metodologia d'anàlisi del sector sinó com a estratègia d'actuació, es pot determinar quina quantitat i tipus de recursos externs al sistema són necessaris i quins són prescindibles. A més, aquesta informació també pot facilitar el plantejament d'estratègies per adequar-se a les necessitats del futur.

El cicle del carboni de les condicions materials d'aquest grup no s'estudia perquè, com s'ha dit, el conjunt de materials que formen el parc d'edificis no intervé en cap impacte ambiental de forma directa. El que s'estudia és com les característiques del fons de servei influeixen en el cicle del carboni d'altres fluxos materials i en les característiques de l'ocupació que han de permetre valorar l'habitabilitat. Per tant, la informació necessària per caracteritzar els elements d'aquest grup haurà de ser coherent amb els diferents tipus d'informació dels altres grups per poder-les relacionar.

HABITABILITAT

En aquest apartat es pretén indicar quina és la informació que ha de permetre avaluar si se satisfan les necessitats d'habitabilitat de la societat. A diferència del cas anterior, en què el criteri que permet definir què és o no tancar els cicles materials és objectiu, el criteri que determina què és o no habitable és arbitrari, en el sentit que es determina socialment.

Precisament per aquesta subjectivitat i juntament amb la complexitat dels paràmetres que poden estar relacionats amb l'habitabilitat, establir un criteri que permeti avaluar si les necessitats d'habitabilitat de la societat se satisfan –tot i que és un aspecte clau per a la sostenibilitat– sobrepassa l'àmbit d'estudi de la tesi. És per això que en aquest apartat s'indica la informació objectiva que de forma intuïtiva s'ha pensat que podia ser la més representativa per fer una primera aproximació a aquest tipus d'avaluació.

La informació que es recull fa referència a l'ocupació del parc d'edificis i no a l'habitabilitat. D'aquesta manera es descriu la realitat relacionada amb les persones i les llars¹⁷ que habiten els edificis per posteriorment, i de forma clarament diferenciada, poder-hi aplicar certs judicis que en valorin l'habitabilitat, és a dir, si les necessitats d'habitar se satisfan o no.

La informació s'agrupa en un sol indicador anomenat *ocupació del parc d'edificis* (OC), que es descriu a continuació.

¹⁷ En aquest text s'utilitza la paraula llar entesa com a conjunt de persones, emparentades o no, que viuen juntes. S'assemblaria, en un sentit ampli a les accepcions següents de diferents diccionaris: “conjunt de persones que resideixen al mateix habitatge i en comparteixen les despeses ocasionades per l'ús i l'alimentació.” (Enciclopèdia Catalana); “familia, grupo de personas emparentadas que viven juntas” (RAE).

OC. Ocupació del parc d'edificis en funció dels usos a què es destina

S'entén per *ocupació* la distribució de la població en el fons de servei que s'utilitza per satisfer totalment o parcialment les seves necessitats relacionades amb l'habitabilitat. És important remarcar que perquè hi hagi ocupació és necessari que hi intervinguin persones i edificis (Figura 17). No té sentit parlar d'ocupació dels edificis sense ocupants, com tampoc no en té parlar de les persones que no ocupen edificis.

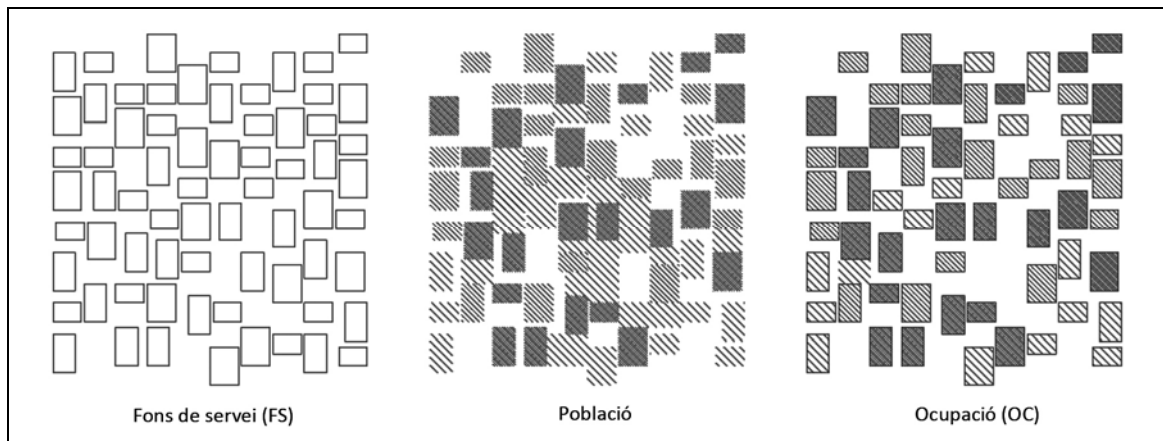


Figura 17. Esquema dels components de l'ocupació (fons de servei i població) i de l'ocupació.
Font: elaboració pròpia.

La informació de què cal disposar per descriure l'ocupació és, en primer lloc, la quantitat i, posteriorment, les seves característiques.

La quantitat d'ocupació es descriu per a cada un dels usos d'edificis –domèstic, comercial, administratiu...– i en funció de paràmetres espacials i temporals.

Pel que fa als paràmetres espacials, la quantitat d'ocupació és el nombre d'edificis –o locals, o habitatges, o metres quadrats– que s'utilitzen per a cada un dels usos estudiats. En el cas del sector domèstic, són els habitatges de què gaudeixen les llars i, en el cas dels usos no domèstics amb requeriments d'habitabilitat, són els locals en què es desenvolupa alguna activitat. Queden fora de la quantificació de l'ocupació la quantitat d'habitatges o locals del parc d'edificis que no s'utilitzen i també la quantitat de persones i/o llars sense sostre. En aquests casos l'habitabilitat no és avaluable. Tot i això, aquests valors es poden considerar per valorar l'excés i la manca d'habitabilitat. Per *excés d'habitabilitat* s'entén que el sector de l'edificació ofereix més quantitat d'utilitat que la que s'utilitza, i per *manca d'habitabilitat*, que no se satisfan les necessitats d'habitar d'una part de la població des del sector de l'edificació.

La quantificació de l'ocupació en funció dels paràmetres temporals permet matisar els valors de la quantitat d'ocupació referida només a paràmetres espacials. En aquest cas, per al sector domèstic

es distingeixen les residències principals de les secundàries i per al no domèstic, els locals actius dels tancats per temporada.

Finalment, les característiques de l'ocupació, en relació amb les condicions materials i ambientals del parc d'edificis ocupat o en relació amb les persones que ocupen el parc, aporten informació que ha de permetre valorar més detalladament l'habitabilitat i també, a partir de l'anàlisi dels fluxos materials del moment d'anàlisi, estimar els fluxos materials que es poden donar en un futur per una ocupació determinada.

Algunes d'aquestes característiques són l'estat de l'edifici, el tipus d'instal·lacions o l'accessibilitat, a les quals cal afegir les relacionades amb l'ús i la percepció de l'usuari, com ara la temperatura a la qual tenen la calefacció.

3.3.3 Relacions entre els elements de la classificació proposada i consideracions per a possibles aplicacions

En aquest apartat es descriuen les relacions que es donen entre els diferents elements de la classificació proposada amb l'objectiu de mostrar la utilitat que aquesta classificació té, no només en la mesura de la sostenibilitat del sector de l'edificació, sinó també en les possibilitats de plantejar accions per millorar-la.

RELACIONS ENTRE ELEMENTS DE LA CLASSIFICACIÓ

En primer lloc es descriuen les relacions de dependència que es donen entre els elements de la classificació i també s'hi identifiquen les relacions que es donen amb elements externs. La descripció de les dependències es fa distingint-ne la temporalitat, és a dir, s'identifiquen les dependències que es donen dins d'un mateix període d'anàlisi (que s'indica amb el subíndex t_1) i les que es donen entre elements de períodes anteriors (que s'indica amb el subíndex t_0):

- Fons de servei (FS): el parc d'edificis d'un any determinat depèn del parc d'edificis que hi havia l'any anterior al de l'anàlisi (FS_{t_0}) i dels fluxos materials duradors, d'entrada o sortida, que durant l'any anterior van modificar la quantitat o característiques del parc ($FM1_{t_0}$, $FM2_{t_0}$ i $FM3_{t_0}$).

- Fluxos materials duradors que modifiquen la quantitat del fons de servei (FM1): la quantitat de fluxos materials associats a l'obra nova depèn de la previsió que es fa d'evolució de l'estructura de la població (POB_{t_0}) i del parc existent en el moment de la previsió (FS_{t_0}). També hi ha dependències externes a l'àmbit considerat del sector, com ara el valor d'inversió o especulatiu que poden tenir els habitatges o els incentius fiscals. Per altra banda, la quantitat de fluxos

materials associats a l'enderroc depèn del fet que l'edifici hagi arribat a la fi de la seva vida útil o no. L'enderroc, en el primer cas, depèn de la qualitat del parc existent de l'any anterior (FS_{t0}) i, en el segon cas, depèn de paràmetres externs a l'àmbit del sector, relacionats amb les dependències externes que motiven o desmotiven l'obra nova.

- Fluxos materials duradors que modifiquen les característiques del fons de servei (FM2): aquest flux depèn de les característiques de l'ocupació en el període d'anàlisi (OC_{t1}) i de paràmetres externs als estudiats. En aquest cas, l'ocupació fa referència a les característiques de les condicions materials del parc ocupat i a les necessitats i possibilitats d'executar canvis sobre els edificis que tenen les llars que ocupen el parc. Pel que fa als paràmetres externs, aquests estaran relacionats amb polítiques que propiciïn els canvis al parc existent, per exemple, facilitant la millora de l'accessibilitat o la rehabilitació energètica, però també amb els que puguin promoure o no l'obra nova.

- Fluxos materials duradors que mantenen les característiques inicials del fons de servei (FM3): els fluxos que es destinen a la restitució de les característiques inicials del fons de servei depenen del tipus d'ocupació que hi hagi hagut en els períodes anteriors (OC_{t0}) i de la del moment de l'estudi (OC_{t1}). La dels períodes anteriors té a veure amb el desgast que l'ús pot haver generat sobre unes condicions materials determinades, i la del moment de l'estudi, de les necessitats i possibilitats que les llars tenen de restituir les característiques inicials del fons de servei. Paral·lelament, però en un altre ordre d'importància, també depèn de les característiques del fons de servei no ocupat, que tot i que no té l'acció dels ocupants també es degrada pel pas del temps (FS_{t0} i FS_{t1}). Per acabar, igual que en els casos anteriors, també dependrà de paràmetres externs relacionats amb la incentivació o desincentivació de l'obra nova i/o la rehabilitació.

- Fluxos materials no duradors associats a les condicions ambientals (FM4): aquests fluxos depenen de l'ocupació en el període de l'anàlisi (OC_{t1}). Concretament, depèn de les característiques del fons de servei ocupat i de les característiques de les llars que ocupen el parc.

- Fluxos materials no duradors associats als serveis (FM5): en aquest cas, com en l'anterior, els fluxos depenen de l'ocupació en el període de l'anàlisi (OC_{t1}), és a dir, de les característiques del fons de servei ocupat i de les de les llars que ocupen el parc.

- Ocupació (OC): l'ocupació depèn de la població existent en el període d'anàlisi (POB_{t1}) i del fons de servei que hi ha en el mateix moment (FS_{t1}).

La Taula 10 mostra de forma esquemàtica el resum de totes les dependències que s'han descrit. Es pot observar com els fluxos FM4 i FM5 depenen de diferents paràmetres de forma directa i indirecta –ocupació, població, fons de servei, fluxos materials duradors...– però que cap depèn d'ells, la qual cosa no passa amb els fluxos materials duradors. Aquest fet indica que les

estratègies dutes a terme sobre els fluxos materials duradors anteriors a un període d'estudi determinat tenen conseqüències en els recursos utilitzats en el present i en el futur i, en canvi, l'ús de fluxos materials no duradors utilitzats un any determinat, no tenen per què determinar els que s'utilitzaran en el futur.

	FS	FM1	FM2	FM3	FM4	FM5	OC	POBLACIÓ	ALTRES
FS: fons de servei	t_0	t_0	t_0	t_0					
FM1: fluxos materials duradors que modifiquen la quantitat del FS	t_0							t_0	$t_0 t_1$
FM2: fluxos materials duradors que modifiquen les característiques del FS							t_1		t_1
FM3: fluxos materials duradors que mantenen les característiques inicials del FS	$t_0 t_1$						$t_0 t_1$		t_1
FM4: fluxos materials no duradors associats a les condicions ambientals							t_1		
FM5: fluxos materials no duradors associats als serveis							t_1		
OC: ocupació quantitativa del FS	t_1							t_1	

Els elements de la columna de l'esquerra d'un període d'anàlisi determinat, depenen dels elements de les altres columnes segons el període que s'indica. t_0 significa que la dependència és anterior al període d'anàlisi i t_1 que és del mateix període.

Taula 10. Dependències entre els elements de la classificació.
Font: elaboració pròpia.

D'aquestes relacions es poden remarcar dos aspectes més. Un aspecte és que els fluxos materials no duradors, en perdre la seva utilitat en el moment que l'aporten, han d'anar associats sempre a la satisfacció de les necessitats de les persones, per tant, a l'ocupació. El consum de FM4 i FM5 no associat a l'ocupació és consum que no satisfà cap necessitat. És possible que en algun tipus d'ocupació baixa i discontinua, com ara el de les segones residències, hi hagi una quantitat d'aquest flux que no es destini directament a satisfer les necessitats, però, en aquest cas, aquest flux es pot considerar com el resultat d'una gestió ineficient dels recursos materials i no com un flux que no satisfà cap necessitat.

Un últim aspecte que cal destacar és que els recursos que es destinen a fabricar els fluxos materials duradors es poden entendre com una inversió, la qual s'amortitza al llarg del temps que aquests formen el fons de servei. La necessitat d'habitabilitat normalment se satisfà amb una barreja de fluxos materials duradors i no duradors, però, en casos extrems, en teoria, es podria satisfer amb només un dels dos tipus de fluxos. Normalment, els fluxos materials no duradors són determinats, a part de per les condicions d'ús dels ocupants, per les característiques del fons de servei. En un context amb recursos limitats, és clau considerar com s'han d'invertir i gastar aquests recursos, projectant una proporció justa entre els duradors i la previsió dels no duradors, però, sobretot, aprofitant un fons de servei –i en alguns casos, un estoc– que ja ha consumit uns recursos.

POSSIBILITATS D'APLICAR LA CLASSIFICACIÓ

La classificació establerta –precisament perquè s'ha generat a partir dels conceptes que intervenen en la definició d'edificació sostenible– serveix com a base per analitzar i valorar la sostenibilitat del sector de l'edificació i també per establir criteris i polítiques que permetin dirigir el sector de l'edificació cap a la sostenibilitat. Tot i així, cal tenir en compte certes consideracions per tal que el tractament de la informació d'aquesta classificació, així com la seva aplicació, sigui l'adequada.

En primer lloc, tal com s'ha enunciat amb anterioritat, cal remarcar que entre els dos grups principals de la classificació –els fluxos materials i l'habitabilitat– hi ha una diferència important que condiciona la manera com es valora la sostenibilitat: el tancament dels fluxos materials es pot calcular de forma objectiva –independentment de la complexitat que suposi– i, en canvi, la valoració de l'habitabilitat no. Això és així perquè el tancament dels fluxos materials es refereix a una realitat física i la valoració de l'habitabilitat és una determinació social, un judici de valor sobre l'ocupació.

La informació relativa a l'ocupació que es planteja i recopila en aquesta tesi només representa un indicador objectiu d'un paràmetre que intervé en la valoració de l'habitabilitat, però que per si sol no determina si les necessitats d'habitabilitat de les persones que utilitzen un edifici se satisfan. Això només és possible determinar-ho si prèviament s'han establert uns criteris que permetin distingir per les diferents quantitats i característiques de l'ocupació què satisfà i què no satisfà les necessitats relacionades amb el fet d'habitar.

Tenint en compte que les normatives que afecten els edificis ho fan amb la finalitat que aquests puguin satisfer les necessitats relacionades amb l'habitabilitat dels usuaris, un criteri de partida per determinar el límit entre el que és i el que no és habitable és considerar que el límit equival al compliment mínim de les normatives que afecten un edifici determinat.

Ara bé, aquest límit, que cal entendre com a expressió del que la societat reconeix com a habitable, es pot qüestionar. Moltes normatives afecten només les condicions materials dels edificis que es construeixen de nou. No consideren ni les diferents possibilitats de l'ocupació ni els edificis existents. Pocs edificis dels existents es podrien tornar a construir igual complint la normativa actual. I pel que fa a les normatives específiques d'habitabilitat, cal dir que normalment distingeixen dos nivells mínims d'habitabilitat en funció que l'habitatge sigui d'obra nova o que sigui construït en un període anterior, la qual cosa significa que dos habitatges poden complir les exigències mínimes d'una mateixa normativa i ser molt diferents.

Amb tot això es demostra que el nivell mínim de l'habitabilitat reconegut socialment és canviant al llarg del temps i que fins i tot dins d'un mateix període també pot ser flexible en funció de certes circumstàncies.

Atès que el requeriment de sostenibilitat és relativament recent, en termes generals, la normativa relacionada amb l'edificació s'ha redactat al marge d'exigències de limitació dels fluxos materials associats a l'habitabilitat, la qual cosa ha comportat una tendència, tot i que no intencionada, a l'augment de l'impacte a mesura que s'augmentava la qualitat de l'habitabilitat.

Per assolir el requeriment de sostenibilitat cal que la definició d'habitabilitat s'adeqüi a la flexibilitat que la caracteritza en dos sentits. Per una banda, ajustant el nivell mínim d'habitabilitat per cada tipus d'ocupació, és a dir, per cada tipus de necessitat; i per altra banda, reconeixent una varietat de satisfactors i de condicions materials prou àmplia que permeti escollir els que tenen menys impacte associat.

En resum, l'objectiu clau per dirigir el sector cap a la sostenibilitat és tenir en compte de forma conjunta estratègies sobre els fluxos materials i estratègies sobre l'habitabilitat.

La Figura 18 relaciona per a diferents edificis teòrics aquests paràmetres: a l'eix de les ordenades s'indica el nivell d'habitabilitat de l'edifici i a l'eix de les abscisses, la quantitat de cicles materials que queden oberts per assolir aquesta habitabilitat. També mostra els límits que, per un àmbit geogràfic i temporal determinat, la normativa pot fixar en relació amb aquests dos paràmetres i, per tant, es poden detectar els edificis que compleixen els requeriments ambientals i d'habitabilitat exigits. En ambdós casos, el valor del límit és arbitrari. En el cas de l'habitabilitat, l'arbitrarietat s'ha posat de manifest en els paràgrafs anteriors i en el cas del tancament dels cicles materials l'arbitrarietat es fa evident, per exemple, en el cas de les normatives que afecten el cicle del carboni. Per al cas d'Espanya, abans de l'any 2008 no hi havia cap limitació i a partir d'aquesta data se n'estableixen per a diferents períodes, en teoria, cada vegada més restrictives. Cal remarcar que l'objectiu final de la sostenibilitat pel que fa al tancament dels cicles materials no és arbitrari (seria el valor 0 del gràfic), tot i que les limitacions que s'estableixen al llarg del procés per arribar-hi sí que ho són.

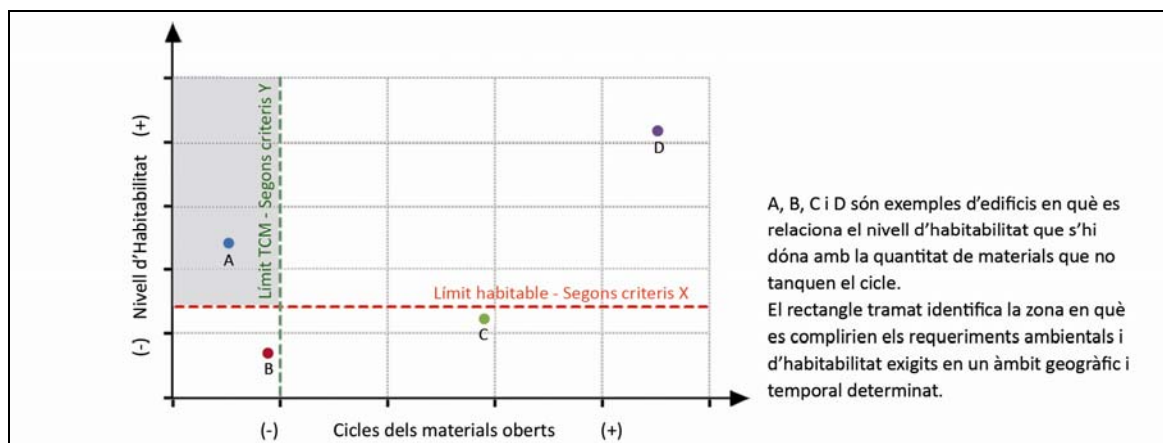


Figura 18. Relació entre el nivell d'habitabilitat i el tancament dels cicles materials (TCM).

Font: elaboració pròpia.

Com a conclusió, el procés de dirigir el sector de l'edificació cap a la sostenibilitat significa tenir en compte i plantejar estratègies sobre totes les variables que es mostren a la Figura 18, i són precisament totes aquestes variables les que inclou la caracterització que es proposa en aquesta tesi.

3.4 QUANTIFICACIÓ DELS ELEMENTS QUE DETERMINEN LA SOSTENIBILITAT DEL SECTOR DE L'EDIFICACIÓ ESPANYOL

En aquest apartat s'aplica al sector de l'edificació espanyol la classificació proposada en els apartats anteriors. L'aplicació consisteix a quantificar cada un dels elements de la classificació – fluxos materials, fons de servei i ocupació– de la manera més adequada en funció de la disponibilitat de dades. Per a cada un dels elements s'indiquen, entre d'altres aspectes, quina seria la informació idònia (dades ideals), quina és la que s'acaba adoptant (dades adoptades) i el perquè i quin és el procés metodològic per obtenir aquesta informació. Amb tot això s'obté una primera quantificació dels elements que determinen la sostenibilitat del sector de l'edificació espanyol que serveix com a pas previ per la caracterització del sector des del punt de vista de les emissions de gasos d'efecte hivernacle que es realitza en el capítol 4.

3.4.1 FM1: fluxos materials duradors que modifiquen la quantitat del fons de servei

DADES IDEALS

Quantitat de massa de cada tipus de material que s'incorpora¹⁸ anualment al parc, en funció de la procedència i els processos de transformació soferts prèviament.

DADES ADOPTADES

Nombre d'habitatges nous, per al període 1990-2010.

Nombre d'edificis d'obra nova segons el tipus d'ús de l'edifici per al període 1990-2010.

Superfície construïda d'obra nova segons el tipus d'ús de l'edifici per al període 1990-2010.

Característiques dels materials de la superfície construïda.

¹⁸ Els fluxos de sortida, tal com s'ha explicat a l'apartat anterior, no es valoren en aquest treball.

JUSTIFICACIÓ DE LA INFORMACIÓ ADOPTADA

Les fonts disponibles a Espanya no disposen d'una dada directa que indiqui la quantitat de massa de cada tipus de material que s'incorpora al parc tenint en compte, a més, els processos de transformació previs.

Aquestes dades es poden calcular de forma agregada per a tot Espanya a partir de la informació estadística referent a la superfície que es construeix de nou i d'estudis que descriuen els tipus de materials que formen les noves construccions.

Pel que fa a la superfície construïda, aquesta es pot obtenir de les estadístiques *Obras en edificación* (Ministerio de Fomento) i *Construcción de edificios* (Ministerio de Fomento) que contenen informació de les dades administratives que es recullen amb els visats de direcció d'obra i certificats de final d'obra dels col·legis d'arquitectes tècnics, i les que es recullen amb els tràmits de sol·licitud de llicència d'obra als ajuntaments, respectivament. En aquells casos en què no sigui possible obtenir la superfície construïda, aquesta s'haurà d'estimar a partir del nombre d'edificis o nombre d'habitatges o fins i tot del valor del pressupost, dades que també ofereix el Ministeri de Foment.

Per altra banda, en l'àmbit estatal, la informació més exhaustiva sobre les característiques dels materials que formen les noves construccions es recull amb el qüestionari que el responsable d'un projecte ha d'emplenar per demanar la llicència d'obra municipal. Entre d'altres preguntes, en aquest qüestionari es demana per la tipologia constructiva (Figura 19), i en el cas dels habitatges, a més, pels tipus de materials que formen els acabats interiors. Tot i que amb aquestes dades es podria fer una primera estimació de les característiques dels fluxos materials que s'incorporen al parc, el conjunt de dades que el Ministeri de Foment publica no inclou aquesta informació.

TIPOLOGIA CONSTRUCTIVA		G	H	I	J	K	TIPOLOGIA CONSTRUCTIVA		G	H	I	J	K
1. ESTRUCTURA VERTICAL	1.1 FORMIGÓ ARMAT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4. CORONAMENT EXTERIOR	4.1 CERÀMICS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1.2 METÀL·LICA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		4.2 PETRIS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1.3 MURS DE CÀRREGA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		4.3 FAÇANES LLEUGERES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1.4 MIXTA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		4.4 REVESTIMENT CONTINU (Estuc, etc...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ESTRUCTURA HORIZONTAL	2.1 UNIDIRECCIONAL (Bigueta, revoltó)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5. TANCAMENT EXTERIOR	5.1 FUSTA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	2.2 BIDIRECCIONAL	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		5.2 ALUMINI	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. TEULADA	3.1 PLANA (5%)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		5.3 XAPA D'ACER	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	3.2 INCLINADA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		5.4 PLÀSTIC (PVC,...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 19. Detall de les preguntes sobre els materials de les construccions d'obra nova del qüestionari d'*Estadística d'edificació i habitatge*.

Font: Generalitat de Catalunya i Ministerio de Fomento.

Com a alternativa, les dades que es prenen en aquesta tesi per definir les característiques dels materials de construcció de l'obra nova provenen del Centre d'Iniciatives per a l'Edificació Sostenible (CIES)¹⁹, concretament del document no publicat anomenat *Treballs de recerca previs per a la redacció del Llibre Blanc per a l'Etiquetatge Verd dels productes per a la construcció*. La informació, en aquest cas, és més detallada però els casos estudiats són més reduïts i es troben més restringits pel que fa a l'àmbit geogràfic i temporal respecte als àmbits considerats a la tesi. En el treball esmentat s'analitzen els amidaments de 148 projectes d'execució seleccionats com a representatius de la totalitat dels projectes visats a les diferents delegacions del Col·legi d'Arquitectes de Catalunya durant els anys 1998, 1999 i 2000. La informació resultant són les quantitats i tipus de materials per unitat de superfície construïda d'obra nova i, a més, també aporta dades sobre els impactes ambientals —entre els quals hi ha les emissions de gasos d'efecte hivernacle— associats a aquesta unitat de superfície.

Atès que aquest treball aporta informació adequada i coherent per al desenvolupament de l'objectiu de la tesi, s'opta per fer extensius els valors del treball del CIES a tot l'àmbit nacional i a tot el període analitzat, considerant que les diferències constructives de l'edificació d'obra nova arreu de l'Estat i al llarg del període d'anàlisi no són prou rellevants com per no poder fer una aproximació vàlida de les característiques del sector.

En resum, la informació que es recopila és la referent als metres quadrats construïts d'obra nova als quals s'aplica les característiques de materials elaborades pel CIES.

Paral·lelament a aquesta informació, que és la útil per valorar les emissions de gasos d'efecte hivernacle del sector de l'edificació, també es recopilen altres dades, com per exemple la quantitat d'habitatges i la quantitat d'edificis, per ser unitats de mesura molt representatives dins del sector. Moltes fonts d'informació recullen aquestes unitats i no la superfície construïda i, a més, aquestes dades són útils per comparar-les entre els diferents grups de la classificació proposada en aquesta tesi.

METODOLOGIA PER OBTENIR LA INFORMACIÓ ADOPTADA

En aquest apartat es descriu, es justifica i es valida la metodologia que s'ha utilitzat per obtenir la quantitat d'habitatges, edificis i metres quadrats que s'han construït de nou anualment a Espanya durant el període objecte d'anàlisi. Tot i que les fonts originals podrien ser diferents en els tres casos, es busca que les tres metodologies (nombre d'habitatges, d'edificis i de superfície

¹⁹ El CIES va ser un grup format pel Col·legi d'Arquitectes de Catalunya, el Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona, l'Institut Cerdà, l'Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya i la Universitat Politècnica de Catalunya. Va redactar un únic document, que és el que se cita al text, que no es va arribar a publicar i que és d'on s'extreu informació.

construïda) siguin el més homogènies possible, encara que això signifiqui una pèrdua de fiabilitat en els casos concrets en què hi ha fonts més contrastades.

En els tres casos, les fonts principals d'on s'extreu la informació en què es basen els càlculs de la tesi són les estadístiques d'*Obras en edificación* i *Construcción de edificios* del Ministeri de Foment. La primera es fa a partir de dades dels visats de direcció d'obra i dels certificats de final d'obra i la segona, a partir de les llicències municipals d'obra. Les característiques principals dels tres tipus d'estadístiques que s'obtenen –segons si l'origen de la informació és de visats, certificats o llicències– condicionen la metodologia i la interpretació dels resultats. És per aquest motiu que les estadístiques es descriuen en els requadres 2 i 3.

Requadre 2

Característiques principals de l'estadística *Obras en edificación* (Ministerio de Fomento):

Les dades d'aquesta estadística provenen dels visats d'encàrrec professional de direcció d'obra i certificats de final d'obra que tramiten els col·legis d'aparelladors i arquitectes tècnics.

- L'àmbit territorial és nacional.
- Per evitar una doble comptabilitat només es considera un visat per obra, és a dir, que els visats motivats per canvi de promotor o d'aparellador no formen part d'aquesta estadística, excepte en el cas de Catalunya, on aquest aspecte no es considera.
- L'estadística no recull les obres sense visat i sí que considera les obres que es visen i no s'acaben executant.
- Els valors absoluts dels visats de direcció d'obra són representatius en el cas dels edificis residencials però no en el dels altres usos. Això és així perquè els arquitectes tècnics participen a pràcticament totes les obres residencials i, en canvi, a les d'altres usos poden no tenir-hi una participació majoritària.
- Les obres promogudes per organismes públics que no siguin edificis d'habitatges no es comptabilitzen pel fet que no és obligatori que aquest tipus d'obres tinguin visats de direcció d'obra. Tot i això, en algunes taules de les estadístiques es mostra el nombre total d'edificis i el pressupost d'execució material dels edificis promoguts per organismes públics, però es tracta només de les obres de les quals els col·legis tenen coneixement.
- En la introducció del document que recull les dades de la sèrie 1992-1999 hi consta que “no de todas las obras se prestan las correspondientes certificaciones de fin de obra; ello afecta fundamentalmente a las obras en edificios unifamiliares” (Ministerio de Fomento 2000).

Requadre 3

Característiques principals de l'estadística *Construcción de edificios* (Ministerio de Fomento):

Les dades s'obtenen del qüestionari que el responsable d'un projecte ha d'emplenar a l'hora de demanar una llicència d'obra major a un ajuntament.

- Les administracions autonòmiques o les delegacions del Govern recopilen i tracten la informació dels municipis i les dades resultants les agrega, les depura i les homogeneïza el Ministeri de Foment.
- L'àmbit territorial és el nacional, tot i que la informació anterior a l'any 1998 no inclou dades del País Basc.
- Aquesta estadística es basa en projectes i no en obres realment construïdes. La informació correspon a la data en què es concedeix la llicència.
- La fase d'agregació de les dades d'aquesta estadística s'elabora amb l'aplicació de dos coeficients correctors. Un corregeix la falta de resposta dels municipis que no hi col·laboren i l'altre corregeix els possibles errors que es poden donar per la pèrdua d'algun qüestionari o per la negativa d'algun tècnic a lliurar-lo.
- La descripció de la metodologia conté algunes imprecisions o indefinicions que no permeten determinar amb exactitud quin és el grau de fiabilitat de les dades estadístiques. La imprecisió prové de les obres que es realitzen sense llicència municipal, com podrien ser les que duu a terme el mateix ajuntament, i també de les obres que obtenen la llicència d'obra major sense un projecte complet, com podria ser el cas de les empreses públiques (GISA, per exemple), a les quals els ajuntaments poden concedir llicències d'obra major sense que calgui aportar un projecte visat (tot i que el projecte haurà d'estar visat en el moment de construir l'obra). Pel que fa a aquests tipus d'obra, a la metodologia es diu que *es fa aconsellable* incloure-les a l'estadística, però no queda explícit si la inclusió es fa mitjançant coeficients elevadors, condicionant la concessió de la llicència de les sol·licituds que no van acompanyades d'un projecte complet en emplenar el qüestionari estadístic, o si depèn de la voluntat del tècnic municipal.
- En el moment d'elaborar aquesta tesi, la informació disponible no incloïa dades sobre els tres últims mesos de l'any 2010. Aquestes dades es calculen suposant que el repartiment dels diferents valors al llarg d'aquest any segueix el mateix patró que la mitjana dels anys anteriors, la qual cosa significa que a aquests tres mesos els correspon un 23,4 % respecte al total anual.

Les tres sèries estadístiques que publica el Ministeri de Foment contenen dades sobre el nombre d'habitatges i edificis d'obra nova realitzats cada any a Espanya. Aquests valors, representats a la Figura 20, no coincideixen com a conseqüència del diferent origen de les dades i el moment en què

es recullen respecte al procés de construcció –abans, en el cas de les llicències i visats, i al final, en el cas dels certificats de final d'obra. Ara bé, així com a causa de les característiques intrínseques a les estadístiques hi ha algunes diferències lògiques, n'hi ha d'altres que no tenen una explicació clara.

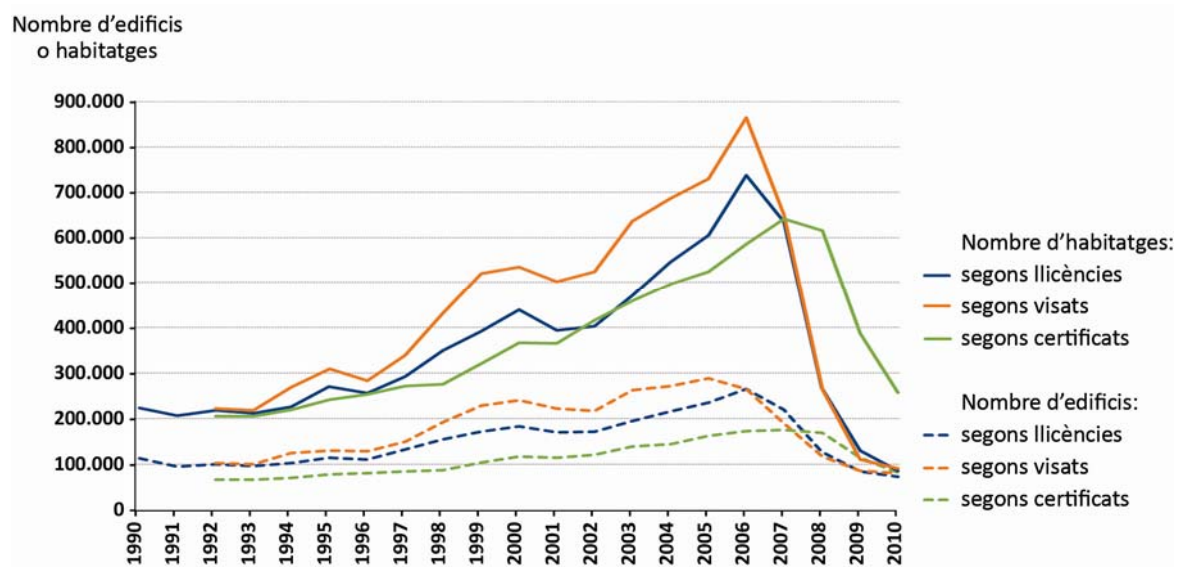


Figura 20. Nombre d'habitatges i nombre d'edificis segons les estadístiques de llicències, de visats de direcció d'obra i de certificats de final d'obra.

Font: elaboració pròpia amb dades del Ministerio de Fomento.

Per una banda, que els valors provinents dels certificats de final d'obra siguin inferiors i estiguin desplaçats en el temps respecte als de les altres dues sèries s'explica per les obres que inicien els tràmits d'execució però no s'acaben realitzant i pel període de temps que transcorre entre el moment en què es demana la llicència o es visa la direcció d'execució d'obra i el moment en què s'acaba l'obra.

Per altra banda, una possible explicació de per què els valors dels visats són més alts que els de les llicències és que certs tipus de projectes no necessiten llicència i sí que tenen visat de direcció d'obra, com ara els que són promoguts pels mateixos ajuntaments. De totes maneres, també hi ha motius que podrien contrarestar aquest fet. Per exemple, que les llicències municipals recullen informació dels projectes que poden realitzar els diferents tipus de tècnics i, en canvi, la informació sobre visats de direcció d'obra només inclou un col·lectiu –els arquitectes tècnics– que no és present a tots els tipus d'obra (Ley 38/1999), la qual cosa implicaria que el valor de les llicències fos més alt que el dels visats.

Atesa la dispersió de valors exposada, s'opta per considerar com a dades per als càlculs de la tesi les que tenen com a origen els certificats de final d'obra. Amb aquests valors no es pot tenir la certesa d'abastar tot el que realment s'ha construït a Espanya, però sí que es té la certesa

d'incloure el què de segur s'ha construït i, per tant, la quantitat mínima d'aquest flux material esmerçat en l'habitabilitat. De la mateixa manera, en aplicar sobre aquests fluxos materials els factors de conversió que permeten calcular impactes ambientals –entre els quals hi ha les emissions de gasos d'efecte hivernacle–, s'obtidran uns resultats que també mostraran el valor mínim d'aquests impactes.

L'estimació del valor real d'aquests fluxos materials, a partir de la qual es pugui valorar què és el que es deixa de comptar amb aquesta metodologia, s'exposa més endavant en contrastar els resultats de la metodologia proposada amb dades provinents d'altres fonts per als períodes en els quals és possible la comparació.

La informació que proporcionen les estadístiques dels certificats de final d'obra és molt reduïda. Per exemple, no hi ha una discriminació entre les diferents característiques constructives, tipològiques o del tipus d'obra que, precisament, les altres dues sèries estadístiques –les dels visats i les de les llicències– sí que aporten. És per això que els valors absoluts dels fluxos materials que s'incorporen al parc provenen dels certificats de final d'obra, però les característiques d'aquests fluxos s'extrapolen de la informació dels visats de direcció d'obra i/o de les llicències de dos anys anteriors. El desfasament temporal de dos anys es justifica al requadre 4, on també es dona el coeficient que permet passar dels valors que aporten les estadístiques de visats de direcció d'obra als dels certificats de final d'obra.

Requadre 4

Justificació del desfasament temporal entre els valors de les estadístiques de visats de direcció d'obra i els dels certificats de final d'obra.

La Taula 11 mostra el percentatge de nombre d'edificis i habitatges segons els certificats de final d'obra en relació amb el nombre total d'edificis i habitatges segons els visats de direcció d'obra. Aquesta relació es quantifica per un desfasament de temps d'un any, d'un i mig i de dos per trobar quin és el període òptim i quin el coeficient de reducció que cal aplicar a la informació que s'extreu de les estadístiques de visats de direcció d'obra.

Els valors mostren que els percentatges que es donen prenent un desfasament de dos anys es mantenen més regulars que els altres al llarg del període analitzat. És per aquest motiu que en els càlculs que es realitzen en aquest apartat es considera un desfasament de dos anys, tant en edificis com en habitatges; i el coeficient de reducció que es pren és el corresponent a aquest període. Aquest desfasament coincideix amb el que s'aplica a l'*Estadística de Vivienda Libre* (Ministerio de Vivienda) per calcular els habitatges acabats a partir dels visats i no coincideix amb el d'altres estudis que apliquen 18 mesos (Naredo, Carpintero i Marcos 2008).

Any	Nombre d'edificis		Relació d'edificis entre visats i certificats a:			Nombre d'habitatges		Relació d'habitatges entre visats i certificats a:		
	Segons visats	Segons certificats	1 any	1,5 anys	2 anys	Segons visats	Segons certificats	1 any	1,5 anys	2 anys
1992	103.145	66.241				242.337	205.720			
1993	99.765	66.321	64,3			237.637	205.317	84,7		
1994	124.250	69.725	69,9	68,7	67,6	296.204	219.511	92,4	91,5	90,6
1995	130.598	77.505	62,4	69,2	77,7	332.059	242.108	81,7	90,7	101,9
1996	128.045	81.002	62,0	63,6	65,2	309.352	253.365	76,3	80,7	85,5
1997	150.044	83.860	65,5	64,8	64,2	370.487	272.355	88,0	84,9	82,0
1998	192.446	87.487	58,3	62,9	68,3	466.658	275.569	74,4	81,1	89,1
1999	228.363	103.974	54,0	60,7	69,3	564.530	321.045	68,8	76,7	86,7
2000	241.007	117.173	51,3	55,7	60,9	594.820	366.776	65,0	71,1	78,6
2001	222.646	113.999	47,3	48,6	49,9	561.186	365.663	61,5	63,1	64,8
2002	217.574	121.363	54,5	52,4	50,4	575.545	416.683	74,3	72,1	70,1
2003	262.621	138.732	63,8	63,0	62,3	690.206	458.683	79,7	80,7	81,7
2004	271.771	144.669	55,1	60,3	66,5	739.658	496.785	72,0	78,5	86,3
2005	288.746	162.968	60,0	61,0	62,1	786.257	524.479	70,9	73,4	76,0
2006	265.807	172.746	59,8	61,6	63,6	911.568	585.583	74,5	76,8	79,2
2007	189.932	175.635	66,1	63,3	60,8	688.851	641.419	70,4	75,6	81,6
2008	117.010	169.452	89,2	74,4	63,8	299.551	615.072	89,3	76,9	67,5
2009	85.282	114.705	98,0	74,7	60,4	146.640	387.075	129,2	78,3	56,2
2010	80.545	81.543	95,6	80,6	69,7	127.543	257.443	175,6	115,4	85,9

Taula 11. Nombre d'edificis i habitatges segons els visats de direcció d'obra i segons els certificats de final d'obra i relació entre els diferents orígens segons diferents desfasaments temporals (1992-2010).
Font: elaboració pròpia amb dades del Ministerio de Fomento.

Després d'aquestes consideracions generals, es descriu la metodologia que s'ha aplicat per obtenir les diferents dades de l'apartat. Es comença per la metodologia referida a la quantitat d'habitatges perquè aquesta és la informació que està disponible a més fonts. Aquest fet facilita que es puguin contrastar els valors que s'obtenen del càlcul amb d'altres valors, amb l'objectiu de determinar els marges d'error dels valors obtinguts.

Nombre d'habitatges

Es parteix del nombre d'habitatges acabats anualment segons els certificats de final d'obra, que inclou de forma agregada els habitatges acabats pertanyents a treballs en edificació d'obra nova, d'ampliació i de reforma i/o restauració.

Per calcular els habitatges que formen part de l'obra nova, es considera que la proporció entre els diferents tipus d'obra és la mateixa pel que fa a nombre d'habitatges que consten als visats de direcció d'obra que els que consten als certificats de final d'obra de dos anys després.

Com que aquestes sèries estadístiques comencen l'any 1992 i el període d'anàlisi proposat a la tesi és el de 1990-2010, es fa una estimació dels valors dels anys 1990 i 1991 a partir del nombre d'habitatges visats continguts en els projectes d'execució visats pels col·legis d'arquitectes recopilats en el llibre *Cuarenta y cinco años de edificación residencial* (Vergés 2005). Les dades

que conté aquest llibre permeten calcular que l'any 1990 es van visar un 25,3 % menys d'habitatges que l'any 1989 i, l'any 1989, un 10,9 % més que l'any 1988. Aplicant aquests percentatges als certificats de final d'obra de dos anys després –considerant que l'any 1992 es van acabar un 25,3 % menys d'habitatges que l'any 1991 i l'any 1991, un 10,9 % més que el 1990– s'obté la quantitat d'habitatges amb obres acabades. Per saber les característiques d'aquestes obres es fa la suposició que la proporció entre els diferents tipus d'obra del període 1988-1991 –del qual no es disposa de dades– és la mateixa que la de l'any 1992.

Any	Nombre d'habitatges segons certificats de final d'obra	Nombre d'habitatges segons visats de direcció d'obra			Relació a 2 anys del nombre d'habitatges entre certificats i visats	Nombre d'habitatges d'obra nova acabats
		Total (obra nova, ampliació i reforma)	Obra nova			
			Nombre d'habitatges	% respecte al total de visats		
1988				92,0		
1989				92,0		
1990	248.388			92,0	228.431	
1991	275.451			92,0	253.320	
1992	205.720	242.337	222.866	92,0	189.191	
1993	205.317	237.637	218.523	92,0	188.820	
1994	219.511	296.204	269.952	91,1	201.874	
1995	242.108	332.059	310.401	93,5	222.634	
1996	253.365	309.352	284.553	92,0	230.910	
1997	272.355	370.487	339.490	91,6	254.591	
1998	275.569	466.658	432.728	92,7	253.478	
1999	321.045	564.530	520.770	92,2	294.185	
2000	366.776	594.820	535.668	90,1	340.108	
2001	365.663	561.186	502.583	89,6	337.318	
2002	416.683	575.545	524.181	91,1	375.246	
2003	458.683	690.206	636.332	92,2	410.784	
2004	496.785	739.658	687.051	92,9	452.450	
2005	524.479	786.257	729.652	92,8	483.541	
2006	585.583	911.568	865.561	95,0	543.934	
2007	641.419	688.851	651.427	94,6	595.241	
2008	615.072	299.551	264.795	88,4	584.029	
2009	387.075	146.640	110.849	75,6	366.046	
2010	257.443	127.543	91.662	71,9	227.573	

Taula 12. Nombre d'habitatges d'obra nova acabats (1990-2010).

Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

Paral·lelament, en aquest apartat també es calcula el flux d'habitatges anuals, que és la suma dels habitatges creats de nou en qualsevol tipus d'obra, menys els habitatges suprimits en reformes o enderrocs.

Els passos que s'han seguit són els mateixos que en el cas de l'obra nova, però en aquest cas s'utilitzen, a més, dades d'habitatges de les estadístiques elaborades amb la informació de les llicències municipals. A diferència de les estadístiques de visats, les de les llicències indiquen el nombre d'habitatges que es creen en obres de rehabilitació i els habitatges que desapareixen en obres de demolició. Per calcular el flux d'habitatges es considera que el percentatge d'habitatges creats en obres de rehabilitació respecte als creats en obra nova de les llicències municipals es manté també en les estadístiques de visats, i que els habitatges que s'enderroquen segons les estadístiques de llicències són els que realment s'enderroquen. En el cas de les demolicions no

s'aplica cap coeficient reductor perquè, tot i que pot donar-se el cas –com en els altres tipus d'obra– de projectes de demolició que tenen una llicència concedida i no s'acaben executant, també caldria aplicar un coeficient d'augment que considerés els habitatges que desapareixen per abandonament i ruïna o els que es fan sense llicència. A més, cal dir que en el cas de les demolicions no s'aplica cap desfasament temporal.

Any	Nombre d'habitatges acabats (segons visats i certificats)			Correcció segons llicències			Flux d'habitatges (1) + (2) - (3)
	Obra nova (1)	Ampliació	Reforma	% d'habitatges creats de nou en rehabilita- cions respecte als d'obra nova	Nombre d'habitatges creats en rehabilitació (2)	Nombre d'habitatges enderrocats (segons llicències) (3)	
1990	228.431	8.514	11.443	3,87	8.835	13.706	223.559
1991	253.320	9.442	12.690	3,87	9.797	11.071	252.046
1992	189.191	7.052	9.477	3,87	7.317	10.084	186.424
1993	188.820	7.038	9.459	4,19	7.909	8.230	188.499
1994	201.874	7.525	10.112	3,99	8.049	8.622	201.301
1995	222.634	7.404	12.070	4,87	10.836	8.857	224.613
1996	230.910	6.915	15.540	4,59	10.590	8.346	233.154
1997	254.591	6.096	11.668	4,08	10.378	10.491	254.478
1998	253.478	7.732	14.359	3,83	9.703	12.638	250.543
1999	294.185	8.557	18.303	4,59	13.514	13.947	293.751
2000	340.108	8.715	17.953	3,90	13.253	15.006	338.355
2001	337.318	8.803	19.541	3,22	10.857	16.197	331.979
2002	375.246	9.928	31.509	3,21	12.063	15.927	371.382
2003	410.784	9.862	38.037	3,73	15.308	17.750	408.342
2004	452.450	7.305	37.030	3,46	15.665	22.184	445.931
2005	483.541	7.045	33.893	3,61	17.466	24.572	476.434
2006	543.934	7.983	33.665	3,87	21.074	32.421	532.587
2007	595.241	8.708	37.470	3,46	20.578	29.758	586.062
2008	584.029	6.737	24.306	3,14	18.323	15.842	586.510
2009	366.046	4.430	16.599	3,12	11.428	9.894	367.580
2010	227.573	5.018	24.852	6,33	14.399	8.889	233.083

Taula 13. Flux d'habitatges (1990-2010).

Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

Anàlisi de la fiabilitat de les dades referents a habitatges

Les dades més fiables amb què es poden comparar els resultats obtinguts d'aquesta metodologia són les dels censos de població i habitatges que l'Institut Nacional de Estadística (INE) realitza aproximadament cada deu anys. Amb la informació dels censos de l'any 1991 i 2001 es pot valorar la desviació de les dades resultants i es pot saber quin és el marge d'error amb què es treballarà a partir del 2001.

En primer lloc, es fa una comparació simple entre la diferència d'habitatges dels dos censos –sense tenir en compte els allotjaments²⁰– i el flux d'habitatges calculat segons la metodologia proposada. Per fer aquesta comparació, el càlcul del flux s'adequa a les dates de referència dels censos, 1 de març de 1991 i 1 de novembre de 2001. El resultat de la comparació (Taula 14) indica que les

²⁰ Seguint la nomenclatura dels censos de població i habitatges, els allotjaments són espais que malgrat que són la residència habitual d'algú, no es poden qualificar com a habitatges perquè són improvisats, mòbils o no es van crear amb aquesta finalitat.

dades pròpies són un 29 % inferiors a la diferència entre censos o, dit d'una altra manera, que cal augmentar en un 41 % les dades pròpies per igualar la diferència entre els censos.

L'obtenció d'aquesta diferència tan rellevant ha conduït a fer una segona comparació de les dades censals per comprovar si la comparació era l'adequada. En aquest cas, s'ha considerat l'any de construcció dels habitatges que el cens indica i, segons això, s'ha conclòs que el creixement màxim del parc d'habitatges entre els dos censos va ser de 3.096.005 habitatges, quantitat un 17 % inferior que la diferència simple entre ells. El valor del creixement màxim s'ha calculat restant al nombre d'habitatges construïts en el període 1991-2001, segons el cens de 2001, els habitatges construïts l'any 1991, segons el cens de 1991, i restant també el nombre d'habitatges que han desaparegut en el període entre censos per demolicions d'edificis fetes amb llicència municipal (Taula 14).

La diferència del 17 % entre la resta simple entre censos o el càlcul del creixement màxim del parc equival a 641.097 habitatges. Es tracta d'habitatges que no consten al cens de 1991 i, en canvi, al de 2001 consten com a habitatges construïts abans de 1991. Són habitatges que han aflorat. Altres autors, que també han detectat aquest aflorament d'habitatges entre censos, com ara Naredo (2008), el xifren fins i tot en valors molt més alts –al voltant d'un milió–, sobretot per tenir en compte un valor més elevat d'habitatges que desapareixen per demolició i/o ruïna. El mateix Naredo dóna com a explicació principal a aquest fet els diferents procediments utilitzats per elaborar els dos censos, que propicien que amb la metodologia de 2001 es comptin més habitatges que utilitzant la de 1991. Tot i així, és important afegir, com a possibles explicacions a l'aflorament, les legalitzacions d'habitatges ja construïts que no constaven com a tals en el cens de 1991 o la creació de nous habitatges per divisió o per canvi d'ús en edificis anteriors a 1991. Sempre que aquestes operacions es realitzessin sense reformes substancials de l'edifici, l'any de construcció que consta en el cens no és el de l'aflorament, ja que en els dos censos es considera que l'any de construcció de l'edifici és, precisament, l'any de construcció o, quan es dóna el cas, el de l'última reforma substancial de l'immoble.

Per tant, descomptant l'aflorament d'habitatges, la metodologia proposada millora considerablement la fiabilitat. Concretament, els resultats que s'obtenen amb aquesta metodologia són un 14 % inferiors als del cens, és a dir, que cal multiplicar per 1,16 els valors resultants per ajustar-se a les dades censals.

Finalment, es planteja una tercera comparació amb les dades dels censos. Tenint en compte que la metodologia de fixar l'any de construcció de l'habitatge depèn de si s'han realitzat reformes substancials a l'edifici, es refan els nombres de la metodologia pròpia amb la finalitat d'incloure-hi no només els habitatges que han estat creats de nou en obres de rehabilitació, sinó també els

habitatges en els quals s'ha realitzat algun tipus d'obra d'ampliació, reforma i/o restauració sense donar lloc a nous habitatges.

Amb aquesta última correcció, el factor de dispersió queda reduït a un 1,11, és a dir, que les dades que s'utilitzaran per calcular les emissions de gasos d'efecte hivernacle del sector residencial poden haver-se d'incrementar fins a un 11 % per adequar-les a les dades del cens. De totes maneres, tenint en compte que cada vegada hi ha menys processos que es fan sense la documentació i els permisos necessaris, es considera que el període que no s'ha pogut contrastar (2001-2010) contindrà dades més rigoroses que el període contrastat (1991-2001) i, per tant, el marge d'error serà inferior.

		Nombre d'habitatges	Factor de desviació
Comparació de censos	Cens 1991	17.206.363	
	Cens 2001	20.943.411	
	Flux entre censos (cens 2001 – cens 1991)	3.737.048	1,41
	Flux segons càlcul (creats en obra nova o rehabilitació – enderrocats)	2.657.806	
Comparació de censos considerant l'any de construcció	Cens 1991. Construïts al 1991	182.287	
	Cens 2001. Construïts entre 1991 – 2001 *	3.397.236	
	Construïts entre censos (segons censos)	3.214.949	
	Demolicions entre censos (segons estadístiques de llicències)	118.944	
	Flux entre censos segons censos i demolicions	3.096.005	1,16
	Flux entre censos segons càlcul	2.657.806	
Comparació de censos considerant habitatges reformats però no creats de nou	Flux entre censos segons censos i demolicions	3.096.005	1,11
	Habitatges reformats, ampliat o rehabilitats sense creació de cap de nou	119.227	
	Flux segons càlcul (creats en obra nova o rehabilitació – enderrocats)	2.657.806	
	Flux segons càlcul incloent rehabilitacions (habitatges creats en obra nova o rehabilitació - enderrocats + rehabilitats)	2.777.084	

*El valor no és directe. El cens de 2001 només dona informació de l'any de construcció dels habitatges que es troben en edificis principalment d'habitatges i no en dona dels 83.590 habitatges que no ho estan. Per no deixar de comptar aquests últims, es considera que la proporció d'habitatges en edificis no residencials que s'han construït durant el període 1991-2001 respecte als existents d'aquest tipus és la mateixa que per als habitatges que formen part d'edificis residencials.

Taula 14. Comparació de les dades pròpies referents al nombre d'habitatges amb les dades dels censos.
Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

Nombre d'edificis

El procés per obtenir el flux d'edificis és el mateix que en el cas anterior. Partint del nombre d'edificis que consten als certificats de final d'obra, es calcula la quantitat d'edificis d'obra nova considerant que la proporció entre els diferents tipus d'obra (obra nova, ampliació i reforma i/o restauració) i el total d'edificis dels certificats és la mateixa que la que consta als visats de direcció d'obra de dos anys anteriors.

Tenint en compte que la majoria d'edificis són principalment d'habitatges, l'estimació dels valors anteriors al 1992 es fa seguint la mateixa evolució percentual utilitzada en el cas anterior –l'any 1992 es van acabar un 25,3 % menys d'edificis que l'any 1991 i l'any 1991, un 10,9 % menys que el 1990. També es considera que les característiques dels edificis acabats abans del 1994, dels

quals no hi ha detalls, segueixen la mateixa proporció dels que s'han acabat al 1994, és a dir, dels que tenen el visat de direcció d'obra del 1992.

A la Taula 15 es resumeix aquest procediment i es mostra el nombre d'edificis d'obra nova que s'incorporen al parc d'edificis al llarg del període analitzat.

Any	Nombre d'edificis segons certificats de final d'obra	Nombre d'edificis segons visats de direcció d'obra			Relació a 2 anys del nombre d'edificis entre certificats i visats	Nombre d'edificis d'obra nova acabats
		Total (obra nova, ampliació i reforma)	Obra nova			
			Nombre d'edificis	% respecte al total de visats		
1988				82,9		
1989				82,9		
1990	79.980			82,9		66.314
1991	88.694			82,9		73.539
1992	66.241	103.145	85.521	82,9		54.923
1993	66.321	99.765	83.159	83,4		54.989
1994	69.725	124.250	104.936	84,5	67,6	57.811
1995	77.505	130.598	112.576	86,2	77,7	64.604
1996	81.002	128.045	108.450	84,7	65,2	68.411
1997	83.860	150.044	127.158	84,7	64,2	72.288
1998	87.487	192.446	165.860	86,2	68,3	74.099
1999	103.974	228.363	194.409	85,1	69,3	88.115
2000	117.173	241.007	200.768	83,3	60,9	100.986
2001	113.999	222.646	180.361	81,0	49,9	97.049
2002	121.363	217.574	178.823	82,2	50,4	101.100
2003	138.732	262.621	221.908	84,5	62,3	112.384
2004	144.669	271.771	228.625	84,1	66,5	118.903
2005	162.968	288.746	241.130	83,5	62,1	137.704
2006	172.746	265.807	221.758	83,4	63,6	145.321
2007	175.635	189.932	145.840	76,8	60,8	146.672
2008	169.452	117.010	74.152	63,4	63,8	141.371
2009	114.705	85.282	39.638	46,5	60,4	88.077
2010	81.543	80.545	35.763	44,4	69,7	51.676

Taula 15. Nombre d'edificis d'obra nova acabats segons les estadístiques de visats de direcció d'obra i certificats de finals d'obra (1990-2010).

Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

Com a variant a la metodologia dels habitatges, en aquest cas, es consideren dades procedents de l'estadística *Licitación oficial en construcción* (Ministerio de Fomento) per millorar la fiabilitat de les dades resultants. La finalitat d'incorporar informació de les licitacions de construcció és millorar les dades referents a edificis no residencials que provenen de les estadístiques de certificats de final d'obra i visats de direcció d'obra. Aquestes dues estadístiques, tal com s'ha descrit al Requadre 2, no comptabilitzen les obres promogudes per organismes públics que no siguin edificis d'habitatges, en canvi, l'estadística de les licitacions oficials sí que les consideren.

La informació que ofereix l'estadística de licitació oficial consisteix en el pressupost total de licitació, any per any, dels diferents tipus d'usos dels edificis, distingint entre habitatges familiars, establiments col·lectius i no residencials. A més, dona el pressupost mitjà en euros per al conjunt d'obres d'edificació. Com que no hi consta el nombre d'edificis, ni el pressupost mitjà de licitació per cada tipus, en aquesta tesi, s'estima la quantitat d'edificis considerant que el pressupost mitjà de licitació és el mateix per a cada ús d'edificis i que cada licitació correspon a un edifici. A la

quantitat resultant de nombre d'edificis no s'hi aplica cap coeficient reductor perquè se suposa que tot el que es licita s'acaba construir.

Per igualar la metodologia a les anteriors, se suposa que aquests edificis s'acaben de construir al cap de dos anys i que els diferents tipus d'obra que puguin incloure aquestes licitacions –obra nova, ampliació i reforma i/o restauració– segueixen la mateixa proporció que la dels edificis no destinats a habitatges amb el visat de direcció d'obra del mateix any que la licitació. Tot i que la sèrie estadística de licitació oficial és més extensa que la dels visats i els certificats, en aquest cas també cal estimar algunes dades. Concretament, s'estimen les de l'any 1988 seguint el mateix procediment que en els casos anteriors.

Les dades principals que han intervingut en el càlcul del nombre d'edificis d'obra nova estimat segons les estadístiques de licitació oficial, així com el resultat, es recullen a la Taula 16.

Any	Licitació oficial (milers d'euros)			Nombre d'edificis segons any de licitació			Nombre d'edificis no destinats a habitatges acabats	Dels edificis que no són d'habitatges, % d'obra nova respecte al total	Nombre d'edificis no destinats a habitatges d'obra nova acabats
	Establiments residencials col·lectius	No residencials	Pressupost mitjà d'edificació	Establiments residencials col·lectius	No residencials	Total			
1988								62,0	
1989	481.224	1.791.503	514	936	3.485	4.422		62,0	
1990	517.021	1.975.966	509	1.016	3.882	4.898	3.987	62,0	2.472
1991	278.611	1.966.127	480	580	4.096	4.677	4.422	62,0	2.741
1992	462.172	1.858.915	600	770	3.098	3.868	4.898	62,0	3.036
1993	392.491	2.378.778	588	668	4.046	4.713	4.677	59,5	2.899
1994	476.402	2.111.832	564	845	3.744	4.589	3.868	59,8	2.398
1995	331.134	2.074.139	393	843	5.278	6.120	4.713	66,1	2.803
1996	176.914	1.841.542	365	485	5.045	5.530	4.589	64,6	2.746
1997	317.902	2.727.561	450	706	6.061	6.768	6.120	66,4	4.047
1998	617.055	3.415.338	482	1.280	7.086	8.366	5.530	66,8	3.570
1999	899.103	3.265.163	516	1.742	6.328	8.070	6.768	64,9	4.492
2000	639.430	3.616.525	597	1.071	6.058	7.129	8.366	63,9	5.586
2001	1.606.264	5.156.522	912	1.761	5.654	7.415	8.070	55,8	5.237
2002	1.240.822	5.332.170	882	1.407	6.046	7.452	7.129	52,3	4.556
2003	790.095	5.534.303	1.155	684	4.792	5.476	7.415	54,2	4.140
2004	1.310.472	5.247.423	1.107	1.184	4.740	5.924	7.452	53,7	3.900
2005	1.367.252	7.934.704	1.193	1.146	6.651	7.797	5.476	52,6	2.969
2006	2.268.955	9.182.797	1.300	1.745	7.064	8.809	5.924	57,8	3.183
2007	974.185	8.722.749	1.255	776	6.950	7.727	7.797	52,3	4.099
2008	999.111	7.720.799	1.448	690	5.332	6.022	8.809	48,2	5.093
2009	1.355.989	7.745.013	1.122	1.209	6.903	8.111	7.727	44,0	4.042
2010	847.767	6.631.781	1.004	844	6.605	7.450	6.022	44,8	2.905

Taula 16. Nombre d'edificis no destinats a habitatges d'obra nova acabats segons l'estadística de licitació oficial (1990-2010).

Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

Com a resultat final, recollit a la Taula 17, se sumen els resultats del nombre d'edificis d'obra nova acabats calculat a partir dels visats de direcció d'obra i certificats de final d'obra, i el calculat a partir de les licitacions oficials.

Els valors d'aquesta taula també mostren que les quantitats obtingudes a partir de les licitacions pràcticament no fan variar les dades obtingudes dels visats i certificats però en canvi sí que són quantitats significatives en relació amb els edificis que no es destinen a habitatges. En el primer cas, representen un 4 % de mitjana al llarg del període estudiat i, en el segon cas, un 57 %.

Any	Nombre d'edificis d'habitatges			Nombre d'edificis residencials col·lectius			Nombre d'edificis no residencials			Nombre total d'edificis d'obra nova acabats
	Total	Unifamiliars	Plurifamiliars	Total	Segons visats i certificats	Segons licitacions	Total	Segons visats i certificats	Segons licitacions	
1990	60.047	47.240	12.807	523		523	8.215	6.267	1.948	68.786
1991	66.590	52.387	14.202	580		580	9.110	6.950	2.161	76.280
1992	49.732	39.125	10.607	630		630	7.597	5.190	2.406	57.959
1993	49.792	39.218	10.574	360		360	7.736	5.197	2.539	57.888
1994	52.348	40.975	11.373	477		477	7.384	5.463	1.921	60.209
1995	59.725	48.536	11.188	397		397	7.286	4.880	2.406	67.407
1996	63.748	52.775	10.973	505		505	6.903	4.663	2.241	71.157
1997	67.713	56.506	11.206	557		557	8.065	4.575	3.490	76.334
1998	68.991	57.102	11.890	313		313	8.364	5.107	3.257	77.668
1999	82.203	68.770	13.432	469		469	9.935	5.912	4.023	92.607
2000	94.312	78.573	15.739	855		855	11.405	6.674	4.731	106.571
2001	90.412	74.704	15.708	1.131		1.131	10.744	6.637	4.107	102.286
2002	94.156	76.761	17.396	778	94	684	10.721	6.850	3.871	105.656
2003	103.743	84.050	19.694	1.137	154	983	11.643	8.487	3.157	116.524
2004	110.747	90.501	20.246	880	144	736	11.175	8.012	3.163	122.802
2005	129.542	108.559	20.983	577	206	371	10.554	7.956	2.598	140.673
2006	137.444	112.005	25.438	786	150	636	10.275	7.727	2.547	148.505
2007	138.066	107.595	30.471	700	97	603	12.005	8.508	3.497	150.771
2008	133.645	103.676	29.969	1.081	72	1.009	11.738	7.654	4.084	146.464
2009	81.859	62.912	18.946	475	69	406	9.784	6.149	3.636	92.118
2010	45.851	34.196	11.655	401	68	333	8.329	5.756	2.572	54.581

Taula 17. Nombre d'edificis d'obra nova acabats segons l'ús i l'origen principal de les dades (1990-2010).
Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

Pel que fa a la informació del nombre d'edificis unifamiliars i plurifamiliars de la Taula 17, cal esmentar que, tot i que la informació sobre aquests tipus d'edificis no consta de forma desagregada als certificats, no s'ha extrapolat de forma proporcional al nombre de visats, tal com s'ha fet amb d'altres característiques que defineixen els edificis. En aquest cas, s'ha calculat de forma més exacta a partir del nombre d'edificis d'habitatge d'obra nova acabats –calculat segons la metodologia d'aquest apartat–, el nombre d'habitatges que pertanyen a aquests edificis –calculat en el punt anterior– i el nombre mitjà d'habitatges per edifici plurifamiliar iniciat dos anys abans –calculat segons les dades dels visats de direcció d'obra.

En darrer lloc, per adequar la quantitat d'edificis als de l'àmbit que considera la tesi, cal restar als resultats de la Taula 17 els edificis que no tenen com a finalitat donar habitabilitat a les persones. S'hi exclouen els edificis d'ús industrial, agrícola i ramader i també caldria excloure-hi, però no és possible per l'agregació de la informació de les fonts, els magatzems. La sostracció, en els usos que és possible, es fa suposant que es manté la proporcionalitat entre la quantitat d'edificis dels

diferents usos que consten als visats i la quantitat total dels certificats. I per als primers anys de la sèrie en què no hi ha informació suficientment desagregada per saber la proporció entre aquests usos i el total, s'estima que aquesta és la mateixa que la dels anys posteriors.

Com a resum, la Taula 18 conté les dades finals que cal considerar relatives al nombre d'edificis nous que s'afegeixen cada any al parc d'edificis espanyol amb els usos que es consideren a la tesi.

Any	Nombre d'edificis d'habitatges			Nombre d'edificis residencials col·lectius	Nombre d'edificis no residencials amb requeriments d'habitabilitat	Nombre total d'edificis amb requeriments d'habitabilitat d'obra nova acabats
	Total	Unifamiliars	Plurifamiliars			
1990	60047	47240	12807	523	6335	66906
1991	66590	52387	14202	580	7025	74195
1992	49732	39125	10607	630	6040	56402
1993	49792	39218	10574	360	6177	56329
1994	52348	40975	11373	477	5745	58570
1995	59725	48536	11188	397	5822	65944
1996	63748	52775	10973	505	5504	69758
1997	67713	56506	11206	557	6692	74962
1998	68991	57102	11890	313	6832	76136
1999	82203	68770	13432	469	8162	90833
2000	94312	78573	15739	855	9403	104569
2001	90412	74704	15708	1131	8753	100295
2002	94156	76761	17396	778	8629	103563
2003	103743	84050	19694	1137	9165	114046
2004	110747	90501	20246	880	8751	120379
2005	129542	108559	20983	577	7871	137989
2006	137444	112005	25438	786	7641	145870
2007	138066	107595	30471	700	9292	148057
2008	133645	103676	29969	1081	9078	143804
2009	81859	62912	18946	475	7550	89884
2010	45851	34196	11655	401	6424	52676

Taula 18. Nombre d'edificis amb requeriments d'habitabilitat d'obra nova acabats (1990-2010).

Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

Anàlisi de la fiabilitat de les dades referents a edificis

En el cas de les dades calculades referents al nombre d'edificis, no és possible valorar la fiabilitat de la mateixa manera que s'ha fet en el cas del nombre d'habitatges. La font que té la informació més extensa i detallada del nombre d'edificis és el cens d'edificis de l'any 1990 (INE 1992a) i el cens de població i habitatges de l'any 2001. En aquest cas, però, la informació sobre la quantitat d'edificis és més reduïda i menys homogènia que en el cas dels habitatges.

En primer lloc, tal com mostra la Taula 19, la classificació que es fa en un cens i l'altre, referent als diferents tipus d'edifici, no és la mateixa, la qual cosa comporta que en fer la diferència del nombre d'edificis entre censos donin resultats incoherents, per exemple, els valors negatius que apareixen en els edificis principalment d'habitatge o en els d'habitatge col·lectiu. Això respon a la

diferent metodologia utilitzada entre censos però també, tot i que menys, als possibles canvis d'usos que s'hagin pogut donar entre edificis.

Cens 1990		Cens 2001		Diferència
Edifici amb només un habitatge	5.537.911	Edifici només amb un habitatge familiar	6.682.591	1.144.680
Edifici amb diversos habitatges	664.249	Edifici només amb diversos habitatges familiars	1.198.975	534.726
Edifici principalment d'habitatge compartit amb ús agrari	593.816	Edifici principalment amb habitatges familiars compartit amb locals	731.850	-755.362
Edifici principalment d'habitatge compartit amb usos no agraris	893.396			
Edifici destinat a hotel, motel, alberg, pensió...	13.767	Edifici principalment amb habitatge col·lectiu: hotel, alberg, pensió...	1.330	-16.968
Complex d'edificis destinats a hotel, motel, alberg, pensió...	1.924	convent, caserna, presó...	6.357	
Edifici destinat a convent, caserna, presó, residència d'estudiants...	8.607	institucions d'ensenyament, internats d'ensenyament mitjà, acadèmies militars..	550	
Complex d'edificis destinats a convent, caserna, presó, residència d'estudiants...	3.147	hospitals en general, institucions per a discapacitats, marginats...	2.222	
Edifici destinat principalment a la producció agrària (amb algun habitatge o local)	13.615	Edifici principalment amb locals compartit amb algun habitatge	37.308	19.161
Complex d'edificis destinats principalment a la producció agrària (amb algun habitatge o local)	4.532			
Edifici destinat a fàbrica, magatzem, oficines, centre comercial...	528.246	Locals	620.187	68.664
Complex d'edificis destinats a fàbrica, magatzem, oficines, centre comercial...	23.277			
Total	8.286.487	Total	9.281.370	994.883

Taula 19. Nombre d'edificis segons el tipus d'edifici segons els censos.

Font: elaboració pròpia amb dades de l'INE

Un altre aspecte que empitjora la qualitat de la comparació entre les dades del cens i les pròpies és que el cens de 1990, a diferència del de 2001, comptabilitza no només els edificis acabats sinó també els edificis en construcció que han cobert aigües. La justificació d'aquesta metodologia rau en el desfasament temporal de prop de sis mesos que hi va haver entre el cens d'edificis i el posterior cens d'habitatges que aprofitava aquestes dades.

Tenint en compte aquestes consideracions, les dades que es contrasten són les referents a la totalitat d'edificis de la metodologia pròpia i a la totalitat de la diferència entre censos. Les adaptacions que cal fer a les dades pròpies consisteixen, per una banda, a restar al nombre d'edificis construïts d'obra nova els que s'han enderrocat segons l'estadística de llicències municipals i, per altra banda, en lloc de considerar el període entre les dues dates censals, la del 15 d'octubre de 1990 es fa coincidir amb la del cens de població i habitatge de l'1 de març de 1991. D'aquesta manera, es fa la mateixa consideració que a la metodologia dels censos consistent a suposar que els edificis que es comptabilitzaven el 15 d'octubre de 1990 que estaven en obres i havien cobert aigües estarien acabats l'1 de març de 1991.

La Taula 20 mostra els càlculs corresponents a aquesta comparació. Els valors resultants indiquen que el nombre d'edificis segons el càlcul propi és un 27 % inferior al de la diferència intercensal.

Aquest valor és una mica inferior però de la mateixa magnitud que el resultant de la primera comparació de l'anàlisi de la fiabilitat de les dades referents al nombre d'habitatges, la qual cosa fa plantejar si es pot donar la mateixa casuística en edificis que la que s'ha detectat en habitatges.

		Nombre d'edificis	Factor de desviació
Comparació de censos	Cens 1990	8.286.487	
	Cens 2001	9.281.370	
	Flux entre censos (cens 2001 - cens 1991)	994.883	1,37
	Flux segons càlcul propi (creats en obra nova - enderrocats)	727.286	

Taula 20. Comparació de les dades pròpies referents al nombre d'edificis amb les dades dels censos.
Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

Considerant l'any de construcció dels edificis, no es detecta, com en el cas anterior, un aflorament d'edificis, ja que els edificis que consten al cens de 2001 construïts amb posterioritat al cens anterior són 1.346.768²¹, valor més alt que la diferència entre censos. Cal recordar que aquest valor no només engloba els edificis de nova construcció, sinó que per la metodologia que s'estableix en el cens també inclou els edificis que han sofert una reforma substancial en el període analitzat. Per tant, per poder comparar aquest valor amb les dades pròpies, cal afegir als edificis de nova construcció els que han estat intervinguts substancialment. Així, s'hi afegixen els edificis que han estat ampliat i reformats o restaurats segons les dades extretes de les estadístiques de visats de direcció d'obra modificats amb els coeficients exposats anteriorment. Com a valor resultant s'obté la xifra de 982.138 edificis nous o intervinguts durant el període entre censos.

La relació entre aquests dues xifres no millora la que s'havia trobat per diferència de valors entre censos. Les dades pròpies continuen sent un 27 % inferiors a les dels censos.

Amb la informació disponible no són evidents els motius que podrien justificar la magnitud d'aquesta diferència. De totes maneres, un cop descartat que l'aflorament d'edificis en sigui una causa, s'exposen dues possibles raons que, en part, la poden explicar. Per una banda, la manera com el cens fixa la data de construcció d'un edifici –que no coincideix amb la data de construcció real de l'edifici si s'hi ha fet reformes substancials– impossibilita destriar quins són els edificis d'obra nova d'un període determinat i, malgrat adequar les dades pròpies incorporant-hi les dades de reformes d'edificis, no es garanteix que les reformes que necessiten un arquitecte tècnic coincideixin amb el que el cens considera reforma substancial d'un edifici. Per altra banda, hi pot haver edificis que es construeixen sense seguir tots els procediments burocràtics establerts i, per tant, quedarien fora de les estadístiques i no dels censos. En aquest sentit, cal destacar que a la

²¹ Aquest valor és la suma dels edificis principalment d'habitatge, dels quals al cens consta la data de construcció, més la diferència entre els dos censos dels edificis que no són principalment d'habitatge. En el cas dels edificis principalment d'habitatge, es consideren els acabats entre l'1 de març de 1991 i l'1 de novembre de 2001, i s'exclouen els edificis que el 15 d'octubre de 1990 constaven al cens com en construcció.

introducció de la publicació sobre les estadístiques de visats i certificats de final d'obra de l'any 1998-1999 (Ministerio de Fomento 2000) s'esmenta que hi ha obres que no presenten els certificats de final d'obra, sobretot les que són d'edificis unifamiliars –informació que no es repeteix a la metodologia recent d'aquesta estadística.

En tots els casos, sembla que el tipus d'edifici que més contribueix a aquest desajust és l'edifici d'habitatge unifamiliar. Aquests edificis són els que més fàcilment poden esquivar alguns dels tràmits burocràtics del procés de construcció, en obra nova i, sobretot, en reformes. I tot i no saltar-se cap tràmit, potser també és possible que les reformes realitzades en un habitatge unifamiliar s'entenguin com a substancials per un agent censal, la qual cosa seria més difícil en un edifici plurifamiliar, on una reforma substancial implica que afecta a tot l'edifici i que tots els propietaris s'han de posar d'acord. Finalment, cal plantejar el dubte de quina data de construcció consta al cens dels edificis il·legals o d'autoconstrucció que han passat un procés de legalització sense fer-hi obres o fent-n'hi de no substancials, perquè és evident que el tipus d'edificis que es poden veure més afectats per aquest procés són també els unifamiliars.

Per comprovar aquest darrer fet es calcula la mitjana d'habitatges per edifici d'habitatges acabat en el període 1994-2001 de les fonts que han intervingut en la comparació de la informació. Els valors resultants són 3,49 habitatges per edifici d'habitatges segons les dades dels certificats de final d'obra, 2,67 segons les dels visats de direcció d'obra –en aquest cas, prenent el període 1992-1999– i 2,35 segons les del cens de 2001. Aquests valors demostren que realment els habitatges unifamiliars contribueixen de forma important a aquest desajust.

Com a conclusió, les dades pròpies –que representen la quantitat d'edificis que realment s'han construït i acabat– poden arribar a ser fins a un 27 % inferiors a les dades recollides als censos. L'organització i agregació de la informació dels censos impossibilita fer una validació més acurada de la fiabilitat de les dades amb què es treballa. De totes maneres, ha estat possible detectar com a responsable principal del desajust la tipologia d'edificis d'habitatge unifamiliar, la qual cosa implica que en el moment de comptabilitzar superfície construïda, massa de materials o impacte associat a aquestes edificacions, el marge d'error es reduirà.

Superfície construïda

En aquest cas no es pot fer com en els casos anteriors perquè els certificats de final d'obra no recullen informació sobre la superfície construïda. Així doncs, els valors es calculen aplicant diferents superfícies mitjanes als edificis acabats.

A partir de les dades dels visats de direcció d'obra es calcula la superfície mitjana per cada tipus d'ús d'edifici i aquests valors s'apliquen als edificis acabats. Aquestes dades es recullen a la Taula

21 amb un desfasament de dos anys respecte a la data del visat per tal d'adequar-les a la data de l'edifici acabat.

Any	Superfície d'edificis d'habitatges (m ² /edifici)			Superfície d'edificis no destinats a habitatges (m ² /edifici)			
	Total	Unifamiliars	Plurifamiliars	Total	Residencial col·lectiu	No residencial amb habitabilitat	No residencial sense habitabilitat
1990		189	2.462		1.720	1.143	768
1991		189	2.462		1.720	1.143	768
1992		189	2.462		1.720	1.143	768
1993		189	2.462		1.720	1.143	768
1994	490	197	2.252	1.170	1.935	1.299	873
1995	473	189	2.429	1.041	1.713	1.124	755
1996	450	186	2.467	1.052	1.718	1.128	758
1997	477	186	2.683	1.025	1.665	1.105	742
1998	454	186	2.479	982	1.567	1.060	713
1999	460	188	2.493	903	1.464	1.013	681
2000	455	190	2.498	1.081	1.715	1.175	790
2001	469	187	2.547	1.224	1.915	1.327	892
2002	467	187	2.614	1.400	2.840	1.514	1.074
2003	496	194	2.524	1.567	2.253	1.668	1.279
2004	516	197	2.700	1.751	2.881	1.932	1.267
2005	493	192	2.676	1.765	2.747	2.018	1.191
2006	523	200	2.571	1.690	2.902	1.894	1.228
2007	522	203	2.370	1.593	2.817	1.830	1.043
2008	659	213	2.357	1.896	3.592	2.326	1.043
2009	763	219	2.363	2.123	3.156	2.578	1.295
2010	683	234	2.548	1.802	1.994	2.120	1.151

Taula 21. Superfície mitjana per edifici d'obra nova acabat segons el tipus d'ús (1990-2010).

Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

Per a la majoria d'usos d'edificis i anys, ha estat possible calcular la superfície mitjana de cada tipus d'edifici fent una simple divisió de les dades directes procedents de l'estadística de visats – quantitat de superfície d'obra nova segons el tipus d'edifici dividit entre el nombre d'edificis d'obra nova de cada tipus.

Aquesta operació no ha estat possible realitzar-la pels diferents tipus d'edificis no residencials i residencials col·lectius acabats en el període 1994-2001. En aquest cas, la informació procedent de les estadístiques de visats mostra de forma agregada el nombre d'edificis i la superfície total construïda d'obra nova i, de forma suficientment desagregada, només la informació referent a la superfície construïda. Precisament aquesta última informació és la que realment interessa, però per homogeneïtzar-la amb el conjunt dels altres apartats també es calcula la superfície mitjana per edifici d'aquests tipus d'edificis. Per fer-ho, en primer lloc, es desfasen 2 anys i s'aplica un coeficient reductor a les superfícies que s'han de construir de les estadístiques de visats –el mateix coeficient reductor aplicat anteriorment als edificis iniciats per adequar-los als edificis acabats. Posteriorment, a partir d'aquesta informació desagregada sobre la superfície que s'acaba construït any per any per cada tipus d'edifici i a partir de la quantitat agregada d'edificis acabats, es calcula la superfície mitjana de cada tipus d'edifici. Per fer-ho, es considera que la relació que hi ha entre

les diferents superfícies mitjanes de cada tipus d'edifici és igual a la mateixa relació mitjana dels primers cinc anys dels quals es disposa de dades –període corresponent al 2000-2004 de les estadístiques dels visats de direcció d'obra.

Finalment, s'ha estimat la superfície mitjana dels edificis acabats al període 1990-1993 perquè les estadístiques dels visats de direcció d'obra no cobreixen aquest període. Com a valors d'aquest període per als diferents tipus d'edifici s'ha pres el valor mitjà del període de 5 anys posteriors als quals manquen les dades.

Un cop obtinguts aquests valors relatius a la superfície mitjana de cada tipus d'edifici, es multipliquen pel nombre total d'edificis acabats. La Taula 23 mostra els resultats de la multiplicació, és a dir, la superfície d'obra nova per als diferents usos considerats dins l'àmbit de la tesi. Per altra banda, la Taula 22 recull el nombre d'edificis acabats. Aquest era l'objecte del punt anterior, però aquí s'inclou una desagregació més acurada pel que fa als edificis no residencials i col·lectius. Aquesta desagregació ha estat possible gràcies als càlculs efectuats en el present apartat.

Any	Nombre d'edificis d'habitatges		Nombre d'edificis residencials col·lectius		Nombre d'edificis no residencials			Nombre total d'edificis (amb i sense habitabilitat)	Nombre total d'edificis amb requeriments d'habitabilitat d'obra nova acabats
	Uni-familiars	Pluri-familiars	Segons visats i certificats	Segons licitacions	Segons visats i certificats				
					Amb habitabilitat	Sense habitabilitat	Segons licitacions		
1990	47.240	12.807	313	523	3.981	1.972	1.948	68.786	66.813
1991	52.387	14.202	347	580	4.415	2.187	2.161	76.280	74.093
1992	39.125	10.607	260	630	3.297	1.634	2.406	57.959	56.325
1993	39.218	10.574	260	360	3.301	1.636	2.539	57.888	56.252
1994	40.975	11.373	162	477	3.408	1.893	1.921	60.209	58.316
1995	48.536	11.188	183	397	3.311	1.386	2.406	67.407	66.022
1996	52.775	10.973	226	505	3.113	1.324	2.241	71.157	69.832
1997	56.506	11.206	261	557	2.907	1.407	3.490	76.334	74.927
1998	57.102	11.890	424	313	2.911	1.772	3.257	77.668	75.896
1999	68.770	13.432	356	469	3.123	2.434	4.023	92.607	90.173
2000	78.573	15.739	614	855	3.563	2.497	4.731	106.571	104.075
2001	74.704	15.708	763	1.131	3.277	2.597	4.107	102.286	99.689
2002	76.761	17.396	94	684	4.758	2.092	3.871	105.656	103.563
2003	84.050	19.694	154	983	6.009	2.478	3.157	116.524	114.046
2004	90.501	20.246	144	736	5.588	2.424	3.163	122.802	120.379
2005	108.559	20.983	206	371	5.272	2.684	2.598	140.673	137.989
2006	112.005	25.438	150	636	5.093	2.634	2.547	148.505	145.870
2007	107.595	30.471	97	603	5.795	2.713	3.497	150.771	148.057
2008	103.676	29.969	72	1.009	4.994	2.660	4.084	146.464	143.804
2009	62.912	18.946	69	406	3.914	2.235	3.636	92.118	89.884
2010	34.196	11.655	68	333	3.852	1.905	2.572	54.581	52.676

Taula 22. Nombre d'edificis amb requeriments d'habitabilitat d'obra nova acabats (1990-2010), valors detallats i corregits respecte als de la Taula 18.

Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

Any	Superfície d'edificis d'habitatges (m ²)			Superfície d'edificis no destinats a habitatges (m ²)			Superfície total d'obra nova acabada d'edificis amb habitabilitat (m ²)
	Total	Unifamiliars	Pluri-familiars	Total amb habitabilitat	Residencial col·lectiu	No residencial amb habitabilitat	
1990	40.449.186	8.919.254	31.529.932	8.216.447	1.438.683	6.777.764	48.665.633
1991	44.856.376	9.891.062	34.965.313	9.111.680	1.595.436	7.516.243	53.968.055
1992	33.500.862	7.387.113	26.113.749	8.048.693	1.528.948	6.519.745	41.549.556
1993	33.437.742	7.404.638	26.033.104	7.741.436	1.065.472	6.675.964	41.179.177
1994	33.678.409	8.065.166	25.613.243	8.159.087	1.238.103	6.920.984	41.837.496
1995	36.352.532	9.180.897	27.171.635	7.417.185	993.780	6.423.404	43.769.717
1996	36.890.520	9.819.668	27.070.852	7.295.322	1.255.775	6.039.547	44.185.842
1997	40.600.510	10.536.267	30.064.243	8.427.895	1.361.474	7.066.421	49.028.405
1998	40.069.470	10.593.465	29.476.005	7.693.638	1.155.183	6.538.455	47.763.108
1999	46.420.444	12.940.272	33.480.173	8.444.234	1.207.083	7.237.151	54.864.678
2000	54.259.451	14.940.765	39.318.687	12.266.300	2.519.059	9.747.241	66.525.751
2001	53.989.886	13.987.338	40.002.548	13.423.347	3.626.482	9.796.865	67.413.233
2002	59.819.891	14.341.100	45.478.791	15.275.226	2.209.480	13.065.746	75.095.117
2003	66.027.114	16.328.123	49.698.991	17.851.687	2.562.407	15.289.280	83.878.801
2004	72.533.805	17.860.581	54.673.223	19.445.611	2.536.449	16.909.162	91.979.416
2005	76.955.835	20.796.651	56.159.184	17.466.681	1.585.134	15.881.547	94.422.516
2006	87.809.892	22.409.288	65.400.604	16.752.820	2.281.357	14.471.463	104.652.712
2007	94.008.294	21.801.033	72.207.261	18.971.624	1.971.122	17.000.502	112.979.918
2008	92.675.418	22.049.275	70.626.143	24.999.054	3.883.711	21.115.343	117.674.472
2009	58.526.145	13.750.906	44.775.239	20.962.089	1.500.799	19.461.291	79.488.235
2010	37.689.924	7.991.330	29.698.595	14.419.264	799.924	13.619.339	52.109.188

Taula 23. Superfície d'obra nova acabada segons el tipus d'ús (1990-2010).

Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

Les dades obtingudes mostren que, al llarg del període analitzat, s'han construït 1.413 milions de metres quadrats, que suposa de mitjana més de 67 milions de metres quadrats anuals. La Figura 21 mostra gràficament com ha estat l'evolució any per any per als diferents tipus d'usos, i permet identificar clarament els anys del *boom* de la construcció a Espanya. L'any 2008 –any en què es va acabar de construir més superfície d'obra nova– es van afegir al parc d'edificis tres vegades més de superfície que l'any 1993.

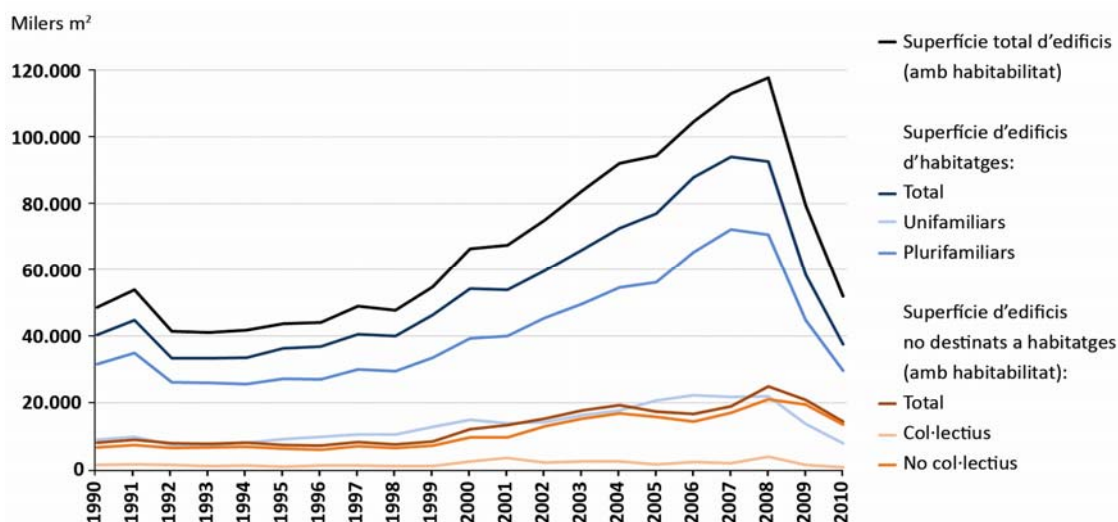


Figura 21. Evolució de la superfície construïda d'obra nova segons el tipus d'ús (1990-2010).

Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

També es pot apreciar que la tipologia d'habitatges és la predominant al llarg del període analitzat: el percentatge mínim de la superfície d'obra nova d'aquest tipus d'ús ha estat d'un 72 % respecte al total, i la mitjana del període ha estat d'un 81 % (Figura 22).

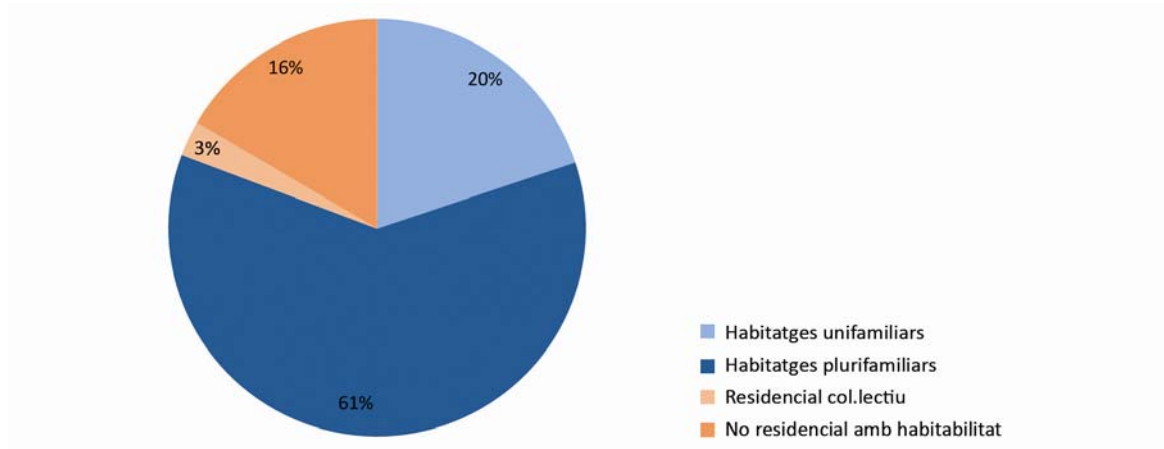


Figura 22. Distribució de la superfície construïda d'obra nova segons el tipus d'ús (1990-2010).
Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

Característiques de la superfície construïda que forma el FMI

La superfície construïda obtinguda amb la metodologia que s'ha descrit fins aquí, cal multiplicar-la pels quilograms de cada tipus de material que formen aquest metre quadrat.

La caracterització dels materials que formen una unitat de superfície d'obra nova s'extreu, tal com s'ha esmentat a l'inici de l'apartat, del document *Treballs de recerca previs per a la redacció del Llibre Blanc per a l'Etiquetatge Verd dels productes per a la construcció* (CIES). En aquest treball s'identifiquen i es quantifiquen els materials que constitueixen 148 edificis d'obra nova amb una superfície construïda de 161.487 m². El 76 % d'aquesta superfície caracteritzada correspon a edificis d'habitatge i la resta, a altres usos, incloent-hi també edificis que no entren dins l'àmbit de la tesi, com ara els industrials, que tenen una participació del 6 % respecte al total.

En el treball esmentat es dona molta informació sobre una unitat de superfície de l'edifici mitjà construït a Catalunya als anys 1998, 1999 i 2000 –entenent com a edifici mitjà l'edifici que representa de forma ponderada els diferents tipus d'usos i tipologies constructives. Ara bé, per fer els càlculs d'aquesta tesi i adequar les proporcions de cada tipus d'edifici al que realment s'ha construït en l'àmbit espanyol cada un dels anys del període que s'analitza, interessa extreure les dades parcials corresponents a la caracterització d'1 m² d'edifici d'habitatge unifamiliar, 1 m² d'edifici d'habitatge plurifamiliar i 1 m² d'edificis d'altres usos amb requeriments d'habitabilitat.

En el dos primers casos, l'extracció de les dades és directa i es considera que la fiabilitat d'aquests valors és molt alta perquè la mostra analitzada està formada per més de 120.000 m² i perquè només s'estudia un tipus d'ús d'edifici que, a més, és molt homogeni.

En canvi, les dades corresponents als altres usos tenen una fiabilitat més baixa perquè s'obtenen a partir del càlcul d'una informació extreta d'una mostra molt més reduïda que en el cas d'habitatges i que, a més, pot englobar una gran variabilitat d'usos i tipologies constructives. En aquest cas, s'ha fet una mitjana de les dades recollides en el treball del CIES referents a altres usos d'edificis que tinguessin com a finalitat l'habitabilitat. D'aquests, només hi ha informació desagregada dels usos d'hostaleria i del d'oficines, la qual cosa també disminueix la representativitat de la caracterització que s'utilitza en aquesta tesi i, per tant, la fiabilitat en aquest tipus d'edifici –que en superfície d'obra nova representa un 19 % respecte a la de tots els usos estudiats.

La identificació i quantificació de cada un dels materials que forma una unitat de superfície d'un edifici tipus d'habitatge unifamiliar, d'habitatge plurifamiliar i del destinat a altres usos es mostren a la Taula 24. En els edificis d'habitatges s'identifiquen 109 materials, que, en total, pesen 2.779 kg/m² en el cas de l'habitatge unifamiliar i 2.087 kg/m² en el cas del plurifamiliar. Per altra banda, l'edifici mitjà no destinat a habitatge pesa 2.007 kg/m² i està format per 80 materials.

S'estima que els valors –tant de la quantitat de materials com de la massa– de l'edifici no destinat a habitatges podrien ser de mitjana lleugerament superiors. Segons la informació dels redactors del treball del CIES, és possible que en les mostres reduïdes, l'eliminació d'alguna partida dels estats d'amidaments per falta de claredat o informació tingués una repercussió apreciable en el conjunt de l'ús analitzat individualment. La caracterització d'una unitat de superfície que es va elaborar en aquest treball només inclou les partides que es van poder interpretar de forma adequada en el moment d'elaborar-lo. Assumir aquest criteri implica que les dades que s'utilitzen en aquesta tesi indiquen uns valors mínims de varietat de materials i de quantitat de massa d'aquests materials que es traslladarà al càlcul del diòxid de carboni associat a aquests fluxos.

De tots els materials, a la Figura 23 es destaquen gràficament els que més massa tenen per a cada un dels tres tipus d'edifici analitzats. S'observa que només amb els 8 o 9 materials més pesants s'assoleix el 95 % de la massa dels tres tipus d'edificis, i amb 2 o 3, el 75 %. Els materials que més hi contribueixen són els granulats petris, seguits de la ceràmica i després del ciment.

Material	kg/m ² d'obra nova			Material	kg/m ² d'obra nova		
	Unifa- miliars	Plurifa- miliars	No des- tinat a habitatges		Unifa- miliars	Plurifa- miliars	No des- tinat a habitatges
ABS	0,1	0,1	0,2	Gres esmaltat	0,6	0,7	0,6
Acer	35,0	24,9	28,9	Gres extrudit	0,6	0,5	
Acer esmaltat	0,3	0,5	0,2	Gres extrudit esmaltat	1,0	0,3	
Acer galvanitzat	4,0	3,6	3,6	Gres porcellànic	1,5	1,5	0,3
Acer inoxidable	0,1	0,2	0,2	Gres premsat esmaltat	2,2	3,2	
Acer laminat	4,0	0,6	3,3	Guix	11,0	13,0	8,1
Acer pintat al forn	0,3	0,3	2,2	Llana de roca			0,7
Acer recuit	0,3	0,1	0,2	Llautó	0,1	0,1	
Additiu	3,3	3,4	9,7	Llautó cromat	0,1	0,1	
Adhesiu copolímer acrílic	0,1			Massilla acrílica			0,1
Adhesiu de cautxú sintètic	0,1		0,2	Massilla de silicona	0,4	0,4	0,4
Aigua	136,9	108,1	136,1	Mini de plom			0,6
Alumini	0,1	0,1		Morter prefabricat (MP)	142,2	45,8	145,5
Alumini anoditzat	0,3	0,7	1,0	MP alleugerit	11,0		
Alumini lacat	2,5	2,1	1,6	MP d'argila expandida	6,1		
Argila expandida	14,4	9,1	11,4	MP polit	0,7	0,4	0,3
Bentonita		0,1	2,2	MP silicocalcari	6,7		
Betum asfàltic	0,5	0,4	1,2	Neoprè	0,5	0,4	0,5
Butil	0,1		0,3	Niló	0,1		
Calç	50,0	37,0	16,5	Oxiasfalt	0,5	0,6	
Cartró-guix	0,5	0,5	2,0	Pedra natural	6,1	8,6	1,9
Cautxú sintètic	0,1			Perlita expandida		0,1	
Ceràmica	507,4	509,0	182,0	Pintura plàstica	1,2	1,7	1,1
Ceràmica alleugerida	12,3	13,9		Poliestirè	0,1	0,1	0,1
Ceràmica esmaltada	6,1	7,0	0,7	Poliestirè expandit	0,4	0,2	0,1
Ceràmica vidriada	0,1			Poliestirè extrudit	0,2	0,2	0,4
Ciment	191,7	150,0	168,5	Pols de quarç	1,2	2,6	4,2
Cola	0,6	0,6	0,2	Pols seca polivalent			0,2
Coure	0,1	0,2	0,2	Porcellana	0,6	0,6	0,5
Coure recuit	0,5	0,5	0,5	PVC	1,7	2,0	1,0
Escaiola	0,6	1,2	0,2	Resina sintètica	0,1	0,1	0,2
Escuma de poliuretà	0,2	0,2	0,1	Silicona		0,1	
Esmalt sintètic	0,1		0,8	Suro aglomerat		0,3	
Ferro colat esmaltat			0,1	Tauler partícules de fusta	0,1	0,1	0,2
Fibra de vidre	0,3	0,1		Terratzo	9,7	17,7	59,8
Fibrociment	0,1	0,4		Vidre	2,0	2,4	1,2
Formigó cel·lular prefabricat	1,4	0,3		Zinc	0,1		
Formigó prefabricat	36,9	11,6	29,9	Altres (1) (2) (3)	0,3	1,0	0,7
Fusta	14,7	10,3	5,4				
Granulats petris	1.544,0	1.085,1	1.170,5	Total	2.779,2	2.087,0	2.007,4

(1) Altres materials en habitatges unifamiliars: acer cromat (1,2,3), adhesiu de PVC, adhesiu en dissolució aquosa, bronze, coure semidur, escuma de polietilè, ferro colat esmaltat, fibra vegetal, fosa, insecticida, làtex, llana, llana de roca, massilla acrílica, massilla de poliuretà, màstic, metacrilat, mini de plom, oli sintètic, paper, perlita expandida, pintura acrílica, plom, policarbonat, polièster, polièster reforçat, polietilè, polietilè expandit, polipropilè, quitrà, resina epoxi, silicona, suro aglomerat, tauler de partícules de fusta xapat, vermiculita expandida, vernís sintètic, vidre trempat i vinil.

(2) Altres materials en edificis plurifamiliars: acer cromat, adhesiu de cautxú sintètic, adhesiu de PVC, bronze, butil, cautxú sintètic, ceràmica vidriada, coure semidur, diòxid de carboni, esmalt sintètic, ferro colat esmaltat, fibra vegetal, fosa, làtex, llana de roca, massilla acrílica, massilla de poliuretà, màstic, metacrilat, mini de plom, niló, oli sintètic, paper, plom, policarbonat, polièster, polièster reforçat, polietilè, polietilè expandit, polipropilè, pols seca polivalent, quitrà, tauler de partícules de fusta xapat, vermiculita expandida, vernís sintètic, vidre trempat i zinc.

(3) Altres materials en edificis no destinats a habitatge: acer cromat, adhesiu de PVC, alumini, bronze, cautxú sintètic, coure semidur, diòxid de carboni, fibra de vidre, fibra vegetal, fosa, làtex, llautó, llautó cromat, màstic, metacrilat, niló, oli sintètic, paper, plom, polièster reforçat, polietilè, polietilè expandit, polipropilè, silicona, vernís sintètic i vinil.

Taula 24. Caracterització dels materials constituents d'1 m² d'obra nova de diferents tipus d'edifici.

Font: elaboració pròpia amb dades del CIES.

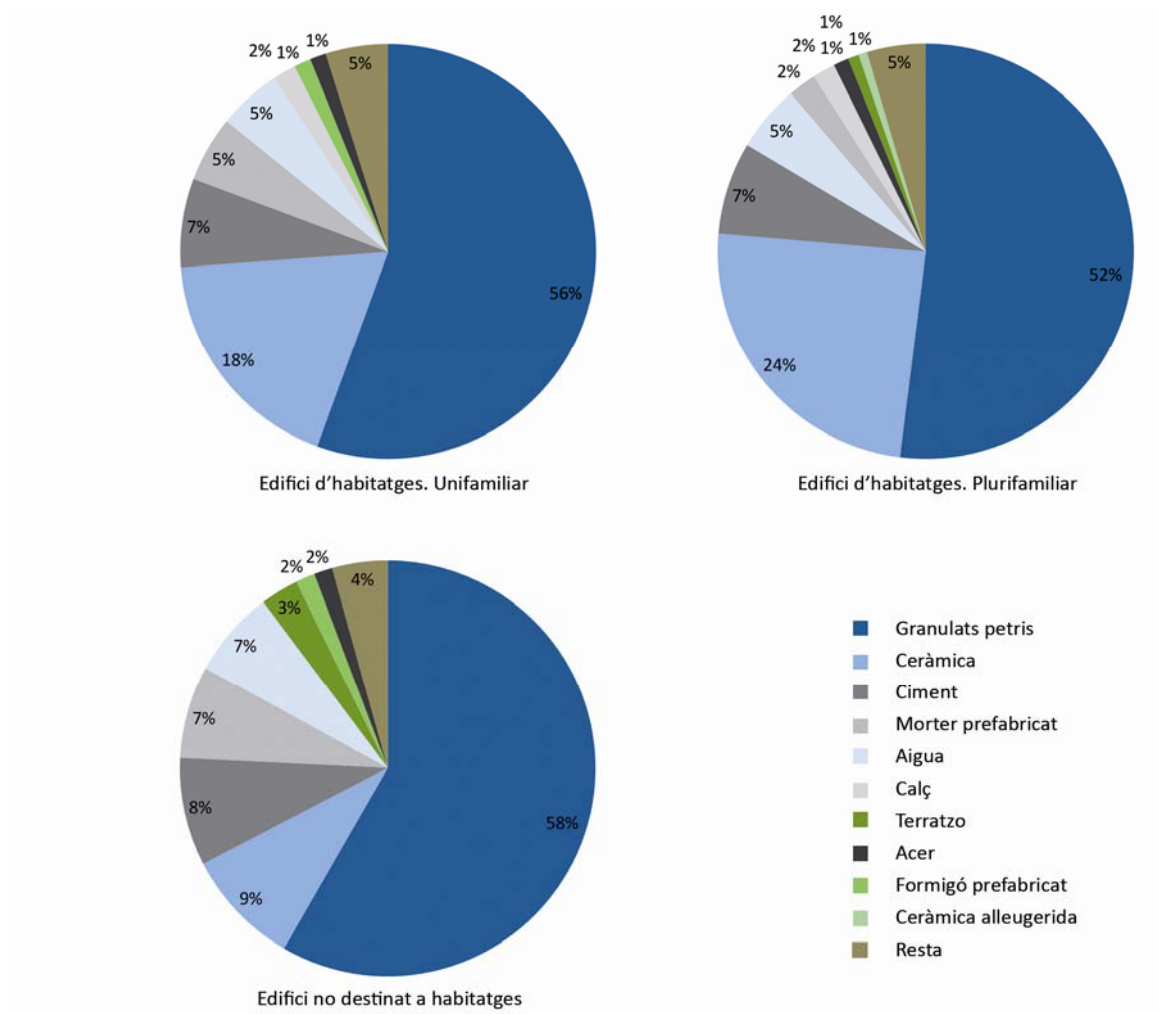


Figura 23. Distribució de la massa dels principals materials que formen 1 m² d'obra nova de diferents tipus d'edificis.

Font: elaboració pròpia amb dades del CIES.

Per acabar, per saber la quantitat, en massa, dels fluxos materials duradors que modifiquen la quantitat del fons de servei (FM1), caldria multiplicar la massa de cada un dels diferents materials que componen 1 m² tipus per la quantitat total de superfície construïda. Els resultats d'aquesta operació no es detallen perquè són proporcionals als de la superfície construïda i perquè es considera que desagregats es reconeixen més fàcilment. De totes maneres, s'aporta la informació agregada de la massa total que forma el FM1 del sector de l'edificació: durant el període 1990-2010 va ser de 149 milions de tones anuals de mitjana, de les quals 91 van ser de granulats petris i ciment.

3.4.2 FM2: fluxos materials duradors que modifiquen les característiques del fons de servei

DADES IDEALS

Quantitat de massa de cada tipus de material que modifica²² anualment el parc, en funció de la procedència i els processos de transformació soferts prèviament.

DADES ADOPTADES

Nombre d'edificis ampliat segons el tipus d'ús de l'edifici per al període 1990-2010.

Superfície ampliada segons el tipus d'ús de l'edifici per al període 1990-2010.

Característiques de la superfície ampliada.

JUSTIFICACIÓ DE LA INFORMACIÓ ADOPTADA

Igual que en el cas anterior, les fonts disponibles a Espanya no disposen d'una dada directa que indiqui la quantitat de massa de cada tipus de material que modifica el fons de servei o, dit d'una altra manera, que indiqui la quantitat i tipus de materials utilitzats en les reformes del parc existent. Cal recordar que s'entén *reformes* en el sentit de canviar les condicions materials existents i no simplement mantenir o reposar els materials desgastats, els quals formen part del grup FM3.

Per obtenir aquesta informació s'utilitzen les mateixes fonts que en el cas anterior: per a la superfície construïda, les estadístiques del Ministeri de Foment, i per identificar i quantificar els materials que intervenen en aquestes reformes, les dades del CIES.

La utilització d'aquestes fonts comporta dos problemes. El primer és que la informació és més reduïda i menys detallada que en el cas de l'obra nova i, el segon, que la informació està agregada de forma inadequada a la classificació que es proposa en aquesta tesi. El primer problema comporta fer una sèrie d'estimacions que es tradueixen en una pèrdua de fiabilitat dels càlculs, pèrdua de la qual, a més, no se'n pot valorar la magnitud. El segon problema, el de l'agregació, no implica una disminució de la fiabilitat global però sí en la consideració de forma individualitzada dels fluxos materials dels grups FM2 i FM3

La raó per la qual l'agrupació que consta a l'estadística de visats de direcció d'obra no s'ajusta a la classificació proposada en aquesta tesi és perquè divideix les obres que es visen en ampliacions,

²² Els fluxos de sortida, tal com s'ha explicat a l'apartat anterior no es valoren en aquest treball.

per una banda, i en reformes i/o restauracions, per l'altra. Els fluxos materials associats a les ampliacions formen part clarament del grup FM2, però els associats a les reformes i/o restauracions tant poden formar part d'aquest grup com del FM3. Amb la informació disponible no és possible saber quants edificis o metres quadrats intervinguts ho són amb la finalitat, per exemple, de millorar l'aïllament de la pell o d'afegir-hi un ascensor –que pertanyerien al grup FM2–, o, en canvi, ho són amb la finalitat de restaurar una façana o reparar una coberta amb goteres –que pertanyerien al grup FM3.

Com a conseqüència d'aquesta agregació i de la impossibilitat de discriminar la informació sense errors, s'opta per simplificar i aclarir l'organització dels càlculs a realitzar: en aquest apartat només es comptabilitzen les obres d'ampliació i en el següent, com a integrants del grup FM3, les reformes i/o restauracions.

D'aquesta manera, a l'hora d'interpretar els resultats parcials de FM2 i FM3 caldrà tenir en compte que els primers no ho comptabilitzen tot, i que els segons comptabilitzen una part de fluxos que no els correspon. També cal tenir en compte que el resultat agregat serà el correcte.

METODOLOGIA PER OBTENIR LA INFORMACIÓ ADOPTADA

Dels resultats que es calculen en aquest apartat no se'n valida la fiabilitat, ja que el procés general és el mateix que s'ha utilitzat en el cas de l'obra nova. Precisament per aquest motiu, a continuació s'exposa resumidament el procediment destacant només les parts que difereixen de la metodologia plantejada en el punt anterior.

Nombre d'edificis ampliat

La informació sobre edificis ampliat apareix a l'estadística dels visats de direcció d'obra – desagregada en edificis destinats a habitatges i destinats a altres usos– però no a les dades procedents dels certificats de final d'obra de forma que es pugin identificar, ja que la informació dels certificats agrega en un únic nombre la quantitat d'edificis d'obra nova, ampliat i reformats i/o restaurats. Per tant, tal com s'ha fet anteriorment, es considera que la proporció entre els diferents tipus d'obra es manté entre el començament i el final d'obra i, conseqüentment, s'aplica el mateix coeficient reductor a les dades de visats amb el desfasament de dos anys corresponents a la durada de l'obra.

Per calcular el nombre d'edificis ampliat també es té en compte la informació procedent de l'estadística de licitació oficial en construcció suposant que la proporció entre els diferents tipus d'obra que es licita és la mateixa que en els visats de direcció d'obra.

A diferència del cas anterior, els valors referents a edificis no destinats a habitatge es publiquen agregats, la qual cosa no permet distingir els edificis que no pertanyen a l'àmbit de la tesi per no tenir com a finalitat principal donar habitabilitat a les persones. Per poder-los restar s'ha suposat que la proporció d'edificis sense requeriments d'habitabilitat –industrials, ramaders i agrícoles– i el total d'edificis no destinats a habitatge de les ampliacions és la mateixa que en l'obra nova.

La Taula 25 mostra el nombre total d'edificis ampliat a l'Estat espanyol al llarg del període estudiat, distingint entre els diferents tipus d'usos dels edificis. Els resultats mostren que en l'interval de temps considerat es van ampliar de mitjana anual 6.400 edificis, que suposa un valor un 93 % inferior a la mitjana d'edificis d'obra nova acabats. L'evolució de la quantitat d'edificis afectats per aquest tipus d'obra ha estat irregular al llarg del temps, tal com es pot veure a la Figura 24.

Any	Nombre d'edificis d'habitatges	Nombre d'edificis no destinats a habitatges				Edificis amb requeriments d'habitabilitat	Nombre total d'edificis amb requeriments d'habitabilitat ampliat acabats
		Segons visats i certificats		Segons licitacions			
		Total	Ús agrari, ramader i industrial	Total			
1990	4.988	2.177	1.561	517	616	1.659	6.648
1991	5.532	2.414	1.731	573	683	1.840	7.372
1992	4.131	2.049	1.293	428	756	1.621	5.752
1993	4.136	2.016	1.294	429	722	1.588	5.724
1994	4.349	1.958	1.361	486	597	1.472	5.821
1995	4.475	2.075	1.318	389	757	1.686	6.161
1996	4.221	1.949	1.226	366	722	1.582	5.804
1997	3.898	2.079	1.103	360	976	1.719	5.617
1998	4.559	1.964	1.156	437	808	1.527	6.086
1999	5.273	2.482	1.410	618	1.071	1.864	7.137
2000	5.093	2.485	1.353	557	1.132	1.928	7.021
2001	5.037	2.312	1.292	571	1.020	1.741	6.778
2002	5.111	2.362	1.426	436	936	1.926	7.037
2003	5.850	3.806	2.573	751	1.233	3.055	8.905
2004	4.352	3.570	2.415	731	1.155	2.839	7.191
2005	4.498	2.180	1.599	539	582	1.641	6.139
2006	5.181	1.847	1.316	449	532	1.399	6.580
2007	5.050	2.037	1.380	440	657	1.597	6.647
2008	5.148	1.606	968	336	638	1.269	6.417
2009	3.913	1.306	792	288	515	1.019	4.931
2010	3.606	1.317	879	291	438	1.026	4.632

Taula 25. Nombre d'edificis ampliat acabats (1990-2010).

Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

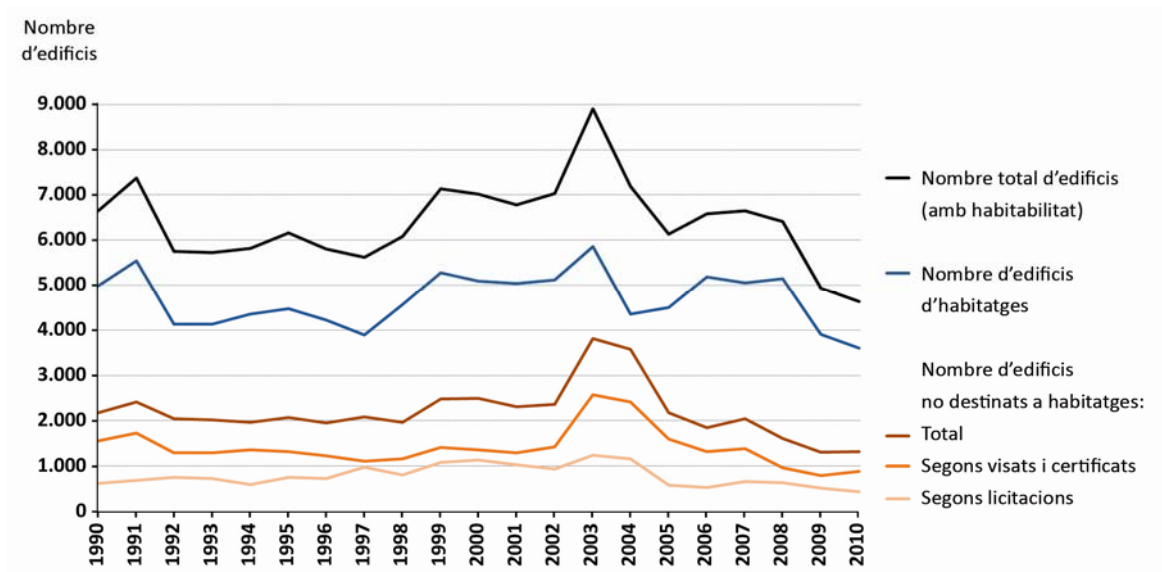


Figura 24. Evolució del nombre d'edificis ampliatos (1990-2010).
Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

Superfície construïda ampliada

Multiplicant el nombre d'edificis ampliatos acabats per la superfície mitjana d'ampliació per edifici s'obté el total de superfície construïda ampliada. Com en el cas de l'obra nova, la superfície a ampliar per edifici es calcula a partir de l'estadística de visats de direcció d'obra, en què es quantifiquen el nombre d'edificis a ampliar i la superfície d'aquest tipus d'obra. La diferència que es dona amb el cas d'obra nova és que no es disposa d'una desagregació pels diferents tipus d'edificis destinats a habitatges ni pels diferents tipus d'edificis destinats a altres usos. Aquest fet, en el cas dels edificis d'habitatges, només suposa una pèrdua de detall, però en el cas dels altres tipus d'edifici pot suposar, a més, una petita disminució de la fiabilitat perquè s'aplica la mateixa superfície per edifici en els edificis que tenen com a finalitat donar habitabilitat –i que queden dins de l'àmbit de la tesi– i als que no i que, per tant, s'exclouen.

Les superfícies a ampliar que finalment es consideren són les de la Taula 26 (representades gràficament a la Figura 25). La superfície ampliada, considerant la de tots els usos, al llarg del període estudiat va ser d'1,5 milions de metres quadrats, valor que només representa un 2,3% de la superfície d'obra nova construïda durant el mateix interval de temps. D'aquesta superfície, i contràriament al cas anterior, la que més contribueix a aquest total és la dels edificis que no es destinen a habitatge.

Any	Característiques de les obres d'ampliació acabades (m ² /edifici)		Superfície construïda en obres d'ampliació (m ²)		
	En edificis destinats a habitatges	En edificis no destinats a habitatges	En edificis destinats a habitatges	En edificis no destinats a habitatges (amb habitabilitat)	Total en edificis amb habitabilitat
1990	121	474	605.897	786.158	1.392.055
1991	121	474	671.913	871.815	1.543.728
1992	121	474	501.817	767.821	1.269.638
1993	121	474	502.423	752.130	1.254.552
1994	131	444	569.086	652.987	1.222.073
1995	119	459	532.652	773.334	1.305.985
1996	121	491	509.800	776.441	1.286.241
1997	116	512	451.301	879.999	1.331.301
1998	121	464	551.180	708.319	1.259.499
1999	121	524	640.374	976.697	1.617.072
2000	134	559	683.820	1.077.510	1.761.330
2001	139	521	701.102	907.739	1.608.840
2002	143	566	733.347	1.090.558	1.823.905
2003	128	448	746.086	1.369.656	2.115.741
2004	137	451	594.371	1.279.181	1.873.552
2005	137	735	616.345	1.206.628	1.822.972
2006	142	633	735.500	885.503	1.621.004
2007	149	627	754.158	1.000.376	1.754.534
2008	145	745	747.312	946.142	1.693.454
2009	144	810	563.032	825.273	1.388.305
2010	141	785	510.044	806.048	1.316.093

Taula 26. Superfície construïda en obres d'ampliació acabades (1990-2010).

Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

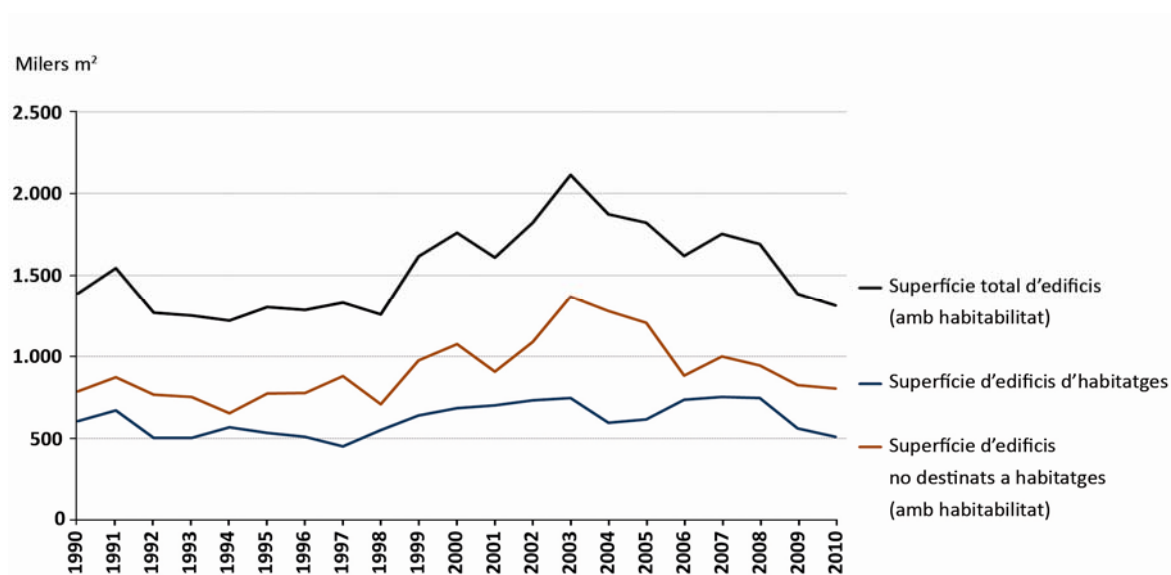


Figura 25. Evolució de la superfície construïda en obres d'ampliació acabades (1990-2010).

Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

Característiques de la superfície construïda que forma el FM2

Les característiques de les superfícies que s'amplien no es poden deduir de les fonts d'informació disponibles. Ara bé, tenint en compte que la quantitat d'aquest flux no és molt representativa en

relació amb l'obra nova, s'opta per fer una estimació que consisteix a suposar que tota la superfície ampliada té les mateixes característiques que les dels edificis d'obra nova (que s'ha descrit al punt anterior).

Probablement, aquesta estimació és molt apropiada per als edificis que s'amplien horitzontalment, i no gaire adequada per als que s'amplien verticalment. D'aquests darrers no és possible deduir de forma mínimament acurada quins són els materials que els formen ni amb quina quantitat, però es pot afirmar que s'allunyen del tipus de materials que caracteritzen una unitat de superfície d'obra nova de construcció convencional. A tall d'exemple, 1 m² ampliat verticalment no té la repercussió dels fonaments ni de les plantes soterrades, que determinen molt clarament el pes de l'obra nova convencional.

Atès que, a part de no saber com és una unitat de superfície ampliada verticalment, tampoc no es pot estimar de forma acurada quina és la proporció d'aquest tipus d'ampliacions en relació amb les horitzontals, no es valora la fiabilitat d'aquestes dades.

Finalment, igual que en el cas del grup FM1 i seguint el mateix procediment, també es dona el resultat agregat de la massa dels fluxos materials duradors que modifiquen les característiques del fons de servei: de mitjana anual durant el període 1990-2010 va ser de 3,2 milions de tones, que representen només un 2,2 % respecte al flux del grup FM1.

3.4.3 FM3: fluxos materials duradors que mantenen les característiques inicials del fons de servei

DADES IDEALS

Quantitat de massa de cada tipus de material que manté anualment el parc, en funció de la procedència i els processos de transformació soferts prèviament.

DADES ADOPTADES

Nombre d'edificis reformats i/o restaurats²³ segons el tipus d'ús de l'edifici per al període 1990-2010.

²³ Nom utilitzat a l'estadística de visats de direcció d'obra, d'on s'extreuen les dades. En aquest punt, però, només s'haurien de considerar intervencions de restauració i/o manteniment.

Superfície rehabilitada²⁴ en edificis reformats i/o restaurats per al període 1990-2010.

Característiques de la superfície rehabilitada.

JUSTIFICACIÓ DE LA INFORMACIÓ ADOPTADA

La justificació de la informació que s'adopta en aquest apartat s'ha detallat a l'apartat anterior sobre fluxos materials duradors que modifiquen les característiques del fons de servei (FM2). Per la impossibilitat de distingir, a partir de la informació disponible, quines de les obres anomenades de *reforma i/o restauració* a l'estadística de visats de direcció d'obra pertanyen al grup FM2 o FM3, s'ha optat per considerar-les totes en aquest apartat.

Addicionalment a aquest tipus d'obra també caldria incloure, tot i que no es realitza el càlcul, les obres de manteniment que es fan sense la intervenció oficial d'un tècnic –perquè no és necessari– i que, per tant, no consten al grup d'estadístiques principals utilitzades en aquesta tesi. Una forma d'estimar-les podria ser determinant els tipus i les quantitats de materials necessaris per al manteniment d'un edifici a partir dels criteris establerts en les fitxes tècniques de manteniment de l'Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya, tal com es du a terme a la tesi *La sostenibilidad en la arquitectura industrializada* (Wadel 2010), i aplicar aquests valors a la totalitat del parc d'edificis. No obstant això, es prefereix no comptar aquests fluxos de materials perquè la metodologia alternativa no s'adiu amb els criteris de comptabilització dels altres fluxos materials duradors calculats fins al moment. Cal recordar que a causa de les diferències dels valors entre les fonts originals d'informació (estadístiques de visats i certificats), s'ha decidit comptabilitzar la part del flux que es podia assegurar que havia existit (la que prové dels certificats de final d'obra) i desestimar la que podia ser dubtosa. Aquest criteri serveix per afirmar que les emissions de GEH que es calculen en el capítol següent són les mínimes que es poden associar als fluxos estudiats. Quantificar els fluxos materials associats al manteniment de l'edifici a partir d'un manteniment hipotètic no és coherent amb els criteris exposats, i és precisament per aquest motiu que no es consideren.

Per acabar, cal dir que, a diferència de la quantificació dels altres fluxos materials duradors, en aquest cas és molt difícil identificar una unitat de superfície representativa, ja que les intervencions en aquest tipus d'obra poden ser molt variades pel que fa a quantitat i tipus de materials utilitzats i també en la manera com els tècnics defineixen quin és el metre quadrat d'intervenció. És segurament per aquesta raó que les estadístiques de visats no incorporen informació referent als metres quadrats reformats i/o restaurats. De totes maneres, per poder quantificar d'alguna manera

²⁴ Nom utilitzat al treball del CIES, d'on s'extreuen les dades de la superfície rehabilitada i de les seves característiques. Les dades idònies serien de restauració i/o manteniment.

aquest flux, es prenen les característiques materials del metre quadrat definit pel CIES i es calcula una relació –segons la metodologia descrita en el punt següent– entre quantitat de metres quadrats rehabilitats i edificis intervinguts per a aquest tipus d'obra.

METODOLOGIA PER OBTENIR LA INFORMACIÓ ADOPTADA

El procés per obtenir les dades també consta, com en els casos anteriors, del càlcul del nombre d'edificis, de la quantificació dels metres quadrats corresponents a aquests edificis i, finalment, de la caracterització material d'una unitat de superfície.

Nombre d'edificis reformats i/o restaurats

La quantitat d'edificis reformats i/o restaurats procedeix de la mateixa font i s'obté exactament amb la mateixa metodologia que la del nombre d'edificis ampliat. Per tant, es mostren directament, a la Taula 27 i a la Figura 26, els resultats obtinguts.

Any	Nombre d'edificis d'habitatges	Nombre d'edificis no destinats a habitatges				Edificis amb requeriments d'habilitat	Nombre total d'edificis amb requeriments d'habilitat reformats i/o restaurats acabats
		Segons visats i certificats		Segons licitacions			
		Total	Total	Ús agrari, ramader i industrial	Total		
1990	4.835	3.182	2.282	756	900	2426	7.261
1991	5.361	3.529	2.531	838	998	2690	8.052
1992	4.004	2.996	1.890	626	1.106	2369	6.374
1993	4.009	2.948	1.892	627	1.056	2321	6.330
1994	4.215	2.863	1.989	710	873	2152	6.367
1995	5.102	3.159	2.007	592	1.153	2567	7.669
1996	5.241	3.024	1.903	568	1.121	2456	7.697
1997	5.330	2.339	1.241	405	1.098	1934	7.264
1998	6.024	2.801	1.649	624	1.152	2177	8.201
1999	7.591	2.790	1.585	694	1.205	2096	9.686
2000	7.772	3.617	1.969	811	1.648	2806	10.578
2001	8.322	4.111	2.298	1.016	1.813	3095	11.417
2002	11.230	4.134	2.496	762	1.638	3371	14.601
2003	13.661	6.306	4.263	1.245	2.043	5061	18.722
2004	13.984	7.414	5.015	1.517	2.398	5896	19.880
2005	13.877	7.216	5.291	1.785	1.925	5431	19.307
2006	15.461	7.675	5.466	1.863	2.209	5812	21.273
2007	16.150	9.425	6.384	2.036	3.041	7389	23.539
2008	17.297	7.747	4.669	1.623	3.078	6124	23.421
2009	17.046	8.048	4.878	1.773	3.170	6276	23.322
2010	20.013	8.048	5.370	1.777	2.678	6271	26.285

Taula 27. Nombre d'edificis reformats i/o restaurats acabats (1990-2010).

Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

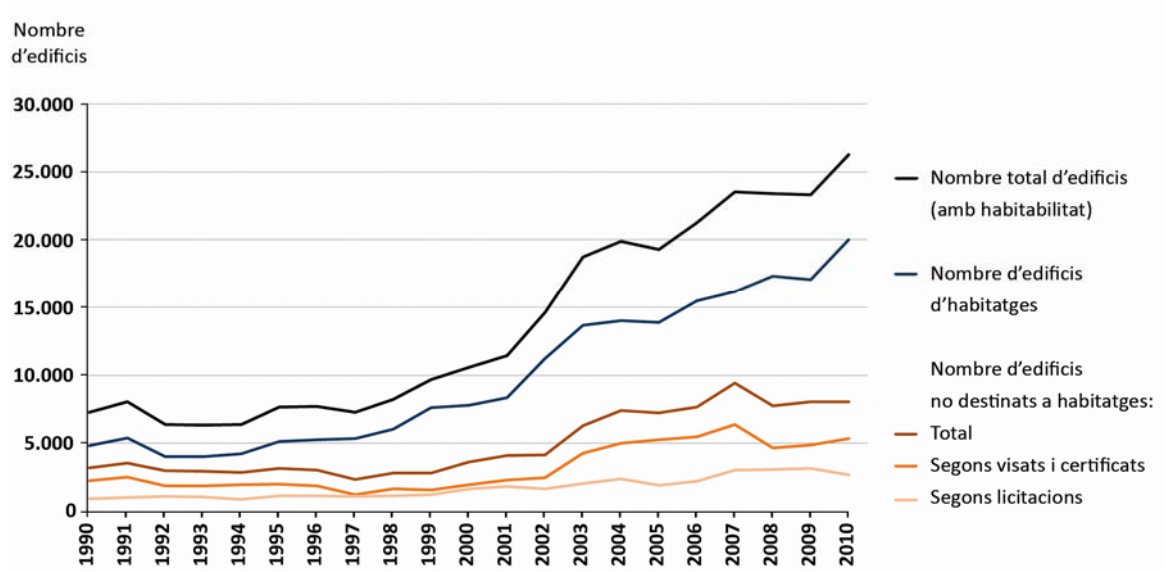


Figura 26. Evolució del nombre d'edificis reformats i/o restaurats (1990-2010).

Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

Es destaca que, al llarg del període estudiat, hi va haver un augment constant i considerable del nombre d'edificis reformats i/o restaurats en tots els usos considerats dins l'àmbit de la tesi. Concretament, entre l'any 1993 i el 2010 el nombre total d'edificis intervinguts es van quadruplicar, passant de 6.330 a 26.285. S'observa també que el nombre d'edificis d'habitatges reformats i/o restaurats és més elevat que els dels altres usos, representant, al llarg dels 21 anys analitzats, un 72 % de mitjana respecte al total.

En relació amb els altres fluxos estudiats, la quantitat d'edificis reformats i/o restaurats representa, de mitjana anual, un 15 % respecte als edificis d'obra nova i un 214% respecte a la quantitat d'edificis ampliat.

Superfície reformada i/o restaurada

La superfície de les reformes i/o restauracions no apareix a l'estadística de visats de direcció d'obra. Aquest valor s'estima a través d'un procediment que es pot considerar només una aproximació, però que ha de permetre caracteritzar els materials i poder associar una quantitat de diòxid de carboni a uns fluxos materials que, tot i que en relació amb la suma dels anteriors no representen un valor determinant, tampoc no es tracta d'una quantitat menyspreable.

La superfície mitjana que es pot assignar al nombre d'edificis reformats i/o restaurats s'extreu del document *Treballs de recerca previs per a la redacció del Llibre Blanc per a l'Etiquetatge Verd dels productes per a la construcció* (CIES). En aquest document consta la superfície de 35.757 encàrrecs de rehabilitació visats a les diferents demarcacions del Col·legi d'Arquitectes de Catalunya (COAC) els anys 1998, 1999 i 2000. Amb aquestes dades es calcula la superfície

mitjana d'aquest tipus d'obra per encàrrec –que correspon a 254 m²/encàrrec– i a partir de l'estadística de visats de direcció d'obra es calcula per a cada any el nombre d'edificis per encàrrec de reforma i/o restauració –estimant per als anys anteriors a l'inici de l'estadística un valor mitjà dels primers anys disponibles. Considerant que les dades procedents dels visats s'apliquen sobre edificis acabats al cap de dos anys i considerant també que la superfície mitjana per encàrrec fos la mateixa al llarg de tot el període, s'obté la superfície per a cada edifici intervingut. Aquest valor multiplicat pel nombre d'edificis dóna com a resultat la quantitat de superfície reformada i/o ampliada que es considerarà en el proper capítol per calcular les emissions de diòxid de carboni. Els valors principals utilitzats en aquest procés es resumeixen a la Taula 28.

Any	Característiques de les obres de reforma i/o restauració				Superfície reformada i/o restaurada acabada en edificis amb requeriments d'habitabilitat (m ²)
	Nombre d'encàrrecs (segons visats)	Nombre d'edificis (segons visats)	Edificis/encàrrec (segons visats desfasats 2 anys)	m ² rehabilitats / encàrrec (segons CIES)	
1990			1,11	254	1.662.201
1991			1,11	254	1.843.308
1992	8.462	9.178	1,11	254	1.459.119
1993	8.628	9.150	1,11	254	1.449.141
1994	9.745	10.958	1,08	254	1.489.693
1995	8.959	10.233	1,06	254	1.835.175
1996	9.932	11.230	1,12	254	1.736.956
1997	11.835	13.242	1,14	254	1.613.863
1998	13.904	15.999	1,13	254	1.840.693
1999	18.944	21.274	1,12	254	2.196.900
2000	23.240	27.258	1,15	254	2.332.844
2001	25.952	28.766	1,12	254	2.579.994
2002	24.977	28.574	1,17	254	3.159.208
2003	26.793	30.888	1,11	254	4.286.307
2004	29.335	32.925	1,14	254	4.409.916
2005	33.183	37.046	1,15	254	4.250.063
2006	32.051	34.456	1,12	254	4.809.732
2007	35.610	36.302	1,12	254	5.350.553
2008	34.679	36.423	1,08	254	5.528.652
2009	36.947	40.758	1,02	254	5.805.481
2010	39.653	40.448	1,05	254	6.350.841

Taula 28. Superfície reformada i/o restaurada acabada (1990-2010).

Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

Característiques de la superfície construïda que forma el FM3

La caracterització d'una unitat de superfície dels fluxos materials duradors que mantenen les característiques inicials del fons de servei (FM3) s'extreu, com en el cas del grup FM1, del treball del CIES. D'aquesta font d'informació s'utilitzen les dades que identifiquen i quantifiquen 1 m² d'obres de rehabilitació.

En aquest cas, les dades són molt menys representatives que en els anteriors perquè s'elaboren a partir d'una mostra bastant reduïda i perquè, a més, els treballs que engloba aquest tipus d'obra són molt heterogenis. Per aquest motiu s'utilitzen directament les dades elaborades pel treball del CIES, que recull tots els diferents tipus d'usos d'edificis rehabilitats sense segregar-los. Les dades que se n'extreuen, que són les que s'utilitzaran per calcular les emissions de gasos d'efecte hivernacle d'aquest flux, són les que es mostren a la Taula 29. Com es pot observar, el pes mitjà d'aquest tipus d'obra és de 661 kg/m², valor entre un 67 % i 76 % inferior al de l'obra nova.

Material	kg/m ² de rehabilitació	Material	kg/m ² de rehabilitació
ABS	0,1	Granulats petris	329,5
Acer	8,7	Gres esmaltat	0,5
Acer esmaltat	0,2	Gres extrudit	0,8
Acer galvanitzat	3,4	Gres extrudit esmaltat	0,3
Acer inox	0,1	Gres porcellànic	0,7
Acer laminat	10,6	Gres premsat esmaltat	1,4
Acer pintat al forn	0,4	Guix	6,5
Acer prelacat	0,4	Llana de roca	0,3
Additiu	1,6	Massilla acrílica	0,2
Aigua	33,1	Massilla de silicona	0,4
Alumini	0,1	Morter prefabricat	37,3
Alumini anoditzat	0,9	Morter prefabricat allugerit	0,1
Alumini lacat	1,7	Morter prefabricat d'argila expandida	14
Argila expandida	2,2	Morter prefabricat polit	0,1
Betum asfàltic	0,3	Neoprè	0,5
Calç	10,2	Oxiasfalt	0,3
Cartró-guix	3	Pedra natural	4,8
Cautxú sintètic	0,1	Pintura acrílica	0,8
Ceràmica	109,1	Poliestirè	0,1
Ceràmica esmaltada	5,5	Poliestirè expandit	0,1
Ciment	44	Pols de quarç	0,5
Cola	0,5	Pols seca polivalent	0,1
Coure	0,1	Porcellana	0,5
Coure recuit	0,3	PVC	0,9
Escaiola	0,9	Resina sintètica	0,1
Escuma alveolar	0,1	Tauler de partícules de fusta	0,1
Fibra de vidre	0,3	Terratzo	3,9
Fibrociment	0,1	Vidre	2,4
Formigó prefabricat	11	Altres*	0,5
Fusta	4,6	Total	661,3

*Acer cromat, acer recuit, adhesiu copolímer acrílic, adhesiu de cautxú sintètic, adhesiu de PVC, adhesiu en dissolució aquosa, bronze, butil, ceràmica vidriada, coure semidur, diòxid de carboni, escuma de poliuretà, esmalt sintètic, fibra vegetal, formigó cel·lular prefabricat, fosa, làtex, llautó, llautó cromat, massilla de poliuretà, màstic, metacrilat, mini de plom, niló, oli sintètic, paper, perlita expandida, plom, policarbonat, polièster, polièster reforçat, poliestirè extruït, polietilè, polietilè expandit, polipropilè, quitrà, silicona, tauler de partícules de fusta xapat, vermiculita expandida, vernís sintètic, vinil i zinc.

Taula 29. Caracterització dels materials constituents d'1 m² d'obra de rehabilitació.
Font: CIES.

La Figura 27 mostra que la distribució en pes per unitat de superfície d'aquest tipus d'obra és més variada que en l'obra nova. En aquest cas, els 9 materials més pesants representen el 90 % de la massa de la unitat de superfície tipus, en lloc del 95 % del cas de l'obra nova. Malgrat aquesta lleugera diferència, els granulats petris continuen sent els que més contribueixen al pes de la rehabilitació, amb un 50 %, seguits de la ceràmica i el ciment.

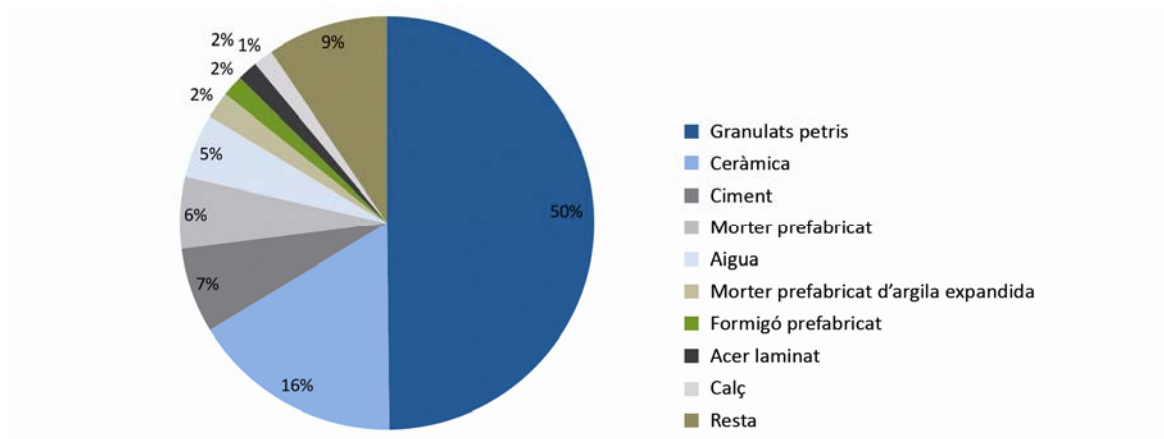


Figura 27. Distribució de la massa dels principals materials que formen 1 m² d'obra de rehabilitació.
Font: elaboració pròpia amb dades de CIES.

En total, la massa que es pot atribuir a aquest flux durant el període d'anàlisi és de 2,1 milions de tones de mitjana anual, que equival a un 1,4 % de la massa conjunta dels dos primers fluxos (FM1 i FM2) durant el mateix període.

3.4.4 FM4 i FM5: fluxos materials no duradors associats a les condicions ambientals i associats als serveis.

DADES IDEALS

FM4: quantitat de massa o volum de cada tipus de material que s'utilitza per modificar les condicions ambientals del fons de servei.

FM5: quantitat de massa o volum²⁵ de cada tipus de material utilitzat per aportar els serveis necessaris a l'habitabilitat.

DADES ADOPTADES

Energia consumida associada a les condicions ambientals segons el tipus d'ús de l'edifici, per al període 1990-2009.

Energia consumida associada als serveis segons el tipus d'ús de l'edifici, per al període 1990-2009.

Característiques del suport material associat a la quantitat d'energia consumida.

²⁵ Tal com s'ha dit en l'apartat 3.3.2, el flux de l'aigua, que pertany al grup FM5, s'exclou dels càlculs de la tesi.

JUSTIFICACIÓ DE LA INFORMACIÓ ADOPTADA

Les dades relacionades amb l'energia del sector de l'edificació estudiat apareixen a diverses fonts d'informació. Ara bé, no estan estructurades d'una manera coherent amb la classificació que planteja la tesi.

Per a cada any del període analitzat es pot trobar l'energia que consumeix el sector residencial, la que consumeix el sector de serveis i, d'algunes de les fonts, la distribució entre els diferents tipus d'energia que formen aquest consum. En canvi, la informació desagregada dels fluxos materials en funció de si es destinen a modificar les condicions ambientals o a aportar serveis, només existeix de forma puntual per a alguns dels anys.

És per aquest motiu, que per no perdre fiabilitat en les dades dels càlculs s'opta per treballar amb les dades agregades dels fluxos materials no duradors (FM4 i FM5) i no separar-los fins als càlculs finals.

Per altra banda, cal dir que l'Estat espanyol té l'obligació d'elaborar un inventari d'emissions de GEH. En aquest inventari, una part de les emissions associades als fluxos FM4 i FM5 de l'edificació queden comptabilitzades de forma directa i són fàcilment identificables. Es tracta de les emissions de GEH que s'emeten per la combustió directa que es produeix físicament en els edificis. Per tant, els fluxos materials utilitzats per a la combustió no es caracteritzen en aquest apartat, sinó que es quantifica directament el flux de diòxid de carboni en el capítol següent. En canvi, els fluxos materials no duradors associats a l'electricitat que es consumeix als edificis no estan desagregats en l'inventari i, per tant, és necessari quantificar el flux d'electricitat per poder-li aplicar posteriorment un factor de conversió a GEH.

Aquesta diferent disponibilitat de les dades obliga a distingir l'energia elèctrica que es consumeix als edificis de la que no és elèctrica per poder aplicar una metodologia adequada a cada cas.

METODOLOGIA PER OBTENIR LA INFORMACIÓ ADOPTADA

La informació de l'energia que consumeix el sector de l'edificació prové de l'Eurostat. D'aquesta font s'extreuen les dades referents a consum d'energia final per als sectors anomenats *residential* i *services*, amb els codis de les estadístiques de l'Eurostat 102010 i 102035, respectivament.

Els usos que pertanyen al sector residencial, segons la definició de l'Eurostat²⁶, inclouen només els consums de les llars. Per ser rigorosos amb aquesta definició, en aquesta tesi s'anomena *sector*

²⁶ Codi 102010: "Final energy consumption-households covers quantities consumed by households" (Eurostat).

domèstic al que a l'Eurostat s'anomena *sector residencial*. Així, a més, coincideix amb les agrupacions que s'han fet en apartats anteriors i amb les que es faran en els propers apartats, en què els edificis residencials col·lectius es distingeixen dels edificis d'habitatges.

Per altra banda, el sector serveis²⁷ inclou una gran varietat d'usos. Pràcticament tots coincideixen amb els usos dels edificis que no són d'habitatges però que tenen requeriments d'habitabilitat. Segons la definició detallada dels usos que formen part del sector serveis –d'acord amb la classificació ISIC²⁸– (Eurostat 2003), són molt poques les activitats que no es corresponen exactament amb les de l'àmbit de la tesi. Són les relacionades amb el tractament i abastiment d'aigua i possiblement algun tipus de taller, local de venda a l'engròs o magatzem que no tenen com a finalitat principal donar habitabilitat a les persones. Com que és difícil segregar aquests usos amb un grau raonable de fiabilitat, s'inclouen en el càlcul, tal com s'ha fet amb els magatzems en el càlcul realitzat anteriorment referent als fluxos materials duradors. En aquest cas, a la tesi s'anomena al conjunt d'edificis que acullen aquestes activitats, indistintament, *sector serveis* o *sector no domèstic amb requeriments d'habitabilitat*.

Tenint en compte aquestes consideracions, els consums globals que es prenen per als grups FM4 i FM5 es mostren, any per any, a la Taula 30. Es distingeix entre l'ús de l'edifici –domèstic i de serveis– i segons el tipus d'energia consumida –elèctrica i no elèctrica. Tal com s'ha explicat anteriorment, no es distingeixen els diversos suports materials de l'energia no elèctrica perquè es tracta d'una informació que no és necessària per calcular les emissions de GEH. Aquest informació es pot obtenir directament d'inventaris que es publiquen regularment i que són els que s'utilitzen en el proper capítol.

L'evolució dels valors parcials s'observen gràficament a la Figura 28. S'observa que en pràcticament tots els casos, els valors van tenir un creixement sostingut des de l'any 1990 fins als anys 2003-2006, que entre el 2006 i el 2008 es registren els valors màxims i que l'últim any disponible, el 2009, mostra un valor inferior al de l'any anterior. Tenint en compte que només hi ha dades d'un any amb valors inferiors a l'anterior, no es pot afirmar amb seguretat si es tracta de l'inici d'una tendència decreixent, impulsada principalment per les mesures d'estalvi energètic promogudes per les institucions, o bé si es tracta principalment d'una disminució conjuntural del consum causada per la crisi econòmica.

²⁷ Codi 102035: "Final energy consumption-services consists of consumption of public administration and private services" (Eurostat).

²⁸ International Standard Industrial Classification of all Economic Activities.

Any	Consum d'energia elèctrica (TJ)			Consum d'energia no elèctrica (TJ)			Consum total d'energia (TJ)		
	Domèstic	Serveis	Total	Domèstic	Serveis	Total	Domèstic	Serveis	Total
1990	108.756	90.371	199.127	274.461	52.475	326.936	383.217	142.846	526.063
1991	111.211	92.408	203.619	293.403	63.243	356.646	404.614	155.651	560.265
1992	113.065	96.217	209.282	294.950	68.538	363.488	408.015	164.755	572.770
1993	116.503	98.730	215.233	293.200	61.504	354.704	409.703	160.234	569.937
1994	125.179	107.942	233.121	304.046	66.781	370.827	429.225	174.723	603.948
1995	129.557	106.448	236.005	289.022	74.399	363.421	418.579	180.847	599.426
1996	135.054	122.195	257.249	306.948	74.642	381.590	442.002	196.837	638.839
1997	144.378	142.729	287.107	305.273	77.401	382.674	449.651	220.130	669.781
1998	150.120	147.960	298.080	314.008	78.995	393.003	464.128	226.955	691.083
1999	163.595	161.867	325.462	329.617	84.510	414.127	493.212	246.377	739.589
2000	157.028	180.083	337.111	340.446	100.474	440.920	497.474	280.557	778.031
2001	178.866	184.558	363.424	343.612	110.550	454.162	522.478	295.108	817.586
2002	182.290	191.617	373.907	353.970	111.731	465.701	536.260	303.348	839.608
2003	195.246	206.035	401.281	381.854	92.510	474.364	577.100	298.545	875.645
2004	208.966	218.416	427.382	401.913	105.360	507.273	610.879	323.776	934.655
2005	225.302	229.763	455.065	405.289	122.213	527.502	630.591	351.976	982.567
2006	254.642	274.327	528.969	407.124	110.009	517.133	661.766	384.336	1.046.102
2007	256.781	278.748	535.529	407.766	102.168	509.934	664.547	380.916	1.045.463
2008	263.336	302.515	565.851	398.207	101.665	499.872	661.543	404.180	1.065.723
2009	250.243	287.471	537.714	373.026	93.830	466.856	623.269	381.301	1.004.570

Taula 30. Consums energètics associats als fluxos materials no duradors segons l'ús de l'edifici i el tipus d'energia (1990-2009).

Font: Eurostat.

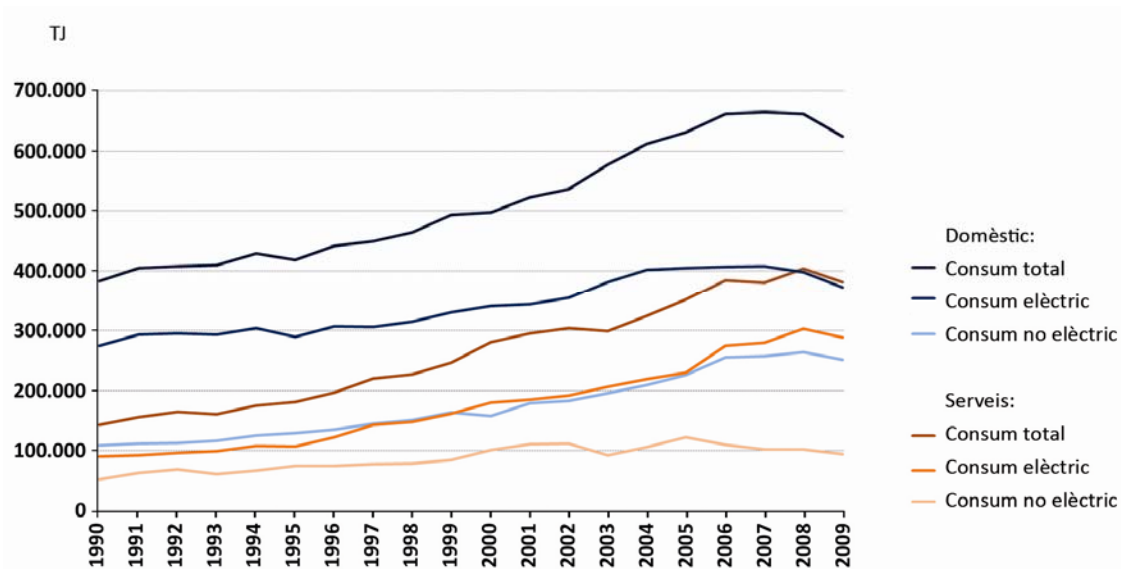


Figura 28. Evolució dels consums energètics associats als fluxos materials no duradors (1990-2009).

Font: elaboració pròpia amb dades de l'Eurostat.

Un cop definides les quantitats d'energia consumida elèctrica i no elèctrica es fa el repartiment entre els dos fluxos materials no duradors estudiats: FM4 i FM5.

En el cas del sector domèstic, els usos que defineixen el consum són la calefacció, la refrigeració, la il·luminació, l'aigua calenta sanitària (ACS), la cuina i els electrodomèstic. Els fluxos materials que s'utilitzen per als tres primers usos pertanyen al grup FM4, ja que serveixen per modificar les condicions ambientals del fons de servei. En canvi, els fluxos materials necessaris per als últims tres usos –ACS, cuina i electrodomèstics– pertanyen al grup FM5 perquè estan associats als serveis de l'habitabilitat.

La Taula 31 mostra, a partir de diverses fonts d'informació, la distribució del consum energètic entre els diferents usos del sector domèstic. No totes les fonts ofereixen la informació desagregada de forma igual i, en alguns casos, es poden observar valors discordants; per exemple, un 2 % de cocció o un 16 % d'il·luminació quan en tots els casos la resta de valors són significativament diferents per a aquests usos. Atès que aquests valors no existeixen per a cada any i que tampoc no es mostra cap tendència al llarg del temps per cada un dels valors, es prenen uns valors únics per a tot el període. S'opta pels que va elaborar l'IDAE referits a l'any 2003 i que estan publicats al *Plan de acción 2008-2012* (IDAE 2007a) perquè estan dins dels valors mitjans del conjunt de les fonts i per la seva precisió.

Any	Calefacció	Aire condicionat	ACS	Cuina	Electrodomèstics	Il·luminació	Font document
1988	74 %		10 %	8 %	8 %		Eurostat (1993)
1990	44 %	0 %	20 %	12 %	16 %	8 %	IDAE (2000)
1998	44,4 %	0,2 %	21,1 %	10,1 %	16,4 %	7,7 %	IDAE (2000)
2003	41 %	1 %	26 %	11 %	12 %	9 %	IDAE (2007b)
2003	41,7 %	0,4 %	26,2 %	10,8 %	12 %	9 %	IDAE (2007a)
2007	46,9 %	0,8 %	27,2 %	6,8 %	14,4 %	4 %	IDAE (2009)
2007	46 %	1 %	21 %	2 %	13 %	16 %	IDAE (2011)
2008	44,1 %		35,3 %		20,6 %		Odyssee (2011)

Taula 31. Comparació de la distribució dels consums energètics del sector domèstic segons diferents fonts.

Aquestes proporcions s'han aplicat als valors absoluts del consum energètic del sector domèstic. I per fer la distinció entre el tipus d'energia, s'ha considerat, en primer lloc, que la refrigeració, la il·luminació i els electrodomèstics només consumeixen energia elèctrica i, en segon lloc, que el consum restant d'energia elèctrica i el total d'energia no elèctrica es reparteix entre la resta d'usos de forma proporcional. Els resultats d'aquest càlcul es mostren a la Taula 32.

Any	Consum energètic associat a FM4 (TJ)				Consum energètic associat a FM5 (TJ)				
	Calefacció		Refrige- ració	Il·lumi- nació	Electro- domèstics	Cuina		ACS	
	Elèctric	No elèctric	Elèctric	Elèctric	Elèctric	Elèctric	No elèctric	Elèctric	No elèctric
1990	14.258	145.467	1.533	34.413	45.909	3.688	37.623	8.956	91.371
1991	13.137	155.507	1.618	36.334	48.473	3.398	40.220	8.251	97.677
1992	13.734	156.327	1.632	36.640	48.880	3.552	40.432	8.627	98.192
1993	15.365	155.399	1.639	36.791	49.082	3.974	40.192	9.651	97.609
1994	17.754	161.147	1.717	38.544	51.421	4.592	41.679	11.151	101.220
1995	21.279	153.185	1.674	37.588	50.146	5.504	39.619	13.366	96.218
1996	21.541	162.686	1.768	39.692	52.952	5.571	42.077	13.530	102.186
1997	25.617	161.798	1.799	40.379	53.868	6.625	41.847	16.090	101.628
1998	27.021	166.427	1.857	41.679	55.603	6.989	43.044	16.972	104.536
1999	30.870	174.700	1.973	44.290	59.087	7.984	45.184	19.390	109.733
2000	26.907	180.440	1.990	44.673	59.597	6.959	46.668	16.901	113.338
2001	35.651	182.118	2.090	46.919	62.593	9.221	47.102	22.393	114.392
2002	35.905	187.608	2.145	48.156	64.244	9.286	48.522	22.553	117.840
2003	38.149	202.387	2.308	51.824	69.137	9.867	52.345	23.962	127.123
2004	41.596	213.018	2.444	54.857	73.183	10.758	55.094	26.127	133.801
2005	48.023	214.807	2.522	56.627	75.545	12.421	55.557	30.164	134.925
2006	60.044	215.780	2.647	59.427	79.280	15.530	55.809	37.715	135.535
2007	60.863	216.120	2.658	59.676	79.613	15.741	55.897	38.229	135.749
2008	64.677	211.054	2.646	59.407	79.253	16.728	54.586	40.625	132.567
2009	62.071	197.708	2.493	55.970	74.668	16.054	51.135	38.988	124.184

Taula 32. Consum energètic del sector domèstic, per usos i per tipus d'energia (1990-2009).
Font: elaboració pròpia amb dades de l'IDAE (2007a) i Eurostat.

Pel que fa als edificis de serveis, la informació sobre aquesta distribució és més escassa. És per això que els valors que s'adopten són els de la Taula 33, que s'han extret del *Plan de acción 2008-2012* (2007a), i que fan referència a l'any 2005. En aquest cas, s'observa com el 87 % del consum energètic està destinat a modificar les condicions ambientals del fons de servei (FM4) i només un 13 % es destina als serveis.

Consums energètics associats a FM4			Consums energètics associats a FM5			
Calefacció	Refrigeració	Il·luminació	Ofimàtica	Cuina	ACS	Altres
29 %	30 %	28 %	4 %	3 %	3 %	4 %

Taula 33. Distribució dels consums energètics del sector serveis.
Font: IDAE (2007a).

La Taula 34 mostra els consums energètics del sector serveis distingint els diferents tipus d'usos. Igual que en el sector domèstic, s'han distingit els usos que només són elèctrics i s'ha suposat que els consums restants es repartien de forma proporcional entre la resta d'usos. En aquest cas, es considera que el consum només elèctric correspon als usos d'il·luminació, ofimàtica i altres.

Any	Consum energètic associat a FM4 (TJ)			Consum energètic associat a FM5 (TJ)					
	Climatització		Il·luminació	Ofimàtica	Cuina		ACS		Altres
	Elèctric	No elèctric			Elèctric	Elèctric	No elèctric	Elèctric	
1990	35.959	47.749	39.711	5.571	1.780	2.363	1.780	2.363	5.571
1991	33.664	57.547	43.271	6.070	1.666	2.848	1.666	2.848	6.070
1992	34.181	62.365	45.802	6.425	1.692	3.086	1.692	3.086	6.425
1993	37.932	55.965	44.545	6.249	1.877	2.770	1.877	2.770	6.249
1994	41.621	60.767	48.573	6.814	2.060	3.007	2.060	3.007	6.814
1995	38.278	67.698	50.275	7.053	1.894	3.350	1.894	3.350	7.053
1996	47.427	67.920	54.721	7.677	2.347	3.361	2.347	3.361	7.677
1997	58.566	70.430	61.196	8.585	2.898	3.485	2.898	3.485	8.585
1998	61.115	71.881	63.093	8.851	3.024	3.557	3.024	3.557	8.851
1999	67.478	76.899	68.493	9.609	3.339	3.806	3.339	3.806	9.609
2000	72.981	91.425	77.995	10.942	3.612	4.524	3.612	4.524	10.942
2001	72.340	100.594	82.040	11.509	3.580	4.978	3.580	4.978	11.509
2002	76.094	101.668	84.331	11.831	3.766	5.031	3.766	5.031	11.831
2003	90.769	84.178	82.996	11.643	4.492	4.166	4.492	4.166	11.643
2004	93.862	95.871	90.010	12.627	4.645	4.744	4.645	4.744	12.627
2005	95.052	111.206	97.849	13.727	4.704	5.503	4.704	5.503	13.727
2006	125.120	100.101	106.845	14.989	6.192	4.954	6.192	4.954	14.989
2007	130.250	92.967	105.895	14.856	6.446	4.601	6.446	4.601	14.856
2008	144.341	92.509	112.362	15.763	7.143	4.578	7.143	4.578	15.763
2009	138.063	85.379	106.002	14.871	6.832	4.225	6.832	4.225	14.871

Taula 34. Consum energètic del sector serveis, per usos i per tipus d'energia (1990-2009).
Font: elaboració pròpia amb dades de l'IDAE (2007a) i Eurostat.

A continuació es mostren les taules resum per a cada un dels fluxos materials no duradors amb els valors que s'acaben de mostrar però ordenats en funció de si es destinen a modificar les condicions ambientals del fons de servei (FM4) o si es destinen a aportar serveis (FM5). És important recordar que el repartiment dels consums energètics entre aquests dos fluxos es manté constant durant el període analitzat; per tant, no es poden treure conclusions respecte a l'evolució de la proporció que cada un representa en relació amb l'altre al llarg del temps. En canvi, cal remarcar que els valors que no són estimacions són els valors agregats de tots els fluxos no duradors i els valors segregats entre domèstic i serveis i entre tipus d'energia.

Tenint en compte aquestes consideracions, la Taula 35 mostra els consums energètics associats als fluxos materials no duradors destinats a modificar les condicions ambientals del fons de servei (FM4) distingint entre els consums elèctrics i no elèctrics i entre els usos domèstics i no domèstics. Els valors d'aquesta taula es mostren gràficament a la Figura 29 en què es pot observar que el sector serveis ha augmentat de forma molt significativa el consum elèctric, mentre que el consum no elèctric d'aquest sector, que també ha augmentat, ho ha fet de forma més moderada, iniciant, fins i tot, una tendència decreixent a partir de l'any 2005.

Pel que fa al consum energètic del sector domèstic, cal remarcar que tant el consum elèctric com el no elèctric ha crescut de forma no menyspreable al llarg del període analitzat, encara que en els últims anys s'aprecia una estabilització. En aquest cas, també es pot observar que el consum no

elèctric és significativament superior a l'elèctric, tot i que la proporció de consum elèctric ha augmentat al llarg del període analitzat.

Any	Consum d'energia elèctrica (TJ)			Consum d'energia no elèctrica (TJ)			Consum total d'energia (TJ)		
	Domèstic	Serveis	Total	Domèstic	Serveis	Total	Domèstic	Serveis	Total
1990	50.203	75.670	125.873	145.467	47.749	193.216	195.671	123.419	319.090
1991	51.089	76.935	128.025	155.507	57.547	213.054	206.596	134.482	341.078
1992	52.006	79.983	131.989	156.327	62.365	218.692	208.332	142.348	350.681
1993	53.795	82.477	136.273	155.399	55.965	211.364	209.194	138.442	347.637
1994	58.015	90.194	148.209	161.147	60.767	221.914	219.162	150.961	370.123
1995	60.542	88.553	149.095	153.185	67.698	220.883	213.726	156.252	369.978
1996	63.001	102.148	165.148	162.686	67.920	230.605	225.686	170.067	395.753
1997	67.794	119.762	187.556	161.798	70.430	232.228	229.592	190.192	419.784
1998	70.556	124.209	194.765	166.427	71.881	238.308	236.984	196.089	433.073
1999	77.134	135.971	213.105	174.700	76.899	251.599	251.834	212.870	464.704
2000	73.570	150.976	224.547	180.440	91.425	271.865	254.010	242.401	496.411
2001	84.659	154.380	239.039	182.118	100.594	282.711	266.777	254.973	521.751
2002	86.207	160.424	246.631	187.608	101.668	289.276	273.814	262.093	535.907
2003	92.281	173.765	266.045	202.387	84.178	286.565	294.667	257.943	552.610
2004	98.897	183.871	282.768	213.018	95.871	308.889	311.915	279.742	591.657
2005	107.172	192.901	300.073	214.807	111.206	326.014	321.980	304.107	626.087
2006	122.118	231.965	354.083	215.780	100.101	315.881	337.898	332.066	669.964
2007	123.198	236.145	359.342	216.120	92.967	309.087	339.318	329.111	668.429
2008	126.730	256.703	383.433	211.054	92.509	303.563	337.784	349.212	686.995
2009	120.534	244.065	364.598	197.708	85.379	283.087	318.241	329.444	647.685

Taula 35. Consum energètic relacionat amb els fluxos materials no duradors associats a les condicions ambientals, FM4 (1990-2009).

Font: elaboració pròpia amb dades de l'IDAE (2007a) i Eurostat.

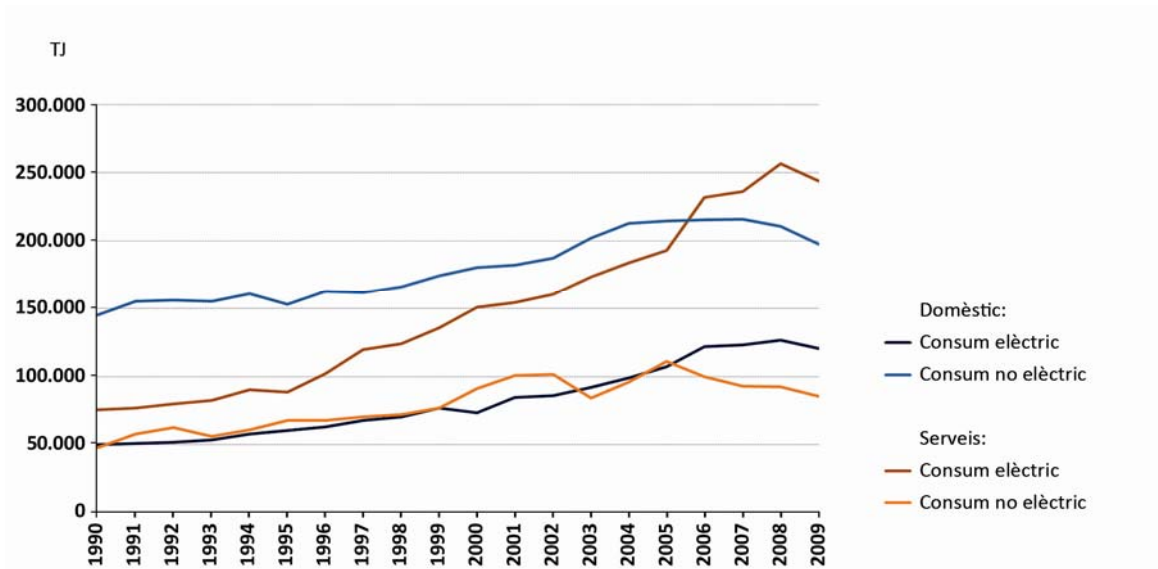


Figura 29. Evolució del consum energètic associat al FM4 (1990-2009).

Font: elaboració pròpia amb dades de IDAE (2007a) i Eurostat.

Finalment, a la Taula 36 es mostren els valors dels consums energètics associats als fluxos materials no duradors destinats a aportar els serveis necessaris per a l'habitabilitat (FM5). Pel que fa al consum elèctric del sector domèstic, els valors són similars als del flux anterior (FM4), però per a la resta són valors inferiors, sobretot pel que fa als serveis.

Any	Consum d'energia elèctrica (TJ)			Consum d'energia no elèctrica (TJ)			Consum total d'energia (TJ)		
	Domèstic	Serveis	Total	Domèstic	Serveis	Total	Domèstic	Serveis	Total
1990	58.553	14.701	73.254	128.994	4.726	133.720	187.546	19.427	206.973
1991	60.122	15.473	75.594	137.896	5.696	143.592	198.018	21.169	219.187
1992	61.059	16.234	77.293	138.623	6.173	144.796	199.683	22.407	222.089
1993	62.708	16.253	78.960	137.801	5.539	143.340	200.509	21.792	222.300
1994	67.164	17.748	84.912	142.899	6.014	148.913	210.063	23.762	233.825
1995	69.015	17.895	86.910	135.837	6.701	142.538	204.853	24.595	229.448
1996	72.053	20.047	92.101	144.262	6.722	150.985	216.316	26.770	243.086
1997	76.584	22.967	99.551	143.475	6.971	150.446	220.059	29.938	249.997
1998	79.564	23.751	103.315	147.581	7.114	154.695	227.144	30.866	258.010
1999	86.461	25.896	112.357	154.917	7.611	162.528	241.378	33.507	274.885
2000	83.458	29.107	112.564	160.006	9.049	169.055	243.464	38.156	281.620
2001	94.207	30.178	124.385	161.494	9.956	171.451	255.701	40.135	295.835
2002	96.083	31.193	127.276	166.362	10.063	176.425	262.446	41.255	303.701
2003	102.965	32.270	135.236	179.467	8.332	187.799	282.433	40.602	323.035
2004	110.069	34.545	144.614	188.895	9.489	198.384	298.964	44.034	342.998
2005	118.130	36.862	154.992	190.482	11.007	201.488	308.611	47.869	356.480
2006	132.524	42.362	174.886	191.344	9.908	201.252	323.868	52.270	376.138
2007	133.583	42.603	176.187	191.646	9.201	200.847	325.229	51.805	377.034
2008	136.606	45.812	182.418	187.153	9.156	196.309	323.759	54.968	378.728
2009	129.709	43.406	173.116	175.318	8.451	183.769	305.028	51.857	356.885

Taula 36. Consum energètic relacionat amb els fluxos materials no duradors associats als serveis, FM5 (1990-2009).

Font: elaboració pròpia amb dades de l'IDAE (2007a) i Eurostat.

Analitzant gràficament els resultats de la taula anterior (Figura 30), s'observa que el consum no elèctric del sector serveis és molt baix en relació amb els altres i, a més, es manté estable al llarg del període 1990-2009. Pel que fa als altres sectors de consum, tots han crescut de forma similar als valors del flux FM4. En aquest cas, els valors més alts –igual que en el cas anterior considerant el consum conjunt del període– són els del consum no elèctric del sector domèstic.

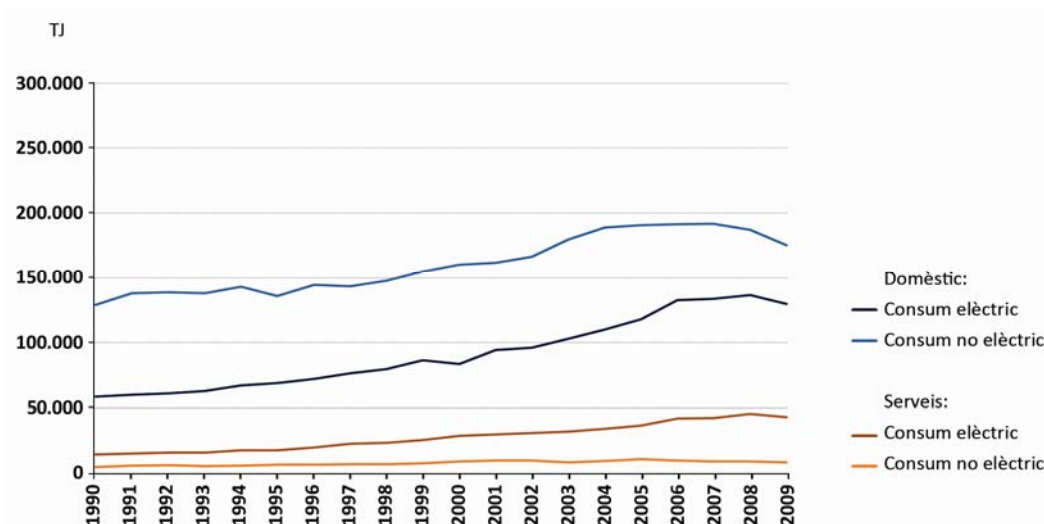


Figura 30. Evolució del consum energètic associat al FM5.
Font: elaboració pròpia amb dades de l'IDAE (2007a) i Eurostat.

3.4.5 FS: fons de servei

DADES IDEALS

Quantitat i característiques de les condicions materials que formen el parc d'edificis i que poden influir sobre els fluxos materials o sobre l'habitabilitat.

DADES ADOPTADES

Nombre d'habitatges, per al període 1990-2010.

Superfície d'ús domèstic, per al període 1990-2010.

Superfície d'usos no domèstics amb requeriments d'habitabilitat, per al període 1990-2010.

JUSTIFICACIÓ DE LA INFORMACIÓ ADOPTADA

Tal com es valora la sostenibilitat en aquesta tesi, el fons de servei no és responsable directe de cap impacte ambiental. Ara bé, com que influeix en els altres fluxos materials i és el suport material de l'ocupació, és necessari identificar els aspectes del fons de servei que condicionen els fluxos materials –i, per tant, l'impacte ambiental– i els que condicionen l'ocupació –i, per tant, la valoració de l'habitabilitat.

Les dades òptimes o ideals serien les que, a part de quantificar el fons de servei, associessin a cada unitat de fons de servei dos indicadors: un referent al tipus i la qualitat d'habitabilitat que es pot donar en una unitat de fons de servei, i l'altre relacionat amb la quantitat de fluxos materials que són necessaris per donar aquesta habitabilitat. Aquesta informació no està disponible i per elaborar-la caldria tenir en compte una gran varietat de dades, així com uns criteris adequats de com considerar-les. El treball d'investigació que això requereix no és abastable en aquesta tesi i, per tant, només se'n fa una aproximació amb la informació disponible que es considera més representativa.

Les dades que aporten informació sobre el fons de servei es poden classificar en quantitatives o qualitatives. Les qualitatives no es poden determinar sense haver determinat abans les quantitatives; per tant, l'aproximació que es fa en aquest apartat se centra en la quantificació del parc i no en les característiques que té.

Es considera que la unitat bàsica de quantificació del fons de servei és la superfície útil. Aquesta unitat és clarament reconeguda dins del sector de l'edificació i, a més, és clarament indicativa d'allò que pot donar habitabilitat. La quantitat de superfície útil es classifica en funció de l'ús

principal al qual dóna servei, bé sigui ús domèstic, bé sigui ús no domèstic amb requeriments d'habitabilitat.

També es podrien considerar com a unitats representatives les unitats mínimes habituals d'ús privat, que, en el cas de l'ús domèstic, és l'habitatge i, en el cas de l'ús no domèstic amb requeriments d'habitabilitat, és el local. D'aquestes unitats, però, només es comptabilitza el nombre d'habitatges pels motius que s'exposen a continuació.

En primer lloc, perquè els requeriments d'habitabilitat dels habitatges, tot i existir tipologies diferents, són molt homogenis i, per tant, es pot considerar que els fluxos materials que implica aquesta habitabilitat són semblants. En canvi, amb el nom de locals s'agrupa una gran varietat d'usos que comporten també una gran varietat de condicions materials, ambientals i espacials, que fan més complexa l'anàlisi de l'habitabilitat i també la dels fluxos materials associats. És per això que en el cas de l'ús no domèstic amb requeriments d'habitabilitat, l'aproximació a la quantificació és més representativa considerant la superfície i no el nombre de locals.

Un altre motiu per no comptabilitzar els locals és que no hi ha prou informació disponible per desagregar l'heterogeneïtat d'usos i, al mateix temps, associar a cada un les característiques que poden condicionar els diferents requeriments de fluxos materials, com per exemple, la superfície del local. Sense aquesta informació no té sentit utilitzar com a unitat de treball el nombre de locals perquè no és possible fer una anàlisi detallada dels diferents tipus d'utilitats i dels fluxos materials associats.

L'últim motiu que cal destacar és que dins del parc espanyol d'edificis, l'ús no domèstic amb requeriments d'habitabilitat suposa una proporció molt menor que l'ús domèstic, tant pel que fa a superfície com pel que fa a nombre de locals en relació amb el nombre d'habitatges. Per tant, la quantitat que es deixa de considerar en unitats d'ús privat és poc rellevant.

Després de quantificar el fons de servei, caldria associar-li certes qualitats. Per una banda les característiques que influeixen sobre l'habitabilitat que el fons de servei pot oferir, com ara l'ús específic de l'edifici, el tipus de compartimentació, la ubicació o l'accessibilitat als serveis; i per altra banda, les que influeixen en els fluxos materials, per exemple, l'estat de l'edifici, la tipologia constructiva, el clima, la qualificació energètica... Una part molt important d'aquesta informació es pot trobar als censos d'habitatges, però molta es refereix als habitatges que estan ocupats habitualment, és a dir, a les primeres residències. Per l'extensió que aquest tema pot suposar, i per coherència amb les dades disponibles, s'opta per no incloure aquesta informació en aquest apartat i, en canvi, fer-ho parcialment en el següent, en el qual es parla de l'ocupació.

En el present apartat, es recullen les dades quantitatives relatives al fons de servei del sector de l'edificació espanyol i es descriu la metodologia que s'ha utilitzat per obtenir-les. Igual que en

apartats anteriors, es comença pel nombre d'habitatges perquè és la unitat de què es disposa de més informació i de més qualitat; en segon lloc, es calcula la superfície d'ús domèstic i, en tercer lloc, la superfície d'ús no domèstic amb requeriments d'habitabilitat.

METODOLOGIA PER OBTENIR LA INFORMACIÓ ADOPTADA

Nombre d'habitatges

El nombre d'habitatges que formen el fons de servei a Espanya s'extreu dels censos de població i habitatges per als anys en què es realitzen (1991 i 2001), i els valors de la resta d'anys es calculen tenint en compte el flux d'habitatges de cada un dels anys del període analitzat. El flux d'habitatges considerat –que és el que s'ha calculat a l'apartat 3.4.1 i es pot trobar a la Taula 13– és el resultat de sumar els habitatges acabats d'obra nova amb els que s'han creat de nou en rehabilitació i restar-hi els habitatges amb llicència de demolició.

Per fer el càlcul es consideren els valors a 1 de gener de cada any, per tant, els valors dels censos d'habitatges, que tenen com a data de referència el dia 1 de març de 1991 i el dia 1 de novembre de 2001, es modifiquen per adaptar-los al dia 1 de gener més proper. L'adaptació consisteix a restar o sumar la part proporcional del flux d'habitatges que hi ha entre la data de referència censal i l'1 de gener i en considerar que el flux es reparteix uniformement al llarg de l'any.

Partint del nombre d'habitatges del cens de l'any 1991 i sumant el flux, any a any, fins al 2001 –tenint en compte les adaptacions a les dates de referència– s'hauria d'obtenir el nombre d'habitatges recollit al cens del 2001. Això no és així a causa de la falta de precisió de la metodologia per calcular el flux d'habitatges però també a causa de l'ús de criteris diferents per elaborar els dos censos²⁹. Tot i això, com que es considera que els valors dels censos són els més fiables, s'adopten i, consegüentment, es corregeixen els valors dels fluxos calculats del període entre censos: la diferència entre el valor de l'any 2001 del cens i del que s'obté per la suma de fluxos es reparteix al llarg del període intercensal de forma proporcional al valor del flux anual original.

Aquesta correcció no es pot aplicar als valors posteriors al cens del 2001 perquè encara no hi ha dades disponibles del cens del 2011. És per això que, seguint el criteri que s'aplica a altres punts de la tesi, els valors que s'utilitzen del flux d'habitatges són els mínims, per tant, els valors utilitzats del nombre d'habitatges que formaven el parc des del 2001 també són els mínims. Segons s'ha calculat a l'apartat 3.4.1, s'estima que els valors del flux podrien ser fins a un 11 %

²⁹ L'explicació de la diferència entre censos i la metodologia proposada es pot trobar més detallada a l'apartat 3.4.1.

superiors als valors que aquí s'adopten. Aquesta dispersió, aplicada sobre el total del fons de servei, representa una desviació màxima –la corresponent a l'any 2011– de l'1,7 %.

En darrer terme, cal dir que els valors finals que es prenen per cada any analitzat són els que correspondrien al valor de l'1 de juliol, entenent que el fons de servei d'aquesta data és el més representatiu de l'any. Aquest valor es calcula com la mitjana aritmètica del valor de l'1 de gener del mateix any i del següent.

Els resultats que s'obtenen, així com les principals dades utilitzades, es mostren a la Taula 37. Es pot observar que dels poc més de 17 milions d'habitatges que formaven el fons de servei l'any 1990, s'ha passat a gairebé 25 milions l'any 2010, la qual cosa significa que en vint anys el parc d'habitatges s'ha incrementat, com a mínim, un 46 %.

Any	Flux d'habitatges		Nombre d'habitatges del fons de servei			
	Segons càlcul tesi (taula 13)	Corregit per adaptar-lo als censos	Segons censos	A 1 de gener		A 1 de juliol
				Segons el flux de la tesi	Segons el flux corregit	
1990	223.559			16.940.796	16.940.796	17.052.576
1991	252.046	337.335	17.206.363	17.164.355	17.164.355	17.333.023
1992	186.424	262.125		17.416.401	17.501.691	17.632.753
1993	188.499	265.042		17.602.826	17.763.815	17.896.336
1994	201.301	283.042		17.791.325	18.028.857	18.170.379
1995	224.613	315.821		17.992.626	18.311.900	18.469.810
1996	233.154	327.829		18.217.239	18.627.721	18.791.635
1997	254.478	357.813		18.450.393	18.955.550	19.134.456
1998	250.543	352.280		18.704.871	19.313.363	19.489.503
1999	293.751	413.033		18.955.414	19.665.642	19.872.159
2000	338.355	475.749		19.249.165	20.078.676	20.316.550
2001	331.979	444.316	20.943.411	19.587.520	20.554.425	20.776.583
2002	371.382			19.919.499	20.998.741	21.184.432
2003	408.342			20.290.881	21.370.123	21.574.294
2004	445.931			20.699.223	21.778.465	22.001.430
2005	476.434			21.145.154	22.224.396	22.462.613
2006	532.587			21.621.588	22.700.830	22.967.124
2007	586.062			22.154.176	23.233.417	23.526.448
2008	586.510			22.740.237	23.819.479	24.112.734
2009	367.580			23.326.747	24.405.989	24.589.779
2010	233.083			23.694.327	24.773.569	24.890.110
2011				23.927.410	25.006.651	

Taula 37. Nombre d'habitatges del fons de servei (1990-2010).

Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

Anàlisi de la fiabilitat de les dades referents a habitatges

Els valors obtinguts relatius al nombre d'habitatges del sector de l'edificació espanyol es comparen amb els valors de l'estadística *Vivienda y suelo* (Ministerio de Fomento) (Taula 38) per saber quant disten els valors propis dels oficials. Atès que les dades del Ministeri també utilitzen les dades del cens d'habitatges, la màxima diferència entre els valors propis i els de l'estadística es dona a l'últim any disponible.

Considerant que les dades oficials corresponen al dia 31 de desembre, que tot i que no s'especifica es pot deduir, es pot comparar l'últim valor oficial disponible amb el corresponent de la metodologia pròpia. Com a resultat de la comparació, s'obté que el nombre d'habitatges que formen el fons de servei segons els càlculs aquí exposats són fins a un 3,2 % inferiors als valors oficials, percentatge que equival a una diferència de 827.314 habitatges. Cal dir que aquesta diferència podria ser menor si es consideressin les observacions de Naredo (2008), que afirma que les estadístiques oficials subestimen la mortalitat real que es dona al parc d'habitatges.

Any	Nombre d'habitatges del fons de servei
2001	21.033.759
2002	21.551.426
2003	22.059.220
2004	22.623.443
2005	23.210.317
2006	23.859.014
2007	24.495.844
2008	25.129.207
2009	25.557.237
2010	25.837.108

Taula 38. Nombre d'habitatges del fons de servei segons l'estadística *Vivienda y suelo* (2001-2010).
Font: Ministerio de Fomento.

Tot i que es podrien haver adoptat els valors oficials, en la tesi s'opta per treballar amb els valors propis per mantenir l'homogeneïtat i coherència amb les dades de tots els apartats. A més, tal com s'ha especificat en punts anteriors, la manera com es considera el flux d'habitatges, que consisteix a quantificar els certificats de final d'obra i no les llicències, permet afirmar que el flux amb què es treballa és el que com a mínim s'ha produït, la qual cosa té com a conseqüència que es quantifiqui el fons de servei que com a mínim existeix en cada un dels anys analitzats.

Superfície d'ús domèstic

El càlcul de la superfície d'ús domèstic que forma el fons de servei es basa en multiplicar el nombre d'habitatges obtinguts en el punt anterior per la superfície útil mitjana d'un habitatge.

Els censos de població i habitatges ofereixen el valor de la superfície útil³⁰ mitjana dels habitatges de forma directa. Per al cens del 1991 la superfície correspon a 89,66 m² i per al del 2001, a 93,34 m². Ara bé, així com en el cens del 1991 es consideren les superfícies de tots els tipus d'habitatges –principals, segones residències, desocupats i altres tipus–, en el del 2001 només es consideren les superfícies dels habitatges principals. Per tant, el valor de l'any 2001 es corregeix per tal que

³⁰ Segons el cens de població i habitatges del 2001, la superfície útil es mesura “en el interior de los muros exteriores de la vivienda, no comprendiendo los sótanos, desvanes, trasteros y buhardillas no habitables. Tampoco se incluyen las terrazas abiertas ni los jardines” (INE 2001). Aquesta definició no és exactament igual a la que es pot trobar al cens de població i habitatges del 1991, segons la qual la superfície útil es mesura “en el interior de los muros exteriores de la vivienda, no comprendiendo los sótanos y buhardillas no habitables. Deberá incluirse dentro de la superficie de la vivienda el 50 % de la superficie de la terraza si ésta está cubierta y no cerrada y el 100 % de dicha superficie si se halla cerrada” (INE 1991).

inclogui tots els tipus d'habitatges: amb les dades del 1991 es calcula que la diferència entre la superfície mitjana dels habitatges principals i els no principals és d'un 0,3 %, i aquest percentatge és el que s'aplica al valor directe del 2001. El resultat que s'obté és que la superfície mitjana de tots els habitatges existents el 2001 era de 93,05 m².

Seguint el procediment que s'ha seguit en el càlcul del nombre d'habitatges, els valors que es prenen com a fiables i fixos són els que s'obtenen dels censos. A partir d'aquests valors, es va sumant any a any el flux de superfície d'ús domèstic.

Per calcular el flux de superfície es considera que els habitatges enderrocats tenen la superfície mitjana dels habitatges del cens del 1991 (89,66 m²) i que els habitatges nous tenen la superfície que consta, per cada any estudiat, a les estadístiques de visats de direcció d'obra³¹.

Igual que en el cas dels habitatges, els valors del flux de superfície per al període 1991-2001 també es corregeixen per adaptar-los als que s'obtenen dels censos. En aquest cas, es calcula que per tal que els valors del període siguin coherents, la superfície mitjana dels habitatges que no concorden –per error del mateix càlcul o perquè es poden considerar aflorats– ha de ser de 74 m².

Any	Flux de superfície (milers de m ²)			Superfície de fons de servei d'ús domèstic (milers de m ²)			
	m ² /habitatge d'obra nova	Segons el càlcul de la tesi	Corregit per adaptar-lo als censos	A 1 de gener		A 1 de juliol	
				Superfície útil	Superfície construïda	Superfície útil	Superfície construïda
1990	123	28.040		1.512.194	1.814.633	1.526.214	1.831.457
1991	123	31.465	37.660	1.540.234	1.848.281	1.559.064	1.870.877
1992	123	23.337	28.835	1.577.894	1.893.473	1.592.311	1.910.774
1993	123	23.531	29.090	1.606.729	1.928.074	1.621.274	1.945.528
1994	123	25.123	31.060	1.635.818	1.962.982	1.651.348	1.981.618
1995	121	27.389	34.013	1.666.878	2.000.254	1.683.884	2.020.661
1996	121	28.374	35.250	1.700.891	2.041.069	1.718.516	2.062.219
1997	120	30.897	38.402	1.736.141	2.083.370	1.755.342	2.106.411
1998	119	30.059	37.448	1.774.543	2.129.452	1.793.267	2.151.920
1999	117	34.814	43.477	1.811.991	2.174.389	1.833.729	2.200.475
2000	119	40.529	50.508	1.855.467	2.226.561	1.880.721	2.256.866
2001	118	39.703	47.861	1.905.975	2.287.170	1.929.906	2.315.887
2002	118	44.143		1.953.837	2.344.604	1.975.908	2.371.090
2003	118	48.556		1.997.980	2.397.576	2.022.258	2.426.709
2004	118	53.047		2.046.536	2.455.843	2.073.059	2.487.671
2005	116	55.773		2.099.583	2.519.499	2.127.469	2.552.963
2006	118	63.647		2.155.356	2.586.427	2.187.179	2.624.615
2007	116	68.494		2.219.003	2.662.804	2.253.250	2.703.900
2008	112	66.194		2.287.497	2.744.996	2.320.594	2.784.712
2009	109	40.280		2.353.690	2.824.428	2.373.830	2.848.596
2010	112	26.304		2.393.970	2.872.764	2.407.122	2.888.547
2011				2.420.274	2.904.329		

Taula 39. Superfície de fons de servei d'ús domèstic (1990-2010).

Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

³¹ En el cas del període 1990-1993, no hi ha dades disponibles de la superfície mitjana dels habitatges d'obra nova i es pren el valor de l'any 1994 per a aquests 4 anys.

La Taula 39 conté els principals valors que s'han utilitzat per calcular la superfície útil d'ús domèstic que forma el fons de servei. Analitzant els valors resultants, s'observa que durant el període 1990-2010 hi ha hagut un increment considerable de la superfície útil. Concretament, els 1.526 milions de metres quadrats de l'any 1990, han augmentat en un 58 % fins a arribar als 2.407 milions de metres quadrats de l'any 2010.

Cal destacar que l'increment que s'ha donat en la quantitat de superfície és superior al que s'ha donat en el nombre d'habitatges durant el mateix període. Per tant, es dedueix que els habitatges que formen el fons de servei són cada vegada més grans. El càlcul de la superfície mitjana per habitatge indica que en vint anys s'ha incrementat un 8 %: s'ha passat dels 89,42 m² per habitatge de l'any 1990 als 96,71 m² del 2010.

Finalment, cal afegir que de forma complementària als valors de la superfície útil també s'aporta informació relativa a la superfície construïda (Taula 39). Aquests valors segueixen la mateixa tendència que les superfícies útils ja que s'han calculat aplicant-hi sempre un mateix coeficient. El valor del coeficient que multiplica a la superfície útil és d'1,2 i es pren del llibre *Patrimonio Inmobiliario y Balance Nacional de la Economía Española (1995-2007)* (Naredo, Carpintero i Marcos 2008).

Superfície d'ús no domèstic amb requeriments d'habitabilitat

La informació disponible referent a la superfície d'ús domèstic amb requeriments d'habitabilitat que forma el fons de servei és molt escassa. La gran varietat d'usos que forma aquest grup (ús docent, ús sanitari, ús administratiu, ús residencial col·lectiu...) i la petita proporció que representa dins del sector de l'edificació fa que les dades disponibles siguin quasi sempre parcials, bé sigui perquè només es refereixen a algun dels usos, bé sigui perquè la informació agregada del fons de servei de tots aquests usos no inclou la superfície. Aquest és el cas dels censos de població i habitatges, que recullen informació relativa al nombre de locals però no a la superfície útil que tenen.

El fet de no poder utilitzar les dades del cens com a dades fiables, inicial i final, del període 1991-2001, tal com s'ha fet en el cas de l'ús domèstic, comporta que calgui fer una sèrie de consideracions que resten fiabilitat i precisió a la informació que s'elabora en aquest punt.

En primer lloc, es pren com a valor fix de la superfície útil d'ús no domèstic amb requeriments d'habitabilitat, a 1 de gener de 2001, 289 milions de metres quadrats. Aquest valor s'extreu del document *Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012 (E4)* (IDAE 2004) i fa referència bàsicament als usos administratiu, sanitari, comercial, educatiu i d'hostaleria i allotjament. La metodologia de càlcul no està explícita al document, però contrastant les dades

d'ús domèstic que aquest mateix document aporta amb les pròpies de la tesi, es dedueix que el tipus de superfície que considera és la útil i que la data és el 31 de desembre de 2000.

En segon lloc, es determinen els fluxos anuals de superfície d'ús no domèstic amb requeriments d'habitabilitat per poder-los sumar o restar al valor de l'any 2001. L'estimació del flux es fa en superfície construïda, en lloc de superfície útil; per tant, els 289 milions de metres quadrats útils es multipliquen –igual que en els casos de l'ús domèstic– per 1,2 per poder-hi operar.

Per estimar el flux es considera, per una banda, la superfície d'obra nova acabada dels edificis destinats principalment als usos no domèstics amb requeriments d'habitabilitat –calculats a l'apartat 3.4.1 i que es mostren a la Taula 23– i, per altra banda, la superfície enderrocada d'aquest tipus d'ús. Com que a partir de les dades de llicències i visats només es pot deduir el nombre d'edificis que s'enderroquen però no l'ús principal de l'edifici o la seva superfície –la qual pot ser molt dispar pels usos que s'estudien–, s'opta per calcular la superfície enderrocada a partir d'altres consideracions. En aquest sentit, es considera que la relació que hi ha entre la superfície de fons de servei d'ús domèstic, per una banda, i la d'ús no domèstic amb requeriments d'habitabilitat, per l'altra, és la mateixa que hi ha entre la superfície enderrocada dels dos tipus d'usos.

Finalment, igual que en els casos anteriors, un cop es tenen els valors anuals del flux i el fons de servei d'un any, s'adeqüen les dates i els valors per obtenir la sèrie 1990-2010 sencera, que es mostra a la Taula 40. Segons els càlculs realitzats, la superfície d'ús no domèstic amb requeriments d'habitabilitat s'ha duplicat en el període analitzat, arribant fins als 516 milions de metres quadrats de superfície construïda l'any 2010.

Aquests resultats cal considerar-los com una aproximació en dos sentits. Per una banda, perquè el valor de partida del fons de servei no està suficientment contrastat per la dificultat de trobar dades homogènies disponibles. I, per altra banda, perquè el càlcul del flux és imprecís: les dades disponibles no permeten que la superfície d'ús no domèstic amb requeriments d'habitabilitat s'ajusti exactament a la definició d'aquest ús. La manca d'ajust entre dades disponibles i la definició de l'ús es dona perquè no és possible restar a la quantitat de superfície disponible la corresponent a altres usos que es troba en edificis principalment d'aquest tipus d'ús ni sumar-hi la superfície d'ús terciari o residencial col·lectiu que es pot trobar a edificis principalment d'habitatges.

Any	Flux de superfície construïda (milers de m ²)	Superfície de fons de servei d'ús no domèstic amb requeriments d'habitabilitat (milers de m ²)					
		Segons IDAE		A 1 de gener		A 1 de juliol	
		Superfície útil	Superfície construïda	Superfície útil	Superfície construïda	Superfície útil	Superfície construïda
1990	7.992			213.300	255.960	216.630	259.956
1991	8.930			219.960	263.952	223.681	268.417
1992	7.884			227.402	272.882	230.687	276.824
1993	7.607			233.971	280.766	237.141	284.569
1994	8.018			240.310	288.372	243.651	292.381
1995	7.272			246.992	296.390	250.022	300.026
1996	7.159			253.052	303.662	256.035	307.242
1997	8.256			259.017	310.821	262.458	314.949
1998	7.487			265.898	319.077	269.017	322.820
1999	8.216			272.136	326.564	275.560	330.672
2000	12.021			278.983	334.779	283.991	340.790
2001	13.158	289.000	346.800	289.000	346.800	294.483	353.379
2002	15.014			299.965	359.958	306.221	367.465
2003	17.561			312.477	374.972	319.794	383.753
2004	19.082			327.111	392.533	335.062	402.075
2005	17.064			343.013	411.616	350.123	420.148
2006	16.222			357.233	428.680	363.992	436.791
2007	18.484			370.751	444.902	378.453	454.144
2008	24.740			386.155	463.386	396.463	475.756
2009	20.800			406.771	488.125	415.438	498.525
2010	14.274			424.105	508.925	430.052	516.062
2011				435.999	523.199		

Taula 40. Superfície de fons de servei d'ús no domèstic amb requeriments d'habitabilitat (1990-2010).

Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

Després de la recerca que s'ha dut a terme, es creu que la informació òptima per elaborar el valor del fons de servei d'un moment determinat és a partir de les bases de dades del cadastre. El cadastre disposa d'informació detallada informatitzada i d'accés lliure relativa a la superfície i usos a què es destinen cada un dels béns immobles del sector de l'edificació espanyol. El problema d'aquesta informació és que de forma agregada no està publicada. Elaborant-la es tindria la informació més precisa i detallada possible del fons de servei, no només la referent a l'ús no domèstic amb requeriments d'habitabilitat sinó també la d'ús domèstic.

Superfície total d'edificis amb requeriments d'habitabilitat

Tot i que els càlculs referits a la superfície d'ús no domèstic amb requeriments d'habitabilitat són només una aproximació, es dona de forma agregada pel període analitzat la superfície total. Segons els càlculs realitzats, l'any 2010, el fons de servei del sector de l'edificació estava format per 3.400 milions de metres quadrats, 85 % d'ús domèstic i 15 % d'ús no domèstic amb requeriments d'habitabilitat. En total, la superfície construïda ha augmentat un 63 % durant el període analitzat i, proporcionalment, l'augment ha estat més gran en el cas de l'ús no domèstic amb requeriments d'habitabilitat, ja que l'any 1990 aquest tipus d'ús representava un 12 %, mentre que l'ús domèstic representava el 88 %.

3.4.6 OC: ocupació

DADES IDEALS

Quantitat i característiques de l'ocupació. Les característiques són les que aporten informació per valorar l'habitabilitat i les que aporten informació sobre els fluxos materials associats a l'ocupació.

DADES ADOPTADES

Quantificació de l'ocupació: nombre d'habitatges, superfície d'habitatges i locals ocupats i no ocupats, per al període 1990-2010.

Intensitat d'ocupació: nombre d'habitatges, superfície d'habitatges ocupats permanentment i temporalment, per al període 1990-2010.

Característiques de l'ocupació: característiques relacionades amb la valoració de l'habitabilitat dels habitatges principals, com ara l'estat de l'edifici, l'existència de certes instal·lacions... per a l'any 2001.

JUSTIFICACIÓ DE LA INFORMACIÓ ADOPTADA

Tal com s'ha explicat anteriorment, com a aproximació simplificada a la valoració de l'habitabilitat, es considera l'ocupació, perquè és un indicador que es pot obtenir de forma objectiva. Es tracta d'un indicador que descriu la realitat, és a dir, les persones que ocupen el parc i les característiques del parc ocupat, però per si mateix no valora l'habitabilitat. Ara bé, fixant uns criteris que permetin distingir el que és habitable del que no ho és, es pot valorar l'habitabilitat a partir de la quantificació i les característiques de l'ocupació.

La manera de comptabilitzar i/o caracteritzar l'ocupació que es proposa en aquest apartat s'estructura en tres parts. En primer lloc, es quantifica la part del fons de servei que té algun tipus d'ús, és a dir, es descompten del fons de servei els habitatges i locals que estan buits. En segon lloc, de l'ocupació obtinguda en el primer pas, es comptabilitza la intensitat d'aquesta ocupació, bàsicament distingint els habitatges i locals que tenen un ús permanent dels que només s'utilitzen temporalment. I en tercer lloc, es caracteritza l'ocupació permanent de l'ús d'habitatge en funció dels aspectes que poden influir en la valoració de l'habitabilitat. Aquesta caracterització no es fa per als usos no domèstics amb requeriments d'habitabilitat per falta d'informació adequada.

La font d'informació que serveix de base per elaborar aquestes dades és la dels censos de població i habitatges de l'any 1991 i 2001. Els valors corresponents a la resta d'anys del període 1990-2010 s'obtenen a partir del càlcul de dades d'altres fonts o per interpolació dels valors entre censos.

METODOLOGIA PER OBTENIR LA INFORMACIÓ ADOPTADA

Quantificació de l'ocupació

La quantitat d'ocupació correspon a la quantitat de fons de servei –locals, habitatges o superfície– que té algun tipus d'ús. Per calcular-la, es resta a les quantitats de fons de servei que s'han calculat a l'apartat anterior, la quantitat de fons de servei que no té ús.

En el cas del sector domèstic, la quantitat de fons de servei que no té ús es determina a partir de les dades d'habitatges buits dels censos de població i habitatges dels anys 1991 i 2001. Per tal que els valors siguin coherents amb els que s'han calculat a l'apartat del fons de servei, s'adeqüen els valors dels censos al dia 1 de gener de l'any més proper, suposant que el percentatge d'habitatges buits respecte al total d'habitatges és el mateix.

El nombre d'habitatges buits de la resta d'anys que formen el període d'anàlisi (1990-2010) s'estimen de dues maneres diferents. Per una banda, amb la informació dels censos, s'interpolen els valors dels anys intercensals i s'extrapola el de l'any 1990. La interpolació no es fa directament dels valors d'habitatges buits dels censos sinó de la proporció d'habitatges buits respecte al total d'habitatges. D'aquesta manera es manté la coherència amb els valors de fons de servei relatius al nombre total d'habitatges calculats any a any a l'apartat anterior. Per altra banda, per al període 2002-2010 es fa una estimació de la quantitat d'habitatges buits a partir dels valors de diferents fonts. En primer lloc s'obté el nombre d'habitatges no principals –els que no són habitatges habituals– restant al nombre d'habitatges totals calculats a l'apartat anterior, el nombre d'habitatges principals que l'estadística *Vivienda y suelo* (Ministerio de Fomento) recull³². En segon lloc, es considera que el 46 % dels habitatges no principals són habitatges buits. Aquest percentatge s'adopta en analitzar la proporció d'habitatges buits respecte dels no principals dels censos i de l'informe Euroconstruct (ITeC 2010a) per al període 2006-2011.

El nombre d'habitatges ocupats, així com els principals valors que ha calgut utilitzar per calcular-los, es mostren a la Taula 41. Cal dir que tot i que els càlculs es fan a 1 de gener, els valors finals es donen per a l'1 de juliol, com a punt representatiu de l'any. Per poder comparar amb altres valors de la tesi, també s'aporten els metres quadrats útils d'aquests habitatges. Són valors que s'han calculat de forma simplificada suposant que tots els tipus d'habitatges tenen –de mitjana– la mateixa superfície.

La Taula 41 també recull la quantitat de llars que viuen en el que els censos anomenen *al·lotjaments*. Es tracta d'espais que malgrat ser la residència habitual d'algú, no es poden

³² Aquesta estadística estima el nombre d'habitatges principals a partir de la variació anual (de l'últim trimestre) del nombre de llars que ofereix l'*Encuesta de Población Activa* que publica l'INE.

qualificar com a habitatges perquè són improvisats, mòbils o no es van crear amb aquesta finalitat. En aquest cas, per falta de dades, només és possible estimar els valors anteriors al cens del 2001, que es calculen seguint el mateix procediment que el que s'ha seguit per als habitatges buits.

Any	Habitatges (milers)					Allotjaments (milers)	Superfície útil (milers de m ²)	
	Totals	Principals	No principals	Buits	Amb ocupació		Sense ocupació	Amb ocupació
1990	17.053	11.635	5.417	2.450	14.602	15	219.284	1.306.930
1991	17.333	11.819	5.514	2.497	14.836	14	224.635	1.334.429
1992	17.633	12.016	5.617	2.548	15.085	13	230.068	1.362.243
1993	17.896	12.187	5.709	2.593	15.303	12	234.908	1.386.366
1994	18.170	12.366	5.804	2.640	15.530	11	239.933	1.411.415
1995	18.470	12.562	5.908	2.691	15.779	10	245.341	1.438.543
1996	18.792	12.772	6.019	2.746	16.046	9	251.082	1.467.435
1997	19.134	12.997	6.138	2.803	16.331	8	257.172	1.498.171
1998	19.490	13.229	6.260	2.863	16.626	7	263.452	1.529.814
1999	19.872	13.480	6.392	2.927	16.945	6	270.138	1.563.591
2000	20.317	13.773	6.544	3.001	17.315	5	277.822	1.602.900
2001	20.777	14.076	6.701	3.078	17.699	4	285.867	1.644.039
2002	21.184	14.404	6.780	3.117	18.067	3	290.763	1.685.145
2003	21.574	14.802	6.773	3.115	18.459		292.023	1.730.235
2004	22.001	15.229	6.772	3.115	18.886		293.524	1.779.535
2005	22.463	15.720	6.743	3.102	19.361		293.773	1.833.697
2006	22.967	16.253	6.715	3.089	19.878		294.142	1.893.037
2007	23.526	16.722	6.804	3.130	20.397		299.766	1.953.484
2008	24.113	17.167	6.946	3.195	20.918		307.506	2.013.088
2009	24.590	17.512	7.077	3.256	21.334		314.282	2.059.549
2010	24.890	17.696	7.195	3.310	21.581		320.062	2.087.060

Taula 41. Quantificació de l'ocupació del fons de servei d'ús domèstic (1990-2010).

Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

Analitzant els resultats de la Taula 41 s'observa com els habitatges amb ocupació han augmentat un 48 %, passant dels 14,6 milions de l'any 1990 als 21,6 de l'any 2010. Els resultats també mostren que al llarg de les dues dècades d'estudi hi ha un percentatge gens menyspreable –al voltant del 14 % respecte al total d'habitatges– d'habitatges buits. Són habitatges que no satisfan les necessitats d'habitar de la població i que, en canvi, han suposat un consum de recursos i emissió de residus durant la construcció. Concretament, la quantitat d'habitatges buits de l'any 2010 és equivalent al 47 % dels habitatges d'obra nova acabats en el període 1990-2010, segons els càlculs propis de la tesi (realitzats a l'apartat 3.4.1). Aquest percentatge es pot reduir fins al 41 % si es considera el flux net d'habitatges corregit amb els valors dels censos, tal com s'ha calculat a l'apartat 3.4.5.

De la mateixa manera que s'identifica la part del fons de servei que no té ús, és a dir, els habitatges buits, també s'identifica la quantitat de llars que no satisfan les necessitats relacionades amb l'habitar de la manera com està reconeguda socialment. Són els allotjaments. En aquest cas, tal com mostren els valors de la Taula 41, el percentatge respecte al total d'habitatges és molt baix: sempre per sota del 0,1 % i, segons la tendència que marquen els dos censos disponibles, els valors

són cada vegada més insignificants. No obstant això, també cal tenir en compte que aquest valor podria ser més gran si els censos de població també censessin totes les persones sense sostre.

Com a conclusió d'aquesta anàlisi, cal destacar que el sector de l'edificació espanyol té un desajust al voltant del 14 % respecte al total d'habitatges per excés d'oferta d'habitabilitat i, al mateix temps, un altre desajust –reconegut– inferior al 0,1 % per manca d'habitabilitat.

Pel que fa a l'ús no domèstic amb requeriments d'habitabilitat, hi ha menys dades que en el cas del domèstic, no són homogènies i es refereixen al nombre de locals i no a la superfície útil o construïda. Per fer una aproximació a la quantitat d'ocupació dels locals d'acord amb les fonts utilitzades en apartats anteriors, es prenen els valors dels censos de locals dels anys 1990 i 2001. Es considera que els locals ocupats són els que en el cens de locals s'anomenen locals actius i que els no ocupats són els inactius i els buits³³.

Les dades que es recullen (Taula 42) mostren que l'any 2001 hi havia prop d'1,9 milions de locals actius, la qual cosa representa un 5 % més dels que hi havia al 1990. Analitzant la proporció dels locals actius respecte al total de locals, s'observa que en els dos anys dels censos, aquests representaven un percentatge molt similar, que se situa en poc més del 75 %. Cal dir que per calcular aquestes proporcions s'inclouen alguns locals amb usos que no tenen requeriments d'habitabilitat; això és així perquè per als locals buits de l'any 1990 i per als inactius de l'any 2001, els censos no especifiquen quin n'és l'ús.

Any	Nombre de locals			% respecte al total		
	Total	Amb ocupació	Sense ocupació		Amb ocupació	Sense ocupació
		Actius	Inactius	Buits		
1990	2.379.125	1.798.131	182.581	398.413	75,6	24,4
2001	2.515.260	1.888.051	627.209		75,1	24,9

Taula 42. Quantificació de l'ocupació dels locals del fons de servei (1990 i 2001).

Font: INE.

Per tant, com en el cas de l'ús domèstic, el no domèstic amb requeriments d'habitabilitat també mostra un desajust per excés d'oferta d'habitabilitat. Suposant que la proporció entre locals ocupats i no ocupats fos la mateixa per als usos amb requeriments d'habitabilitat i els que no en tenen, es podria dir que hi ha un 25 % de locals que no es destinen a satisfer necessitats, la qual cosa suposa una proporció més gran que en el cas del sector domèstic.

Finalment, cal dir que per als usos no domèstics amb requeriments d'habitabilitat no s'extrapola la informació dels censos a la resta d'anys del període d'anàlisi ni a superfície construïda o útil per la

³³ La distinció entre locals inactius i buits només existeix en el cens del 1990. Segons la nota metodològica d'aquest cens, en ambdós casos es tracta de locals sense ocupació, però en el cas dels inactius es conserven les instal·lacions de l'activitat i en els buits no.

poca fiabilitat que aquests valors tindrien. Sense fer un estudi més acurat no és possible saber si els locals actius tenen de mitjana la mateixa quantitat de superfície que els locals inactius, o quina és la diferència entre aquestes superfícies.

Intensitat de l'ocupació

Dels valors obtinguts a l'apartat anterior, relatius a la quantitat d'ocupació, es determina quina és la intensitat d'aquesta ocupació. Per fer-ho, s'identifiquen els espais que tenen un ús permanent i els que el tenen temporal.

En el cas del sector domèstic, els habitatges que tenen un ús permanent són els que una llar ocupa habitualment al llarg de l'any i que en els censos s'anomenen *habitatges principals*. En canvi, els habitatges que només tenen un ús temporal, és a dir, els que s'ocupen de forma periòdica no continuada, esporàdica o estacional són els *habitatges secundaris*. També s'inclou en l'ús temporal altres tipus d'habitatge que no es poden classificar com a principals, buits o secundaris. Es tracta d'habitatges que poden tenir un ús continuat però que no constitueixen l'habitatge habitual d'algú, per exemple, habitatges que tenen lloguers curts i successius.

La Taula 43 recull la quantitat d'habitatges amb ús permanent i temporal del sector de l'edificació espanyol. Els valors d'aquesta taula s'obtenen a partir de les dades de l'apartat anterior. Per una banda, els valors entre censos es calculen interpolant els valors dels censos i, per altra banda, els valors posteriors al 2002 es prenen de diferents fonts: els valors del nombre d'habitatges principals s'adopten directament de l'estadística *Vivienda y suelo* (Ministerio de Fomento) i la suma d'habitatges secundaris i altres s'obté restant al nombre d'habitatges no principals el nombre d'habitatges buits del punt anterior. També s'aporta la quantitat de superfície útil que representa cada tipus d'ús.

Els resultats mostren que els habitatges amb ocupació permanent han passat dels 11,6 milions l'any 1990 als 17,7 l'any 2010, la qual cosa suposa un augment del 52 % en nombre d'habitatges i un augment del 64 % en superfície útil d'aquests habitatges. Pel que fa als habitatges amb ocupació temporal, han augmentat un 31 % en el mateix període, representant 3,9 milions d'habitatges l'any 2010. En relació amb el total d'habitatges, cal dir que els principals representen entre un 68 % i un 71 % i els temporals, entre un 17 % i un 16%. Al llarg del període d'anàlisi, els primers han augmentat lleugerament i els segons han disminuït molt lleugerament.

Dels habitatges secundaris se'n poden destacar dos aspectes. El primer aspecte a destacar és que es pot calcular la intensitat d'ús dels habitatges secundaris utilitzats per les llars espanyoles. Segons les dades del cens d'habitatges de l'any 2001, el 15 % de les llars espanyoles utilitzaven, com a mínim, una segona residència, és a dir, 2.134.084 llars. El 54 % d'aquestes llars utilitzava la

segona residència menys de 60 dies l'any, el 32 % ho feia entre 61 i 120 dies i el 14 % restant, més de 121 (Figura 31). Si aquests usos temporals i discontinus es transformen a usos continus, s'obté la quantitat teòrica d'habitatges equivalents d'ús permanent: 392.032. Amb aquesta equivalència es pot dir que del potencial d'habitabilitat que tenen els més de 2 milions d'habitatges secundaris dels quals es disposa d'informació per avaluar-ne la intensitat d'ocupació, només se n'usa un 18 %.

Any	Habitatges (milers)					Superfície útil (milers m ²)	
	Principals (ocupació permanent)	No principals	Secundaris (ocupació temporal)	Altres (ocupació temporal)	Habitatges secundaris i altres	Amb ocupació permanent	Amb ocupació temporal
1990	11.635	5.417	2.905	63	2.967	1.041.357	265.573
1991	11.819	5.514	2.938	79	3.017	1.063.084	271.345
1992	12.016	5.617	2.973	96	3.070	1.085.054	277.189
1993	12.187	5.709	3.002	114	3.116	1.104.077	282.289
1994	12.366	5.804	3.033	132	3.164	1.123.830	287.585
1995	12.562	5.908	3.067	150	3.217	1.145.232	293.311
1996	12.772	6.019	3.104	170	3.274	1.168.029	299.406
1997	12.997	6.138	3.144	190	3.334	1.192.286	305.885
1998	13.229	6.260	3.186	211	3.397	1.217.257	312.558
1999	13.480	6.392	3.231	233	3.464	1.243.915	319.676
2000	13.773	6.544	3.286	256	3.543	1.274.964	327.936
2001	14.076	6.701	3.343	281	3.623	1.307.458	336.581
2002	14.404	6.780			3.663	1.343.520	341.625
2003	14.802	6.773			3.657	1.387.426	342.809
2004	15.229	6.772			3.657	1.434.963	344.572
2005	15.720	6.743			3.641	1.488.833	344.864
2006	16.253	6.715			3.626	1.547.740	345.297
2007	16.722	6.804			3.674	1.601.584	351.899
2008	17.167	6.946			3.751	1.652.103	360.985
2009	17.512	7.077			3.822	1.690.609	368.940
2010	17.696	7.195			3.885	1.711.334	375.725

Taula 43. Intensitat de l'ocupació del fons de servei d'ús domèstic (1990-2010).

Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

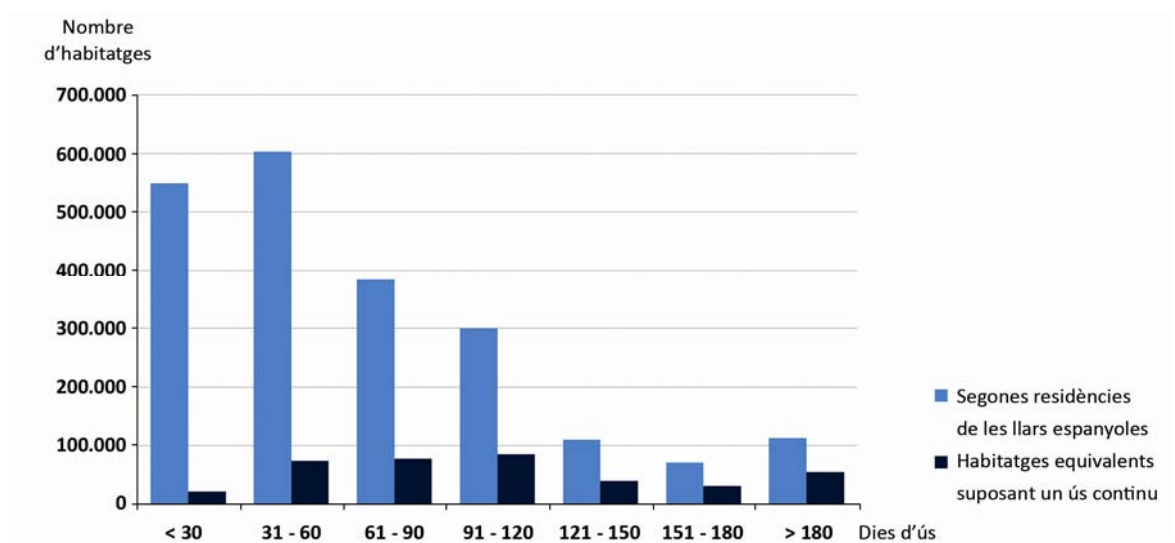


Figura 31. Quantitat de segones residències que utilitzen les llars espanyoles en relació amb els dies que s'ocupen (2001).

Font: elaboració pròpia amb dades de l'INE.

L'altre aspecte que s'ha de destacar és que el nombre de segones residències censades l'any 2001 va ser de 3.360.631, quantitat un 63 % superior al nombre de segones residències de què disposaven les llars espanyoles (2.134.084). Aquesta diferència de més d'un milió d'habitatges s'explica per les llars estrangeres que disposaven de segones residències a Espanya i per les terceres residències de les llars espanyoles a Espanya. La informació relativa als dies d'utilització d'aquests habitatges no està inclosa en el cens, per tant, no és possible valorar, tal com s'ha fet per a les segones residències de què disposen les llars espanyoles, quina és la intensitat d'ocupació d'aquests habitatges. Però independentment de la intensitat d'ocupació, cal destacar que una part molt important d'habitatges –sense descomptar les terceres residències representa un 6% del total d'habitatges censats l'any 2001– es destina a satisfer necessitats de persones que no estan censades al país. Aquest aspecte cal tenir-lo en compte a l'hora de repercutir per persona –ja sigui habitant d'un país o usuari d'un servei d'un país– la quantitat de recursos i impactes ambientals associats a la satisfacció de les necessitats d'habitar.

També es pot analitzar la intensitat d'ocupació de les primeres residències. Per fer-ho es tenen en compte les dades de la població i la superfície útil dels habitatges que proporcionen els censos de població i habitatges. La Figura 32 mostra la distribució de la població dels anys 1991 i 2001 en funció de la superfície d'habitatge habitual repercutida per ocupant. Es pot observar com amb els 10 anys de diferència hi va haver una tendència a augmentar la superfície per habitant. Segons els valors mitjans dels censos, es va passar des dels 27,3 m²/habitant als 32,6 m²/habitant. Analitzant per franges d'ocupació i en percentatge de la població –ja que aquesta va augmentar un 5 %– s'observa que la població que disposava de menys de 15 m² de primera residència per ocupant va passar de representar el 21 % de la població del 1991 a representar el 12% de la del 2001, i que a la que li corresponien més de 55 m²/habitant va passar de representar el 7 % a representar el 12% en els 10 any estudiats.

Les tendències per l'any 2010 no es poden saber de forma detallada per franges d'ocupació, però el valor mitjà d'ocupació de les primeres residències indica que se segueix la tendència a l'augment de la quantitat de superfície d'habitatges principals per persona. Segons els càlculs de la tesi, l'any 2010, a cada persona li corresponien 36,1 m² d'habitatge principal, la qual cosa suposa un augment d'un 37 % respecte al valor del 1990.

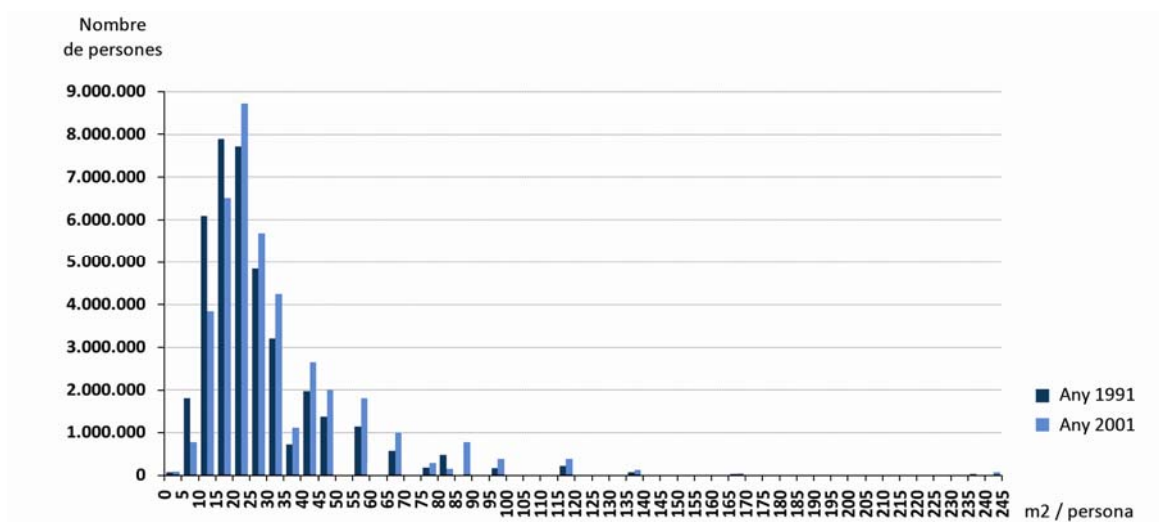


Figura 32. Distribució de la població en funció de la superfície d'habitatge principal per ocupant (1991 i 2001).

Font: Elaboració pròpia amb dades de l'INE (Censos del 1991 i del 2001).

Pel que fa a la intensitat d'ocupació del sector no domèstic amb requeriments d'habitabilitat, també s'hauria de poder distingir, dins dels locals actius, els que tenen un ús permanent dels que són de temporada. Aquesta dada només es dona com a simple aproximació per a l'any 1990, ja que en el cens del 2001 els locals de temporada no s'indicaven. Així, segons el cens de locals de l'any 1990, els locals de temporada representaven el 2,1 % del total dels actius i l'1,6 % del total. Per mantenir la coherència amb els valors de l'apartat anterior, aquests valors no diferencien els usos no domèstics amb requeriments d'habitabilitat dels usos no domèstics sense requeriments d'habitabilitat.

Característiques de l'ocupació

Les característiques de l'ocupació només es tracten en l'ús domèstic. Tot i que es podrien definir moltes característiques que poden influir en el consum de fluxos materials i, per tant, en les emissions de gasos d'efecte hivernacle, només s'escullen les que influeixen de forma més significativa en la valoració de l'habitabilitat dels habitatges ocupats permanentment.

Els criteris que s'adopten per escollir les característiques principals que poden determinar què és o no habitable es prenen del cens de població i habitatge de l'any 2001. Concretament s'analitzen els paràmetres que intervenen en el càlcul del que el cens anomena *indicador d'habitabilitat*. Aquest indicador es calcula restant a una puntuació inicial de 100 punts, que es dona a cada habitatge principal, diferents puntuacions en funció del tipus i quantitat de deficiències que acumula. Els paràmetres que es consideren així com la puntuació que cada paràmetre pot restar es llisten a la Taula 44.

Paràmetres	Descripció dels problemes o deficiències de cada paràmetre	Puntuació que es resta als 100 punts inicials
Problemes amb l'habitatge	Soroll exterior, contaminació, poca neteja dels carrers, males comunicacions, poques zones verdes, delinqüència, sense vàter i dutxa (o bany) dins l'habitatge	5 o 10 punts cada problema
Estat de l'edifici	Deficient, dolent o ruïnós	Fins a 50 punts
Instal·lacions	Evacuació d'aigües residuals, abastiment d'aigua potable, gas	Fins a 5 o 20 punts segons la deficiència
Calefacció (segons la província)	No tenir instal·lació o aparells mòbils	Fins a 20 punts
Accessibilitat (segons l'alçada de l'habitatge)	No accessible amb cadira de rodes (distingint planta baixa o resta), sense ascensor a partir de la tercera planta o a partir de la cinquena	Fins a 10 o 20 punts segons la deficiència
Superfície mitjana per habitant	Menys de 10 m ² /habitant o menys de 5 m ² /habitant	Fins a 20 punts
Edat de l'edifici	Anterior al 1951 o anterior al 1971	Fins a 10 punts
Allotjament		100 punts

Taula 44. Paràmetres que es consideren en el càlcul de l'indicador d'habitabilitat del cens de població i habitatges del 2001.

Font: elaboració pròpia amb dades de l'INE (Cens del 2001).

Sobre aquests paràmetres, cal destacar que n'hi ha que són propis del fons de servei (estat de l'edifici, accessibilitat...), d'altres que depenen de fets objectius relatius a les llars que ocupen el parc (superfície mitjana per habitant) i, finalment, hi ha els que depenen de la percepció de les persones que ocupen el parc (soroll, delinqüència...). La consideració d'aquests diferents tipus de paràmetres per valorar l'habitabilitat demostra que per avaluar-la, o per modificar-la, cal tenir en compte no només les característiques del fons de servei sinó també la distribució de la població en el parc.

Tal com estan organitzades les dades del cens del 2001, l'indicador d'habitabilitat no és una variable d'entrada amb la qual es puguin creuar altres variables, sinó que és una informació que s'associa als resultats que s'obtenen d'una cerca. Això significa que, de forma directa, no és possible saber quants habitatges es troben a cada interval de valors que defineixen l'indicador d'habitabilitat i, a més, tampoc no és possible refer el càlcul creuant totes aquestes variables a causa del secret estadístic.

És per això que s'opta per mostrar els paràmetres per separat. Els valors de la Taula 45 indiquen el nombre d'habitatges que tenen cada una de les deficiències i, en funció de la puntuació a restar, la gravetat de cada una.

Aquest conjunt de valors es pot considerar una primera aproximació a la valoració de l'habitabilitat a partir del qual es podria discutir si la puntuació i els paràmetres són els adequats. Malgrat que aquesta discussió no forma part dels objectius de la tesi i, per tant, no es desenvolupa, sí que es qüestiona un aspecte d'aquesta avaluació de l'habitabilitat que es considera clau per

assolir la sostenibilitat del sector: tal com s'ha explicat a l'apartat 3.3.3, com que l'habitabilitat depèn d'un judici de valors, el que fixa el límit entre el que és o no és habitable és variable tant al llarg del temps com dins d'un mateix període. Per tant, des del punt de vista de la sostenibilitat, en lloc de considerar la mateixa puntuació i els mateixos paràmetres per a tots els habitatges que estan ocupats, seria més adequat considerar diversos indicadors per a diferents tipus d'habitabilitats reconegudes, la qual cosa permetria ajustar la quantitat de recursos i impactes associats a aquestes habitabilitats. En aquest sentit, es podrien establir uns paràmetres i unes puntuacions mínimes imprescindibles per a qualsevol tipus d'habitabilitat i necessitats a satisfer –per exemple, els referits a l'estat de l'edifici– i d'altres que podrien dependre de les característiques específiques de les llars. D'aquest últim cas, per exemple, hi podria haver el paràmetre de l'accessibilitat, ja que es pot considerar que per satisfer les necessitats d'habitar no totes les llars necessiten poder accedir amb cadira de rodes al seu habitatge. En canvi, es tracta d'una deficiència que, segons l'indicador d'habitabilitat del cens de l'any 2001, restava entre un 5 % i un 20 % dels punts a un 77 % dels habitatges principals.

Tipus de deficiència	Nombre d'habitatges avaluables						Nombre d'habitatges no avaluables	
	Punts que resta la deficiència en funció de la gravetat (respecte a 100 punts)							
	0	5	10	15	20	30		50
Sorolls exteriors	9.860.138	4.323.887						
Contaminació	11.447.534	2.736.491						
Poca neteja dels carrers	9.600.225	4.583.800						
Males comunicacions	12.159.731	2.024.294						
Poques zones verdes	8.966.177	5.217.848						
Delinqüència o vandalisme	11.003.527	3.180.498						
Sense vàter i bany o dutxa dins l'habitatge	14.027.817		156.208					
Estat de l'edifici	12.896.420			926.659		215.301	87.468	58.178
Evacuació d'aigües residuals	13.079.470		911.273		135.105			58.178
Aigua corrent	13.543.306		540.728		41.814			58.178
Instal·lació de gas	6.529.751	7.596.097						58.178
Accessibilitat	3.270.814	4.360.704			6.452.654			99.854
Ascensor a partir de la planta 3	3.877.857	1.705.226	527.532					8.073.411
Calefacció	3.938.638		1.007.146		281.066			8.957.176
Sobreocupació	14.062.546		110.391		11.089			
Any de construcció	7.533.418	4.082.158	2.510.272					58.178

Taula 45. Quantitat d'habitatges principals afectats pels problemes o deficiències que formen l'indicador d'habitabilitat del cens de població i habitatges de l'any 2001.

Font: INE.

Independentment d'aquesta discussió, considerant la combinació de valors que aporta el cens de població i habitatges de l'any 2001, s'obté que l'indicador d'habitabilitat mitjà dels 14.184.026 habitatges principals era de 63 punts. Aquesta puntuació també permet dir, en l'àmbit teòric, que hi ha un 63 % d'habitatges principals equivalents amb una habitabilitat sense cap deficiència, és a dir, amb els 100 punts de l'indicador d'habitabilitat.

Aproximació a la valoració de l'habitabilitat del sector domèstic espanyol

Per concloure l'apartat de l'ocupació, a partir de les dades que s'han obtingut en aquesta secció, es fa una valoració aproximada de l'habitabilitat del sector domèstic espanyol. Aquesta valoració es fa per a l'any 2001, perquè és l'any per al qual es disposa de les dades més adequades.

La Figura 33 mostra la manca d'habitabilitat, l'excés d'habitabilitat i l'habitabilitat adequada. La manca d'habitabilitat està formada, per una banda, per les llars que no satisfan les necessitats d'habitar d'una manera socialment reconeguda, és a dir, els allotjaments i, per altra banda, per un 37 % teòric d'habitatges principals equivalents amb una puntuació d'un 0 de l'indicador d'habitabilitat. L'habitabilitat adequada està formada per un 63 % teòric d'habitatges principals equivalents que no tenen cap deficiència. I l'excés d'habitabilitat, que només es calcula quantitativament i no qualitativament, està format pels habitatges buits i les segones residències. Per als habitatges secundaris es fa una distinció segons la quantitat de temps que s'utilitzen, indicant que n'hi ha un 18% que corresponen a habitatges equivalents d'ús permanent. A aquesta quantitat d'habitabilitat, que es considera excés d'habitabilitat, se l'anomena *duplicada* perquè tot i que realment satisfà necessitats d'habitar, en fer-ho, es deixen desocupats habitatges principals que, per tant, deixen de satisfer necessitats.

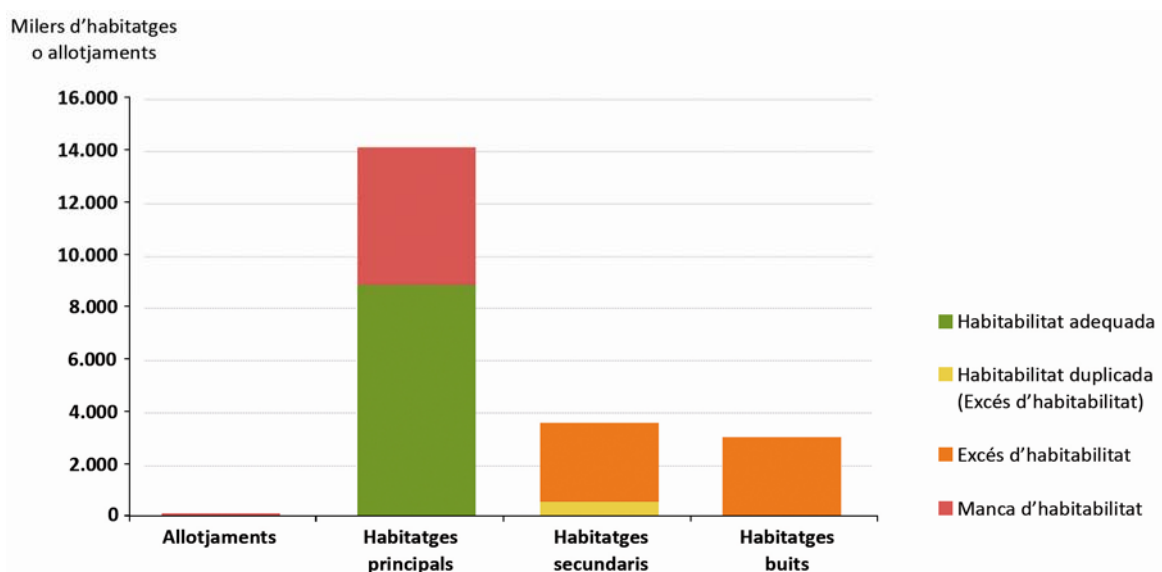


Figura 33. Valoració de l'habitabilitat del sector domèstic espanyol (2001).

Font: elaboració pròpia amb dades de l'INE.

De forma resumida es pot dir que tant si és per qüestions d'ocupació al llarg del temps com per qüestions relacionades amb les característiques de l'habitabilitat, només hi ha un 43 % del fons de servei que satisfà adequadament les necessitats dels ocupants, un 25 % que té una qualitat deficient i un 32 % que no satisfà necessitats. A més, falten un 0,02 % d'habitatges per cobrir les necessitats de les llars que ocupen allotjaments i que, per tant, queden fora del fons de servei.

Des del punt de vista de la sostenibilitat, aquesta valoració de l'habitabilitat serveix per mostrar que hi ha habitabilitats potencials que han utilitzat (o utilitzen) recursos i que no serveixen per satisfer necessitats (32 %) i que d'altres habitabilitats són deficientes i que, per tant, possiblement necessitarien més fluxos materials que els que utilitzen en l'actualitat (25 %).

3.4.7 Resultats

Com a resum de la quantificació del sector de l'edificació espanyol, la Taula 46 conté els valors que s'han considerat més representatius dels diferents elements que s'han quantificat. Els fluxos materials duradors (FM1, FM2 i FM3) s'expressen en superfície en lloc de massa per tal de coincidir amb els valors del fons de servei (FS), els fluxos materials no duradors (FM4 i FM5) s'expressen en energia i per a l'ocupació (OC) es donen dues magnituds: la superfície ocupada permanentment, és a dir, la corresponent als habitatges principals, i la superfície d'habitatge principal per persona.

Any	FM1	FM2	FM3	FM4	FM5	FS	Ocupació	
	milers m ²	milers m ²	milers m ²	TJ	TJ	milers m ²	milers de m ² d'habitatges principals	m ² d'habitatge principal / persona
1990	48.666	1.392	1.662	319.090	206.973	1.742.844	1.041.357	26,4
1991	53.968	1.544	1.843	341.078	219.187	1.782.745	1.063.084	27,3
1992	41.550	1.270	1.459	350.681	222.089	1.822.998	1.085.054	27,5
1993	41.179	1.255	1.449	347.637	222.300	1.858.414	1.104.077	27,6
1994	41.837	1.222	1.490	370.123	233.825	1.894.999	1.123.830	27,9
1995	43.770	1.306	1.835	369.978	229.448	1.933.906	1.145.232	28,5
1996	44.186	1.286	1.737	395.753	243.086	1.974.551	1.168.029	29,4
1997	49.028	1.331	1.614	419.784	249.997	2.017.800	1.192.286	29,9
1998	47.763	1.259	1.841	433.073	258.010	2.062.284	1.217.257	30,4
1999	54.865	1.617	2.197	464.704	274.885	2.109.289	1.243.915	30,8
2000	66.526	1.761	2.333	496.411	281.620	2.164.713	1.274.964	31,2
2001	67.413	1.609	2.580	521.751	295.835	2.224.389	1.307.458	31,5
2002	75.095	1.824	3.159	535.907	303.701	2.282.129	1.343.520	31,8
2003	83.879	2.116	4.286	552.610	323.035	2.342.052	1.387.426	32,3
2004	91.979	1.874	4.410	591.657	342.998	2.408.121	1.434.963	32,9
2005	94.423	1.823	4.250	626.087	356.480	2.477.592	1.488.833	33,5
2006	104.563	1.621	4.810	669.964	376.138	2.551.172	1.547.740	34,4
2007	112.980	1.755	5.351	668.429	377.034	2.631.703	1.601.584	35,1
2008	117.674	1.693	5.529	686.995	378.728	2.717.057	1.652.103	35,6
2009	79.488	1.388	5.805	647.685	356.885	2.789.268	1.690.609	36,1
2010	52.109	1.316	6.351			2.837.174	1.711.334	

Taula 46. Resum dels fluxos materials, fons de servei i ocupació del sector de l'edificació (1990-2010).

Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

En aquest apartat els fluxos materials no són comparables perquè estan en magnituds diferents. A més, la quantitat de fluxos per si mateixa no indica si es produeix o no el tancament dels cicles materials i, per tant, no és possible valorar-ne la sostenibilitat.

Les quantitats que es resumeixen a la Taula 46, i que s'han detallat a cada punt de l'apartat 3.4, són el punt de partida del capítol següent, capítol en què es calcula per cada un dels fluxos materials associats al sector de l'edificació les emissions de GEH corresponents, entenent que les emissions són un indicador de cicles materials oberts i, per tant, de la insostenibilitat.

3.5 CONCLUSIONS DEL CAPÍTOL 3

Aquest capítol consta de dues parts diferenciades de les quals es deriven dos tipus de conclusions. Les primeres es refereixen a les bases teòriques que s'han establert per caracteritzar el sector de l'edificació des del punt de vista de les emissions de GEH i les segones estan relacionades amb la quantificació dels elements que intervenen en la sostenibilitat del sector de l'edificació espanyol.

De les consideracions que s'han fet al principi del capítol sobre l'edificació sostenible –perquè es considera que és la base sobre la qual s'ha d'estructurar la caracterització del sector– en resulten els paràmetres que intervenen en la sostenibilitat del sector i també com organitzar-los per tal de permetre'n una anàlisi adequada, tant per valorar la sostenibilitat com per indicar quines són les accions que permetrien conduir el sector de l'edificació cap a la sostenibilitat. Els paràmetres de partida són els fluxos materials i l'habitabilitat, que per a l'anàlisi s'organitzen en fluxos materials (duradors i no duradors), fons de servei i ocupació.

Pel que fa a la quantificació dels elements que intervenen en la sostenibilitat del sector de l'edificació espanyol, cal dir que la informació que hi ha disponible no s'adequa a la informació que seria necessària per caracteritzar el sector, tal com s'ha plantejat de forma teòrica. La majoria de publicacions i estadístiques referents al sector s'elaboren amb finalitats diferents a la sostenibilitat i les que ho fan, la tracten de forma parcial. Tot això obliga a deixar de considerar alguns aspectes importants de la sostenibilitat del sector o a considerar-los de forma aproximada a partir de metodologies que resten fiabilitat als resultats.

L'adequació de la informació és molt diferent en funció del tipus d'ús de l'edifici i del paràmetre a considerar. En general, hi ha molta més informació –quantitativa i qualitativa– de l'ús domèstic que de l'ús no domèstic amb requeriments d'habitabilitat, la qual cosa fa que per a algun paràmetre, com ara l'ocupació i el fons de servei, l'ús no domèstic amb requeriments d'habitabilitat només es consideri de forma molt aproximada.

De tots els paràmetres considerats, els fluxos materials no duradors són els que tenen unes fonts d'informació més adequades per fer la caracterització. En canvi, la informació original que ha servit per calcular els fluxos materials duradors i el fons de servei, no sempre ha pogut ser

suficientment contrastada i, normalment, ha requerit diverses operacions per adequar-la al tipus d'organització necessària per fer la caracterització proposada. A més, la comprovació de la fiabilitat dels resultats obtinguts en alguns d'aquests casos no s'ha pogut fer, precisament, per falta de dades adequades.

La cerca i el procés d'elaboració de dades que s'ha fet en aquest capítol apunta clarament a una futura línia d'investigació relacionada amb l'adequació de la informació necessària per poder caracteritzar adequadament el sector de l'edificació des del punt de vista dels elements que intervenen en la seva sostenibilitat. L'elaboració d'una part d'aquesta informació s'ha d'iniciar des del plantejament, com ara la que ha de permetre valorar l'habitabilitat; mentre que una altra part d'aquesta informació ja existeix però cal agregar-la i adequar-la a la caracterització, com, per exemple, la relacionada amb la quantitat del fons de servei.

Malgrat la dificultat per recollir i elaborar la informació de forma adequada, es pot afirmar que en aquest capítol s'ha aconseguit una caracterització numèrica aproximada del sector de l'edificació espanyol des del punt de vista dels elements que intervenen en la sostenibilitat d'aquest sector.

Els resultats obtinguts indiquen que el sector de l'edificació espanyol ha necessitat 154 milions de tones de mitjana anual de fluxos materials duradors durant el període 1990-2010, i 778.083 TJ de mitjana anual de fluxos materials no duradors durant el període 1990-2009.

Els 154 milions de tones anuals de fluxos materials duradors han contribuït a que la superfície del fons de servei augmentés un 63 % durant el període analitzat, passant dels 1.743 milions de metres quadrats de l'any 1990 als 2.837 milions de metres quadrats de l'any 2010. De la superfície que ha constituït el fons de servei durant el període 1990-2010, entre un 12 % i un 15 % es va destinar a usos no domèstics amb requeriments d'habitabilitat i la resta, a usos domèstics.

Pel que fa els usos domèstics, al llarg del període, entre un 68 % i un 71 % de la superfície ha tingut una ocupació permanent (habitatges principals). Aquesta superfície ha augmentat seguint la mateixa proporció que la totalitat del fons de servei, i com que la població ha augmentat en una proporció molt menor, la superfície d'habitatge principal repercutida entre la població espanyola ha augmentat dels 26 m²/habitant l'any 1990 als 36 m²/habitant el 2009.

**EMISSIONS DE GASOS D'EFECTE HIVERNACLE
DEL SECTOR DE L'EDIFICACIÓ**

Capítol

4

En aquest capítol es valora la insostenibilitat del sector de l'edificació espanyol durant el període 1990-2009 a partir de la quantificació de les emissions que s'associen a aquest sector. Conceptualment s'entén el sector de l'edificació tal com ha estat caracteritzat al capítol 3 i, per tant, les emissions s'associen a tots i cada un dels fluxos materials que han estat identificats com a involucrats en l'habitabilitat i dels que ha estat possible la quantificació.

El capítol present s'estructura en cinc parts. A la primera, s'explica el perquè de la utilització del diòxid de carboni com a indicador de la insostenibilitat del sector; a la segona, es calculen i/o es justifiquen els factors de conversió a gasos d'efecte hivernacle (GEH) dels diferents fluxos materials que s'han quantificat al capítol anterior; a la tercera, es calculen i analitzen les emissions associades a la globalitat del sector; a la quarta, es caracteritza el sector tenint en compte les emissions de gasos d'efecte hivernacle i l'habitabilitat del sector; i, finalment, a la última part, s'exposen les conclusions del capítol.

4.1 EL DIÒXID DE CARBONI COM A INDICADOR DE LA INSOSTENIBILITAT

En aquest apartat es justifica el fet d'utilitzar els gasos d'efecte hivernacle (GEH), i concretament, el diòxid de carboni com a indicador de la insostenibilitat del sector de l'edificació³⁴.

El diòxid de carboni que s'acumula a l'atmosfera i no és reabsorbit pels sistemes naturals del planeta, és carboni que descompensa el cicle natural del carboni o, dit d'una altra manera, és carboni que deixa el seu cicle obert. Per tant, totes aquelles activitats que contribueixen a emetre a l'atmosfera més quantitat de carboni que el dels cicles naturals, no compleixen la condició necessària de la sostenibilitat que consisteix a tancar els cicles materials de tots els fluxos materials implicats en proveir una determinada utilitat.

A més, l'ús que la societat fa dels combustibles fòssils, no només és insostenible pel carboni que s'allibera a l'atmosfera sinó que també ho és perquè afavoreix un model general de gestió de recursos també insostenible: la potència energètica que aporten de forma fàcil permet accedir a recursos minerals no renovables de la litosfera i explotar-los insosteniblement.

³⁴ Els arguments principals d'aquest apartat s'extreuen de la ponència "Emissions de CO₂ en el sector de l'edificació" (Pagès i Cuchí 2006).

L'origen antropogènic principal de les emissions de diòxid de carboni a l'atmosfera és la crema de combustibles fòssils per obtenir energia. La necessitat d'utilitzar energia per dur a terme gairebé qualsevol activitat de la societat, juntament amb què actualment més del 80 % de l'energia primària mundial prové dels combustibles fòssils (International Energy Agency –IEA– 2011), fa que el diòxid de carboni sigui representatiu de l'ús d'energia i per tant representatiu de la insostenibilitat. En l'àmbit energètic, el diòxid de carboni només deixa de ser representatiu de la insostenibilitat al no considerar l'energia nuclear, que actualment correspon a un 6 % de l'energia primària mundial (IEA 2011).

Una altra raó que justifica que el diòxid de carboni sigui un bon indicador de la insostenibilitat és pel tipus d'impacte que provoca: el canvi climàtic. Com que es tracta d'un impacte que es dona a escala global, es pot combatre des de qualsevol punt del planeta; i com que està reconegut per la comunitat internacional amb acords vinculants per fer-hi front, s'han generat metodologies de quantificació de les emissions per qualsevol tipus d'activitat. Tot això converteix les emissions de diòxid de carboni equivalent en una unitat que es pot reconèixer des de tots els àmbits, amb la que no només es pot fer front al canvi climàtic sinó també a la insostenibilitat.

4.2 FACTORS DE CONVERSIÓ A GASOS D'EFECTE HIVERNACLE

A continuació es calculen els diferents factors de conversió a GEH que s'aplicaran a cada un dels fluxos materials que s'han identificat al capítol 3.

El procediment d'obtenció dels valors relatius als fluxos materials duradors és diferent que el relatiu als fluxos no duradors. Pel que fa als primers és imprescindible identificar cada un dels materials per poder-li associar una quantitat d'emissions; en canvi, les emissions associades als fluxos materials no duradors –que són els materials que s'utilitzen amb finalitats energètiques³⁵– estan, en part, quantificades i disponibles de forma directa.

Els gasos d'efecte hivernacle que es calculen són només els principals. El diòxid de carboni es calcula en tots els casos, i l'òxid nítrós i el metà en els fluxos dels quals es disposa d'informació. Els resultats finals es mostren, per tant, en diòxid de carboni equivalent, la qual cosa no significa que inclogui tots els tipus de gasos.

³⁵ L'aigua també és un flux material no durador, però, tal com s'ha especificat anteriorment, en aquesta tesi no es quantifica.

4.2.1 Emissions de diòxid de carboni associades als fluxos materials duradors

FM1. FLUXOS MATERIALS DURADORS QUE MODIFIQUEN LA QUANTITAT DEL FONTS DE SERVEI

Els impactes ambientals, i concretament les emissions de diòxid de carboni, que generen els materials que componen els fluxos materials duradors que modifiquen la quantitat del fons de servei (FM1) es produeixen bàsicament en el procés d'extracció de les matèries primeres i en el procés de fabricació dels elements que formaran part de l'obra nova.

En el capítol 3 s'ha obtingut informació sobre la quantitat de superfície que s'afegeix al fons de servei i quines són les seves característiques, és a dir, quines quantitats de diferents tipus de materials formen aquesta unitat de superfície.

Hi ha diversos manuals i bases de dades que disposen d'informació sobre la quantificació d'aquest impacte associat a diferents materials de construcció. En aquesta tesi, però, només es treballa amb els valors que formen part del mòdul de gestió mediambiental de l'aplicació informàtica TCQ2000 (ITeC 2006a, 2010b). Aquest programa, desenvolupat per l'Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya (ITeC) i utilitzat entre d'altres tasques per realitzar els amidaments i el pressupost d'un projecte d'urbanització, edificació, rehabilitació o enginyeria civil, disposa d'un banc de dades en què les diferents partides d'obra estan desagregades per elements simples als que s'associa la quantitat de diòxid de carboni emesa en el procés de la fabricació.

Aquestes quantitats –quantitat de CO₂ per quantitat de material– es llisten a la Taula 47 per cada un dels materials que s'han identificat i quantificat al capítol 3 com a característics d'una unitat de superfície de les diferents tipologies d'edifici d'obra nova. Com que en el treball que s'ha utilitzat per extreure aquesta informació hi participava també l'ITeC, la informació referent a la descripció dels diferents materials és molt homogènia. Només en alguns casos molt puntuals la descripció no és idèntica però sí que és fàcilment adaptable.

Aplicant aquests factors a cada un dels materials que formen els tres tipus d'unitat de superfície d'edificació d'obra nova que s'han caracteritzat al capítol anterior –edificis d'habitatges plurifamiliars, unifamiliars i no destinats a habitatge– s'obtenen els quilograms de diòxid de carboni associats a aquestes unitats de superfície. El resultat d'aquest càlcul –detallat pels materials amb més impacte a la Taula 48– indica que els kg de CO₂ associats a la fabricació dels materials que conformen un m² d'habitatge unifamiliar són 731, els associats a un edifici d'habitatges plurifamiliar són 611 i els associats als edificis que no són d'habitatge són 640.

Material	kgCO ₂ / kg de material	Material	kgCO ₂ / kg de material
ABS	14,76	Guix	0,16
Acer	2,82	Làtex	1,47
Acer cromat	3,81	Llana	0,27
Acer esmaltat	3,81	Llana de roca	1,41
Acer galvanitzat	3,13	Llautó	15,68
Acer inoxidable	4,53	Llautó cromat	15,95
Acer laminat	2,80	Massilla acrílica	2,95
Acer pintat al forn	3,92	Massilla de poliuretà	2,95
Acer recuit	3,40	Massilla de silicona	2,95
Additiu	13,73	Màstic	11,51
Adhesiu copolímer acrílic	6,64	Metacrilat	7,93
Adhesiu de cautxú sintètic	6,64	Mortor prefabricat	0,22
Adhesiu de PVC	6,64	Mortor prefabricat alleugerit	0,24
Adhesiu en dissolució aquosa	6,64	Mortor prefabricat d'argila expandida	0,19
Aigua	0,00	Mortor prefabricat polit	0,19
Alumini	9,27	Mortor prefabricat silicocalcari	0,19
Alumini anoditzat	33,37	Neoprè	17,71
Alumini lacat	32,05	Niló	14,76
Argila expandida	0,14	Oli sintètic	14,76
Bentonita	0,01	Oxiasfalt	1,47
Betum asfàltic	6,48	Paper	1,80
Bronze	4,58	Pedra natural	0,02
Butil	14,76	Perlita expandida	0,14
Calç	0,83	Pintura acrílica	3,64
Cartró-guix	0,36	Pintura plàstica	2,95
Cautxú sintètic	16,28	Plom	22,42
Ceràmica	0,21	Policarbonat	11,66
Ceràmica alleugerida	0,17	Polièster	7,93
Ceràmica esmaltada	0,57	Polièster reforçat	7,93
Ceràmica vidriada	0,54	Poliestirè	14,76
Ciment	0,83	Poliestirè expandit	17,27
Cola	14,76	Poliestirè extrudit	17,27
Coure	14,70	Polietilè	15,06
Coure recuit	14,90	Polietilè expandit	15,06
Coure semidur	14,70	Polipropilè	11,66
Escaiola	0,16	Pols de quarç	0,63
Escuma de polietilè	12,58	Pols seca polivalent	14,76
Escuma de poliuretà	10,33	Porcellana	2,32
Esmalt sintètic	13,29	PVC	10,33
Ferro colat esmaltat	4,23	Quitrà	1,47
Fibra de vidre	0,22	Resina epoxi	13,73
Fibra vegetal	0,15	Resina sintètica	13,73
Fibrociment	0,89	Silicona	16,68
Formigó cel·lular prefabricat	0,46	Suro aglomerat	0,24
Formigó prefabricat	0,22	Tauler de partícules de fusta	1,35
Fosa	2,62	Tauler de partícules de fusta xapat	1,70
Fusta	0,06	Terratzo	0,22
Granulats petris	0,01	Vermiculita expandida	0,14
Gres esmaltat	0,82	Vernís sintètic	14,76
Gres extrudit	0,63	Vidre	0,94
Gres extrudit esmaltat	0,82	Vidre trempat	1,54
Gres porcellànic	1,02	Vinil	11,81
Gres premsat esmaltat	0,82	Zinc	6,36

Taula 47. Emissions associades a la fabricació dels material de construcció.

Font: ITeC (2010b).

Material	kgCO ₂ /m ² construït d'obra nova			Material	kgCO ₂ /m ² construït d'obra nova		
	Plurifa- miliars	Unifa- miliars	No des- tinat a habitatge		Plurifa- miliars	Unifa- miliars	No des- tinat a habitatge
ABS	1,5	1,5	2,2	Gres extrudit esmaltat	0,2	0,8	a
Acer	70,2	98,7	81,4	Gres porcellànic	1,5	1,5	0,3
Acer esmaltat	1,9	1,1	0,6	Gres premsat esmaltat	2,6	1,8	a
Acer galvanitzat	11,3	12,5	11,3	Guix	2,1	1,8	1,3
Acer inoxidable	0,9	0,5	0,7	Gres extruït	0,3	0,4	
Acer laminat	1,7	11,2	9,2	Llana de roca			0,9
Acer pintat al forn	1,2	1,2	8,6	Llautó	1,6	1,6	0,8
Acer recuit	0,3	1,0	0,7	Llautó cromat	1,6	1,6	0,8
Additiu	46,7	45,3	133,1	Massilla acrílica			0,3
Adhesiu copolímer acrílic		0,7		Massilla de silicona	1,2	1,2	1,0
Adhesiu de cautxú sintètic		0,7	1,0	Morter prefabricat (MP)	10,1	31,3	32,0
Alumini	0,9	0,9	0,5	MP alleugerit		2,6	
Alumini anoditzat	23,4	10,0		MP d'argila expandida		1,2	
Alumini lacat	67,3	80,1	51,3	MP polit	0,1	0,1	
Argila expandida	1,3	2,0	1,6	MP silicocalcari		1,3	
Betum asfàltic	2,6	3,2	7,5	Neoprè	7,1	8,9	8,0
Butil		1,5	3,7	Niló		1,5	
Calç	30,7	41,5	13,7	Oxiasfalt	0,9	0,7	
Cartró-guix	0,2	0,2	0,7	Pedra natural	0,2	0,1	
Cautxú sintètic		1,6		Pintura plàstica	5,0	3,5	3,1
Ceràmica	106,9	106,6	38,2	Poliestirè	1,5	1,5	1,5
Ceràmica alleugerida	2,4	2,1		Poliestirè expandit	3,5	6,9	1,7
Ceràmica esmaltada	4,0	3,5		Poliestirè extrudit	3,5	3,5	6,9
Ceràmica vidriada		0,1		Polipropilè			0,6
Ciment	124,9	159,7	140,4	Pols de quarç	1,6	0,8	2,6
Cola	8,9	8,9	2,2	Pols seca polivalent			2,2
Coure	2,9	1,5	2,2	Porcellana	1,4	1,4	1,2
Coure recuit	7,4	7,4	6,7	PVC	20,7	17,6	10,3
Escaiola	0,2	0,1		Resina sintètica	1,4	1,4	2,1
Escuma de poliuretà	2,1	2,1	1,0	Silicona	1,7		0,8
Esmalt sintètic		1,3	10,6	Suro aglomerat	0,1		
Ferro colat esmaltat			0,4	Tauler partícules fusta	0,1	0,1	0,2
Fibra de vidre		0,1		Terratzo	3,9	2,1	13,2
Fibrociment	0,4	0,1		Vernís sintètic			0,7
Formigó cel·lular prefabricat	0,1	0,6		Vidre	2,3	1,9	1,1
Formigó prefabricat	2,6	8,1	6,6	Zinc		0,6	
Fusta	0,6	0,9	0,3	Altres	0,1		0,1
Granulats petris	8,7	12,4	9,4				
Gres esmaltat	0,6	0,5	0,5	Total	611	731	640

Taula 48. Emissions per unitat de superfície d'obra nova de diferents tipus d'edificis.
Font: elaboració pròpia amb dades del CIES i de l'ITeC (2010b).

En relació a aquests valors cal fer un comentari sobre la seva fiabilitat. En aquest sentit, cal dir que les emissions associades als edificis d'habitatges –unifamiliars i plurifamiliars– tenen una fiabilitat molt elevada; i en canvi, les associades als edificis que no estan destinats a habitatges la tenen més limitada. La valoració de la fiabilitat depèn de dos factors; per una banda, de la identificació i quantificació dels diferents materials que formen els edificis i, per l'altra, dels factors de diòxid de carboni utilitzats.

Pel que fa als materials que formen els edificis, cal recordar que el document *Treballs de recerca previs per a la redacció del Llibre Blanc per a l'Etiquetatge Verd dels productes per a la construcció* (CIES) –d'on s'ha extret aquesta informació– elabora aquestes dades amb una mostra extensa i representativa dels edificis d'habitatges però reduïda i heterogènia per la resta d'usos, la qual cosa en condiciona la fiabilitat.

I pel que fa als factors de diòxid de carboni, en lloc de treballar sobre els valors que aporta el mateix treball del CIES, s'ha optat per operar amb informació actualitzada de l'any 2010 de la base de dades de l'ITeC. D'aquesta manera s'augmenta la fiabilitat global de les dades dels diferents tipus d'edificis i es comprova que els valors resultants del treball del CIES són lleugerament superiors als utilitzats en aquest apartat de la tesi. En el treball esmentat s'associen unes emissions de $733 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2$ mitjà d'obra nova.

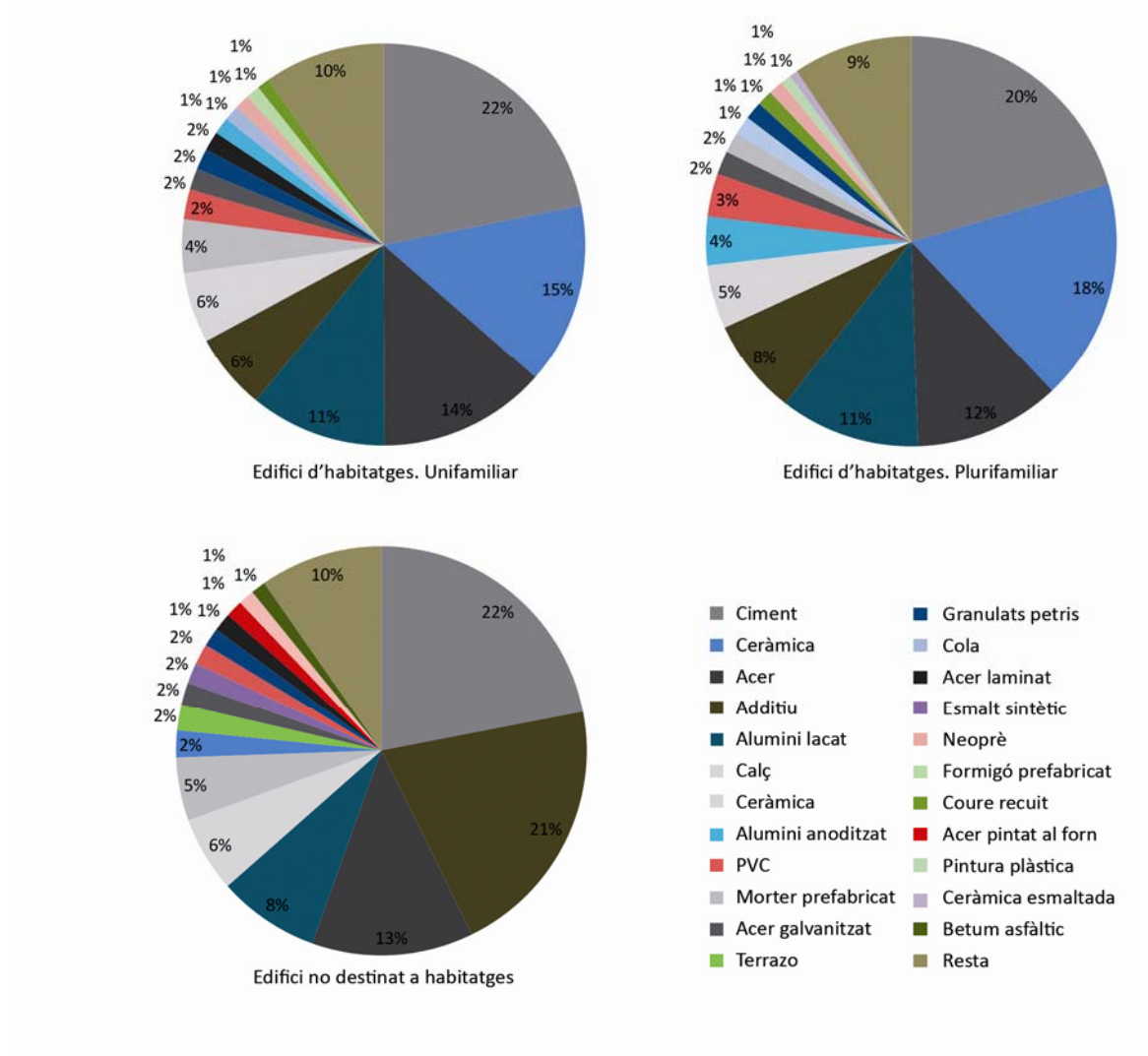


Figura 34. Distribució del diòxid de carboni associat a la fabricació dels materials d'1 m² d'obra nova de diferents tipus d'edificis.

Font: elaboració pròpia amb dades del CIES i de l'ITeC (2010b).

Analitzant els valors obtinguts per cada un dels materials, cal destacar que el ciment és el que més impacte genera, amb valors al voltant del 20 % en els tres casos. Seguint al ciment, hi ha la ceràmica, l'acer, l'alumini lacat i l'additiu, amb diferent ordre segons el tipus d'edifici però representant en tots els casos més del 6 % de les emissions (Figura 34).

A diferència del repartiment de la massa dels diferents tipus de materials, en què els granulats petris representen més del 50 %, en l'anàlisi de les emissions representen menys del 2 %. En canvi, materials que representaven un pes inferior al 0,1 %, apareixen en el càlcul del diòxid de carboni en proporcions gens menyspreables, com ara l'alumini lacat, el PVC, l'alumini anoditzat, etc.

A part de les emissions associades a la fabricació dels materials, que són les més significatives, es pot afinar la quantitat d'emissions associades a un m² d'obra nova quantificant les emissions associades al transport dels materials des de la fàbrica fins a l'obra i les de la posta en obra. Es tracta de valors d'un altre ordre de magnitud que s'extreuen de la tesi titulada *La sostenibilitat en la arquitectura industrializada* (Wadel 2010). En aquesta tesi, per a una construcció convencional, es xifra en 15,01 kg de CO₂ les emissions del transport i en 43,21 kg de CO₂ les de la construcció. Aquestes valors es refereixen a un edifici d'habitatges i són per una localització concreta. Tot i això es fan extensives a tots els tipus d'edificis i a tot el territori espanyol i, per tant, se sumen directament als valors d'emissions de la fabricació (Taula 49).

	Fabricació (kgCO ₂ /m ²)	Transport (kgCO ₂ /m ²)	Construcció (kgCO ₂ /m ²)	TOTAL (kg CO ₂ /m ²)
Edifici d'habitatges plurifamiliar	611	15	43	669
Edifici d'habitatges unifamiliar	731	15	43	789
Edifici no destinat a habitatges	640	15	43	698

Taula 49. Emissions per unitat de superfície dels fluxos materials associats a l'obra nova (FM1).

Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

En resum, les dades finals a considerar per m² d'obra nova (grup FM1) són 669 kgCO₂/m² pels edificis d'habitatges plurifamiliar, 789 kgCO₂/m² pels unifamiliars i 698 kgCO₂/m² pels que no estan destinats a habitatges.

FM2. FLUXOS MATERIALS DURADORS QUE MODIFIQUEN LES CARACTERÍSTIQUES DEL FONS DE SERVEI

Per tal com s'ha estructurat la informació disponible a l'apartat 3.4.2 –punt que correspon a la quantificació dels fluxos materials duradors que modifiquen les característiques del fons de servei (FM2)– les emissions associades a una unitat de superfície d'aquest grup són les mateixes que les d'una unitat de superfície del grup FM1.

Cal recordar que, amb la simplificació feta en el capítol anterior, només s'han quantificat les obres d'ampliació i que els materials que intervenen a cada m² ampliat s'han assimilat a les característiques de l'obra nova.

L'única diferència que hi ha respecte els factors d'emissió d'un metre quadrat d'obra nova és que en el cas dels edificis d'habitatges no es pot fer la distinció entre els que són unifamiliars i els que són plurifamiliars. Per tant, enfront la impossibilitat de fer una mitjana ponderada dels valors d'emissions associats als diferents tipus d'edifici d'habitatge, s'opta per fer una mitjana aritmètica per obtenir el valor d'emissions associat a un metre quadrat d'edifici d'habitatges. Les emissions de la fabricació d'aquest metre quadrat són 671 kgCO₂ a les que cal sumar-hi les emissions del transport i la construcció que, tal com mostra la Taula 50, són les mateixes que en el cas de l'obra nova.

	Fabricació (kgCO ₂ /m ²)	Transport (kgCO ₂ /m ²)	Construcció (kgCO ₂ /m ²)	Total (kgCO ₂ /m ²)
Edifici d'habitatges	671	15	43	729
Edifici no destinat a habitatges	640	15	43	698

Taula 50. Emissions per unitat de superfície dels fluxos materials associats a les obres d'ampliació (FM2).
Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

FM3. FLUXOS MATERIALS DURADORS QUE MANTENEN LES CARACTERÍSTIQUES INICIALS DEL FONS DE SERVEI

Les emissions que s'associen a la quantitat de fluxos materials duradors que mantenen les característiques inicials del fons de servei (FM3) es calculen amb coherència amb la quantificació que s'ha fet d'aquests fluxos al capítol anterior. Cal recordar que la informació elaborada sobre aquest flux no es correspon exactament amb la classificació que es proposa a la tesi: es consideren, per una banda, obres de rehabilitació que podrien estar incloses al grup FM2 i, per l'altra, no es consideren els fluxos materials associats al manteniment d'edificis d'actuacions que no necessiten la intervenció d'un arquitecte tècnic.

Les emissions associades als materials de construcció d'una unitat de superfície rehabilitada d'un edifici mitjà es detallen a la Taula 51. Un metre quadrat d'aquest tipus d'obra implica l'emissió de 324 kg de CO₂.

La distribució dels materials que més contribueixen a les emissions d'una unitat de superfície rehabilitada es mostra a la Figura 35. A diferència dels casos anteriors, és necessari comptar molts més elements –com a mínim 19– per arribar al 90 % de les emissions dels materials que intervenen en aquest tipus d'obra.

Material	kgCO ₂ /m ² de rehabilitació	Material	kgCO ₂ /m ² de rehabilitació
ABS	1,48	Granulats petris	2,64
Acer	24,53	Gres esmaltat	0,41
Acer esmaltat	0,76	Gres extrudit	0,50
Acer galvanitzat	10,64	Gres extrudit esmaltat	0,25
Acer inoxidable	0,45	Gres porcelànic	0,71
Acer laminat	29,68	Gres premsat esmaltat	1,15
Acer pintat al forn	1,57	Guix	1,04
Acer prelacat	1,45	Llana de roca	0,42
Additiu	21,96	Massilla acrílica	0,59
Aigua	0,01	Massilla de silicona	1,18
Alumini	0,93	Mortor prefabricat	8,20
Alumini anoditzat	30,03	Mortor prefabricat alleugerit	0,02
Alumini lacat	54,48	Mortor prefabricat d'argila expandida	2,66
Argila expandida	0,31	Mortor prefabricat polit	0,02
Betum asfàltic	1,94	Neoprè	8,86
Calç	8,47	Oxiasfalt	0,44
Cartró-guix	1,08	Pedra natural	0,10
Cautxú sintètic	1,63	Pintura acrílica	2,91
Ceràmica	22,91	Poliestirè	1,48
Ceràmica esmaltada	3,14	Poliestirè expandit	1,73
Ciment	36,65	Pols de quarç	0,32
Cola	7,38	Pols seca polivalent	1,48
Coure	1,47	Porcellana	1,16
Coure recuit	4,47	PVC	9,30
Escaiola	0,14	Resina sintètica	1,37
Escuma alveolar	1,03	Tauler de partícules de fusta	0,14
Fibra de vidre	0,07	Terratzo	0,86
Fibrociment	0,09	Vidre	2,26
Formigó prefabricat	2,42	Altres*	
Fusta	0,28	Total	323,62

*Acer cromat, acer recuit, adhesiu copolímer acrílic, adhesiu de cautxú sintètic, adhesiu de PVC, adhesiu en dissolució aquosa, bronze, butil, ceràmica vidriada, coure semidur, diòxid de carboni, escuma de poliuretà, esmalt sintètic, fibra vegetal, formigó cel·lular prefabricat, fosa, làtex, llautó, llautó cromat, massilla de poliuretà, màstic, metacrilat, mini de plom, niló, oli sintètic, paper, perlita expandida, plom, policarbonat, polièster, polièster reforçat, poliestirè extrudit, polietilè, polietilè expandit, polipropilè, quitrà, silicona, tauler de partícules de fusta xapat, vermiculita expandida, vernís sintètic, vinil i zinc.

Taula 51. Emissions per unitat de superfície d'obra rehabilitada.
Font: elaboració pròpia amb dades del CIES i de l'ITeC (2010b).

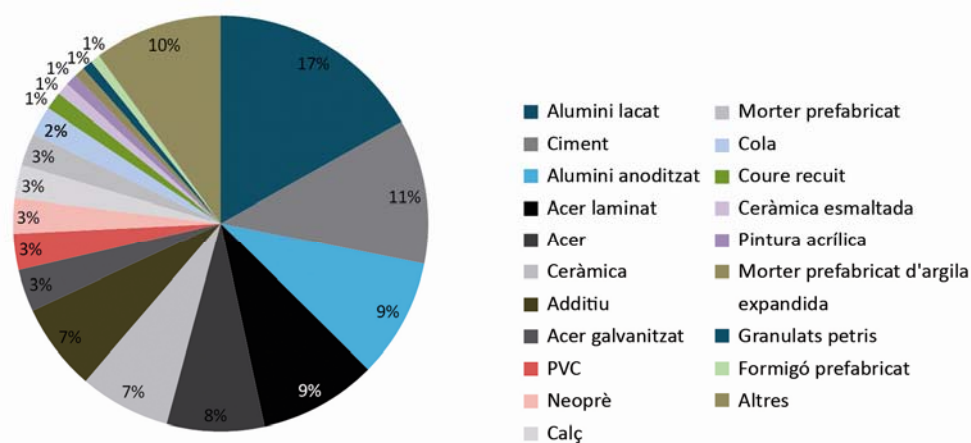


Figura 35. Distribució del diòxid de carboni associat a la fabricació dels materials d'un m² d'obra de rehabilitació.

Font: elaboració pròpia amb dades del CIES i de l'ITeC (2010b).

Finalment, també s'afegeixen a les emissions de la fabricació dels materials, les emissions del transport i la construcció. Aquests valors s'han estimat de forma proporcional a la massa del material que constitueix aquesta unitat de superfície en relació a la massa del metre quadrat d'obra nova d'un edifici tipus d'habitatges plurifamiliar. Així el valor total a considerar és de $342 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2$.

	Fabricació (kgCO_2/m^2)	Transport (kgCO_2/m^2)	Construcció (kgCO_2/m^2)	Total (kgCO_2/m^2)
Edifici rehabilitat	324	5	14	342

Taula 52. Emissions per unitat de superfície dels fluxos materials associats a obres de rehabilitació (FM3).
Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

4.2.2 Emissions de diòxid de carboni associades als fluxos materials no duradors

En el cas dels fluxos materials relacionats amb el consum energètic (FM4 i FM5) cal calcular el factor de conversió a emissions només de la part del consum que és elèctric. Les emissions associades al consum no elèctric s'obtenen directament –sense necessitat d'utilitzar factors de conversió– dels inventaris d'emissions que elabora l'estat espanyol.

El factor de conversió d'energia elèctrica a emissions de gasos d'efecte hivernacle, també conegut com a mix elèctric, es pot trobar calculat de diferents maneres a varies fonts. Els resultats són valors diferents, dels quals no sempre és fàcil obtenir-ne la metodologia i que, a més, no sempre estan calculats per tots els anys. En aquesta tesi, per poder treballar amb valors homogenis al llarg del període estudiat i també per conèixer-ne l'origen, s'opta per calcular-lo de la manera que millor s'adequa a les necessitats de la present investigació.

Per calcular el mix elèctric es tenen en compte les dades d'emissions que generen les instal·lacions nacionals de producció d'electricitat i les dades referides al consum final d'energia elèctrica. D'aquesta manera s'assignen unes emissions mitjanes de GEH a cada kWh elèctric d'energia final que qualsevol activitat de l'estat espanyol consumeix, la qual cosa significa que també es tenen en compte les emissions associades a les pèrdues d'energia del transport i transformació de l'electricitat. Els valors utilitzats per calcular el mix elèctric espanyol, així com el mix que s'utilitza en els càlculs posteriors es mostren a la Taula 53.

Any	Emissions generades en la producció d'electricitat (1)	Energia final consumida (2)	Mix elèctric espanyol	
	GgCO ₂ -eq		GWh	gCO ₂ -eq/kWh
1990	64.538	125.799	513	0,143
1991	65.245	128.637	507	0,141
1992	72.870	130.769	557	0,155
1993	67.130	130.683	514	0,143
1994	66.064	136.965	482	0,134
1995	71.937	140.911	511	0,142
1996	58.982	147.182	401	0,111
1997	70.737	159.028	445	0,124
1998	69.859	165.173	423	0,117
1999	85.873	177.252	484	0,135
2000	90.219	188.459	479	0,133
2001	84.652	200.953	421	0,117
2002	98.839	205.510	481	0,134
2003	91.715	217.898	421	0,117
2004	100.682	230.669	436	0,121
2005	110.796	242.222	457	0,127
2006	102.256	256.466	399	0,111
2007	108.238	262.233	413	0,115
2008	91.519	268.731	341	0,095
2009	75.722	255.368	297	0,082

(1) EIONET: Inventari de GEH: 1A1 a. Public Electricity and Heat Production

(2) Eurostat: Final Energy Consumption

Taula 53. Mix elèctric espanyol (1990-2009).
Font: elaboració pròpia amb dades de EIONET i Eurostat.

La Figura 36 mostra gràficament els valors de la taula anterior i permet observar que el mix elèctric espanyol ha tingut una tendència decreixent al llarg del període analitzat. Concretament, les emissions associades a un kWh elèctric consumit l'any 2009, que van ser de 297 gCO₂-eq, són un 42 % inferiors a les associades al mateix kWh de l'any 1990.

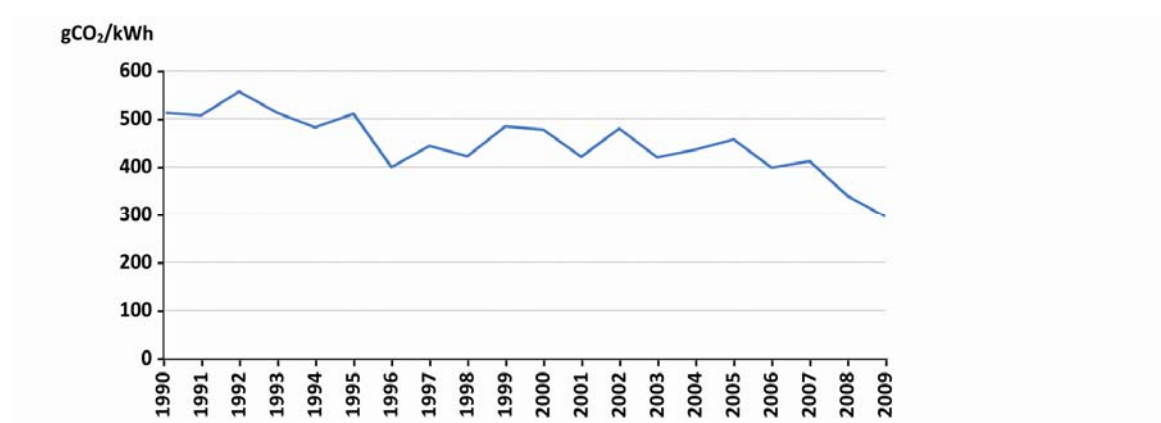


Figura 36. Mix elèctric espanyol (1990-2009).
Font: elaboració pròpia amb dades de EIONET i Eurostat.

4.3 CÀLCUL I ANÀLISI DE LES EMISSIONS DE DIÒXID DE CARBONI ASSOCIADES AL SECTOR DE L'EDIFICACIÓ ESPANYOL

4.3.1 Càlcul de les emissions associades als fluxos materials duradors

En aquest apartat es calculen les emissions de GEH associades als fluxos materials duradors. El càlcul consisteix en una multiplicació directa de cada un dels fluxos materials que s'han quantificat en els apartats 3.4.1, 3.4.2 i 3.4.3 pels corresponents factors d'emissió a kg de CO₂ que s'han calculat en l'apartat anterior.

Els resultats d'aquesta operació, detallats any a any per als fluxos FM1, FM2 i FM3, es mostren a la Taula 54. Aquests resultats indiquen que durant el període 1990-2010 les emissions associades als fluxos materials duradors van ser de 49.160 GgCO₂ de mitjana anual. D'aquestes emissions, el 96 % –concretament 46.994 GgCO₂/any– van estar relacionades amb els fluxos materials de l'obra nova (FM1) i només 2.166 GgCO₂/any van ser conseqüència de les intervencions en el parc edificat.

Any	FM1 (GgCO ₂)			FM2 (GgCO ₂)		FM3 (GgCO ₂)
	Habitatges familiars (ús domèstic)		No destinats a habitatges (amb habitabilitat)	Destinats a habitatges (ús domèstic)	No destinats a habitatges (amb habitabilitat)	
	Unifamiliars	En bloc				
1990	7.037	21.094	5.735	442	549	568
1991	7.804	23.392	6.360	490	609	630
1992	5.828	17.470	5.618	366	536	499
1993	5.842	17.416	5.404	366	525	496
1994	6.363	17.135	5.695	415	456	509
1995	7.244	18.178	5.177	388	540	628
1996	7.748	18.110	5.092	372	542	594
1997	8.313	20.113	5.883	329	614	552
1998	8.358	19.719	5.370	402	494	630
1999	10.210	22.398	5.894	467	682	751
2000	11.788	26.304	8.562	499	752	798
2001	11.036	26.762	9.369	511	634	882
2002	11.315	30.425	10.662	535	761	1.080
2003	12.883	33.249	12.460	544	956	1.466
2004	14.092	36.576	13.573	433	893	1.508
2005	16.409	37.570	12.192	449	842	1.454
2006	17.681	43.753	11.693	536	618	1.645
2007	17.201	48.307	13.242	550	698	1.830
2008	17.397	47.249	17.449	545	660	1.891
2009	10.849	29.955	14.632	410	576	1.985
2010	6.305	19.868	10.065	372	563	2.172

Taula 54. Emissions de GEH associades als fluxos materials duradors (1990-2010).
Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

Cal recordar que, a causa de la metodologia que s'ha aplicat per quantificar els fluxos materials, aquestes emissions són les mínimes que es poden associar als fluxos materials duradors del sector de l'edificació. L'anàlisi que s'ha fet per valorar la fiabilitat de les dades amb què es treballa

indica que els valors de les emissions associades a l'obra nova podrien ser fins a un 11 % superiors als valors que s'han obtingut. I pel que fa a les emissions associades als altres fluxos, aquest percentatge d'augment podria ser encara més gran.

La Figura 37 mostra gràficament els valors de la taula anterior, és a dir, l'evolució de les emissions de GEH associades als diferents fluxos materials duradors. S'observa com fins l'any 1999 les emissions es van mantenir estables –lleugerament per sobre dels 30.000 GgCO₂ anuals– i a partir de l'any 2000 van créixer de forma constant fins arribar, l'any 2008, als 85.191 GgCO₂. A partir d'aquest moment les emissions van disminuir de forma brusca: en 2 anys es van situar per sota dels 40.000 GgCO₂.

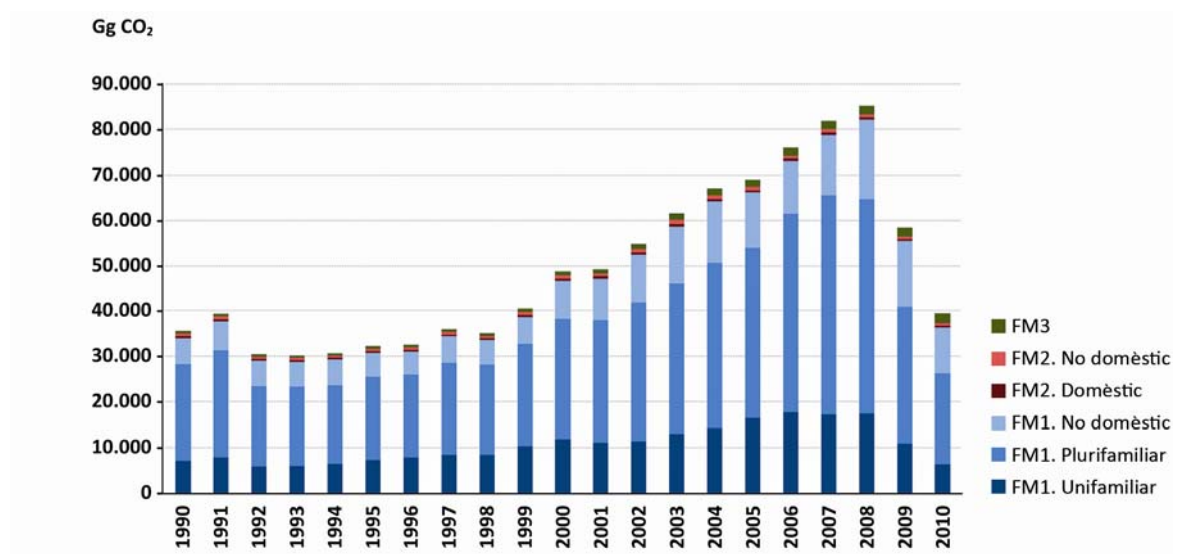


Figura 37. Evolució de les emissions de GEH associades als fluxos materials duradors (1990-2010).
Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

Pel que fa a l'augment percentual de les emissions dels diferents fluxos, s'observa a la Figura 38 que el que més ha augmentat és l'associat al grup FM3. Tot i que es tracta d'un augment percentual molt important (per sobre del 380 %), cal dir que en valors absoluts l'augment és poc rellevant. Pel que fa a l'obra nova, l'evolució de les emissions segueix la corba característica del gràfic anterior, sobretot en el cas dels edificis d'habitatge: entre l'any 2006 i 2008 arriben a valors al voltant del 250 % per situar-se dos anys després a valors similars als de l'any 1990. Finalment, cal dir que la variació de les emissions associades als fluxos materials de les obres d'ampliació no segueix una tendència clara.

Per acabar, la Figura 39 mostra la distribució de les emissions de GEH associades als tres fluxos materials duradors que s'han calculat. S'observa que els edificis plurifamiliars d'obra nova han estat els responsables de més de la meitat de les emissions del conjunt d'aquests fluxos i els edificis unifamiliars del 22 %. Per tant, es conclou que les emissions de GEH d'aquest sector estan determinades totalment per l'evolució de la construcció residencial.

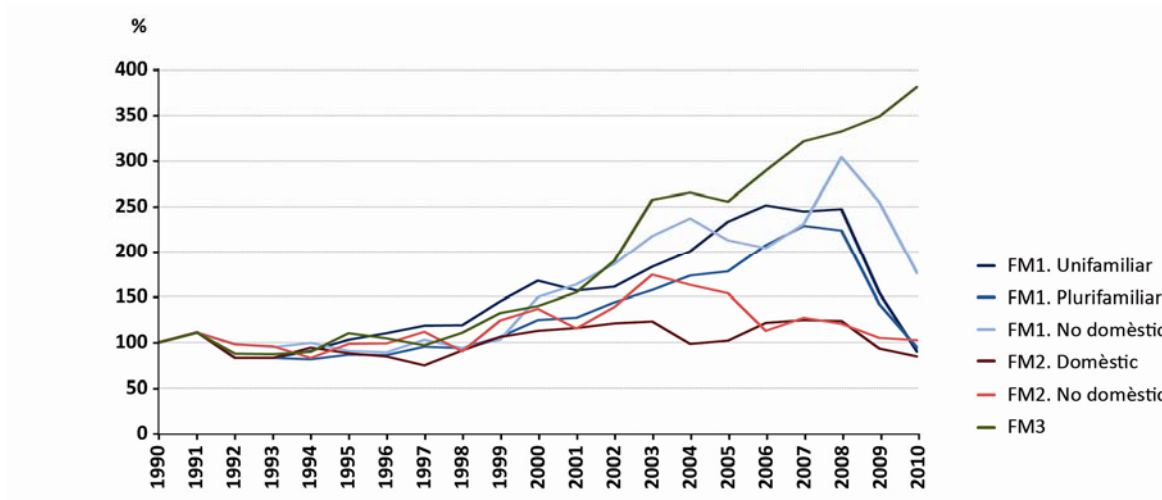


Figura 38. Variació de les emissions de GEH associades als fluxos materials duradors (1990-2010).
 Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

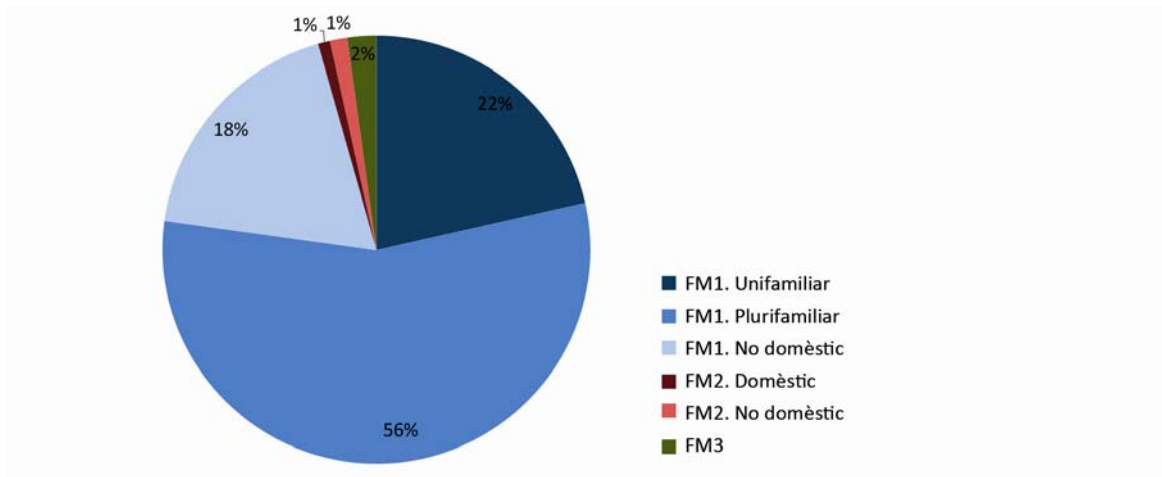


Figura 39. Distribució de les emissions de GEH associades als fluxos materials duradors (1990-2010).
 Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

4.3.2 Càlcul de les emissions associades als fluxos materials no duradors

Les emissions associades als fluxos materials no duradors (FM4 i FM5) es calculen seguint dos procediments diferents en funció de si l'energia que es consumeix als edificis és elèctrica o no. En el cas que l'energia sigui elèctrica, es multiplica el consum d'aquest tipus d'energia (calculat a l'apartat 3.4.4) pel mix elèctric (calculat a l'apartat 4.2.2) i en el cas que l'energia no sigui

elèctrica s'utilitzen els valors dels inventaris d'emissions de GEH que el Govern espanyol elabora anualment i que l'Agència Europea de Medi Ambient publica (EIONET)³⁶.

Els inventaris d'emissions recullen les quantitats d'emissions que es produeixen físicament als edificis a causa de la combustió que s'hi dona per obtenir energia. Els inventaris, però, no distingeixen les emissions associades a l'energia que es destina a modificar les condicions ambientals (FM4) de la que es destina als serveis (FM5), per tant, s'aplica el mateix repartiment entre els fluxos dels grups FM4 i FM5 que el que s'ha aplicat al consum d'energia no elèctrica a l'apartat 3.4.4. Aquest fet, obliga a tenir present a l'hora d'interpretar els resultats que els valors fiables són els que agrupen els dos fluxos i que la proporció entre fluxos es manté constant al llarg del període estudiat.

Els resultats es mostren a la Taula 55 per als fluxos materials destinats a modificar les condicions ambientals dels edificis (FM4) i a la Taula 56 per als fluxos materials destinats a aportar els serveis de l'habitabilitat (FM5). Al llarg del període analitzat, el valor mitjà del grup FM4 ha estat de 42.827 GgCO₂-eq anuals i el del FM5, de 23.153 GgCO₂-eq. Aquests valors, que sumats equivalen a 65.980 GgCO₂-eq, superen clarament les emissions de GEH associades als fluxos materials duradors.

Any	FM4 (GgCO ₂ -eq)								
	Consum elèctric			Consum no elèctric			Consum total		
	Domèstic	Serveis	Total	Domèstic	Serveis	Total	Domèstic	Serveis	Total
1990	7.154	10.784	17.938	7.399	3.443	10.842	14.554	14.227	28.780
1991	7.198	10.839	18.037	8.158	4.184	12.342	15.356	15.023	30.379
1992	8.050	12.380	20.430	8.229	4.578	12.807	16.279	16.958	33.237
1993	7.676	11.769	19.445	8.095	3.969	12.064	15.771	15.738	31.508
1994	7.773	12.084	19.858	8.414	4.324	12.739	16.187	16.409	32.596
1995	8.585	12.558	21.143	7.907	4.988	12.895	16.493	17.546	34.038
1996	7.013	11.371	18.384	8.524	4.902	13.426	15.537	16.272	31.809
1997	8.376	14.797	23.174	8.456	5.131	13.587	16.833	19.929	36.761
1998	8.289	14.593	22.882	8.655	5.225	13.881	16.945	19.818	36.763
1999	10.380	18.298	28.678	9.065	5.715	14.780	19.445	24.013	43.458
2000	9.783	20.077	29.860	9.214	6.492	15.707	18.998	26.569	45.566
2001	9.906	18.065	27.971	9.291	7.111	16.401	19.197	25.175	44.372
2002	11.517	21.432	32.949	9.588	7.244	16.832	21.105	28.676	49.781
2003	10.789	20.316	31.106	10.365	7.942	18.307	21.154	28.259	49.413
2004	11.991	22.293	34.284	10.781	8.176	18.957	22.771	30.470	53.241
2005	13.617	24.510	38.127	10.867	8.567	19.434	24.484	33.077	57.561
2006	13.525	25.691	39.216	10.033	7.689	17.722	23.558	33.380	56.938
2007	14.125	27.075	41.200	10.210	7.630	17.840	24.335	34.705	59.040
2008	11.989	24.284	36.273	10.337	7.660	17.997	22.325	31.944	54.270
2009	9.928	20.103	30.031	9.633	7.359	16.991	19.561	27.462	47.022

Taula 55. Emissions de GEH associades al grup FM4 (1990-2009).

Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

³⁶ D'aquests inventaris es consideren les emissions de CO₂, CH₄ i N₂O associades a les categories següents: *I.A.4.a Other Sectors. Commercial/Institutional* i *I.A.4.b. Other Sectors. Residential*.

Any	FM5 (GgCO ₂ -eq)								
	Consum elèctric			Consum no elèctric			Consum total		
	Domèstic	Serveis	Total	Domèstic	Serveis	Total	Domèstic	Serveis	Total
1990	8.344	2.095	10.439	6.561	341	6.902	14.906	2.436	17.341
1991	8.471	2.180	10.651	7.234	414	7.648	15.705	2.594	18.299
1992	9.451	2.513	11.964	7.297	453	7.750	16.748	2.966	19.714
1993	8.948	2.319	11.267	7.178	393	7.571	16.126	2.712	18.838
1994	8.999	2.378	11.377	7.461	428	7.889	16.460	2.806	19.266
1995	9.787	2.538	12.325	7.012	494	7.505	16.799	3.031	19.830
1996	8.021	2.232	10.252	7.559	485	8.044	15.580	2.717	18.296
1997	9.462	2.838	12.300	7.499	508	8.006	16.961	3.346	20.307
1998	9.347	2.790	12.138	7.675	517	8.192	17.023	3.308	20.330
1999	11.635	3.485	15.120	8.038	566	8.604	19.674	4.051	23.724
2000	11.098	3.871	14.969	8.171	643	8.814	19.269	4.513	23.782
2001	11.024	3.531	14.555	8.238	704	8.942	19.262	4.235	23.497
2002	12.836	4.167	17.004	8.502	717	9.219	21.339	4.884	26.223
2003	12.039	3.773	15.812	9.191	786	9.977	21.229	4.559	25.789
2004	13.345	4.188	17.534	9.560	809	10.369	22.905	4.998	27.903
2005	15.009	4.684	19.693	9.636	848	10.484	24.646	5.532	30.177
2006	14.677	4.692	19.369	8.897	761	9.658	23.575	5.453	29.027
2007	15.316	4.885	20.200	9.054	755	9.809	24.369	5.640	30.009
2008	12.923	4.334	17.257	9.166	758	9.924	22.089	5.092	27.181
2009	10.684	3.575	14.259	8.542	728	9.270	19.226	4.304	23.529

Taula 56. Emissions de GEH associades al grup FM5 (1990-2009).

Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

Els valors d'aquestes taules es mostren gràficament a les Figures 40 i 41. La Figura 40 mostra que l'evolució de les emissions associades als fluxos materials no duradors segueix una tendència creixent fins l'any 2007 i decreixent a partir d'aleshores. Cal destacar que tot i que les tendències tenen una certa relació amb les dels fluxos materials duradors en aquest cas no són tan exagerades. També cal dir que malgrat el descens dels dos últims anys analitzats, les emissions dels fluxos materials no duradors de l'any 2009 van ser un 53 % superiors a les emissions de l'any 1990.

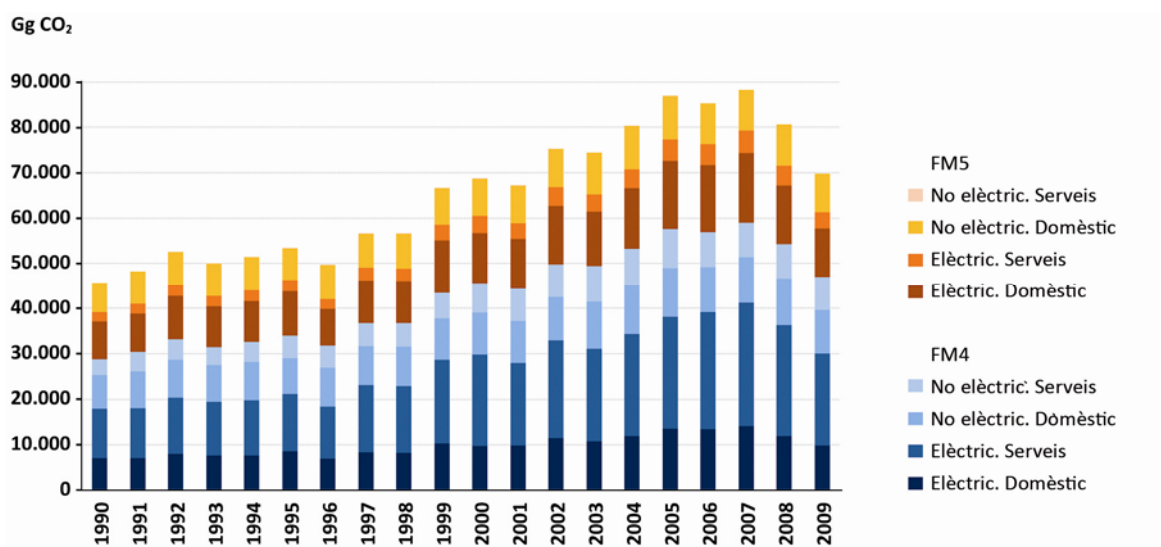


Figura 40. Evolució de les emissions de GEH associades als fluxos materials no duradors (1990-2009).

Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

La Figura 41 mostra les variacions percentuals respecte l'any 1990 desagregades pels diferents tipus de fluxos materials no duradors analitzats. Cal puntualitzar que en alguns dels casos els valors són coincidents perquè la metodologia que s'ha utilitzat per elaborar aquests valors no és suficientment detallada.



Figura 41. Variació de les emissions de GEH associades als fluxos materials no duradors (1990-2009).
 Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

Finalment, la Figura 42, mostra el repartiment de les emissions associades als fluxos materials no duradors del sector de l'edificació durant el període 1990-2009.

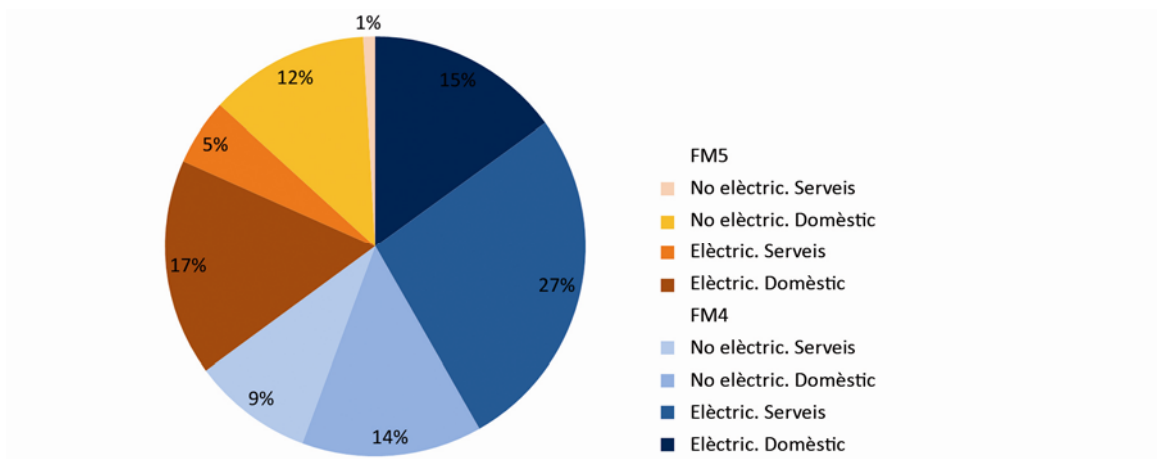


Figura 42. Distribució de les emissions de GEH associades als fluxos materials no duradors (1990-2009).
 Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

Per una banda, els resultats indiquen que els fluxos que modifiquen les condicions ambientals dels edificis (FM4) causen el 65 % de les emissions associades als fluxos materials no duradors, mentre que els associats a aportar els serveis necessaris per a l'habitabilitat (FM5) són els responsables del 35 % restant. Per altra banda, els resultats segons el tipus d'ús dels edificis indiquen que l'ús domèstic contribueix en un 58 % a les emissions associades als fluxos materials no duradors i que

els edificis d'ús no domèstic (edificis de serveis) hi contribueixen en un 42 %. Per acabar, també és important posar de manifest que el consum d'energia elèctrica contribueix en un 64 % a les emissions associades a l'ús dels edificis, mentre que el consum no elèctric, és a dir, el que genera les emissions per combustió físicament als edificis, només hi contribueix en un 36 %.

4.3.3 Anàlisi global dels resultats

En aquest apartat s'analitzen les emissions totals del sector de l'edificació, i també l'evolució i la proporció de les emissions associades a cada un dels 5 fluxos estudiats.

En primer lloc, cal destacar que les emissions associades a l'habitabilitat espanyola van ser de 115.631 GgCO₂-eq/any al llarg del període 1990-2009 i que van oscil·lar entre els poc més de 80.000 GgCO₂-eq de l'any 1993 als prop de 171.000 GgCO₂-eq de l'any 2007 (Taula 57).

Any	Sector de l'edificació espanyol (GgCO ₂ -eq)						Total nacional (GgCO ₂ -eq)
	FM1	FM2	FM3	FM4	FM5	Total	
1990	33.866	990	568	28.780	17.341	81.546	283.168
1991	37.556	1.098	630	30.379	18.299	87.962	290.626
1992	28.917	902	499	33.237	19.714	83.268	298.183
1993	28.662	891	496	31.508	18.838	80.395	286.866
1994	29.194	871	509	32.596	19.266	82.436	303.247
1995	30.599	928	628	34.038	19.830	86.023	314.839
1996	30.950	914	594	31.809	18.296	82.564	307.484
1997	34.309	943	552	36.761	20.307	92.872	328.041
1998	33.448	896	630	36.763	20.330	92.067	337.880
1999	38.502	1.149	751	43.458	23.724	107.585	366.241
2000	46.654	1.251	798	45.566	23.782	118.051	379.563
2001	47.167	1.145	882	44.372	23.497	117.064	379.820
2002	52.403	1.296	1.080	49.781	26.223	130.782	396.775
2003	58.592	1.500	1.466	49.413	25.789	136.759	403.731
2004	64.241	1.326	1.508	53.241	27.903	148.219	419.511
2005	66.171	1.292	1.454	57.561	30.177	156.654	433.847
2006	73.127	1.154	1.645	56.938	29.027	161.892	426.023
2007	78.750	1.248	1.830	59.040	30.009	170.877	437.130
2008	82.095	1.205	1.891	54.270	27.181	166.642	404.771
2009	55.436	986	1.985	47.022	23.529	128.959	367.548

Taula 57. Emissions de GEH associades al sector de l'edificació espanyol (1990-2009).

Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

Comparant els valors del sector de l'edificació calculats en aquesta tesi amb els valors assignats a Espanya segons els inventaris que segueixen la metodologia del protocol de Kyoto, es conclou que les emissions del sector de l'edificació van ser equivalents al 32 % de les emissions nacionals. En aquest cas, el percentatge mínim va ser del 27 % l'any 1996, i el percentatge màxim va ser del 41% l'any 2008.

Tal com mostra la Figura 43, els fluxos materials d'obra nova (FM1) són els que més van contribuir a les emissions del sector de l'edificació al llarg del període analitzat, concretament hi

van contribuir en un 41 %. Aquest valor és proper al 37 % corresponent a la contribució dels fluxos materials no duradors destinats a modificar les condicions ambientals del fons de servei (FM4). Per altra banda, les emissions dels fluxos duradors FM2 i FM3 són molt poc significatives.

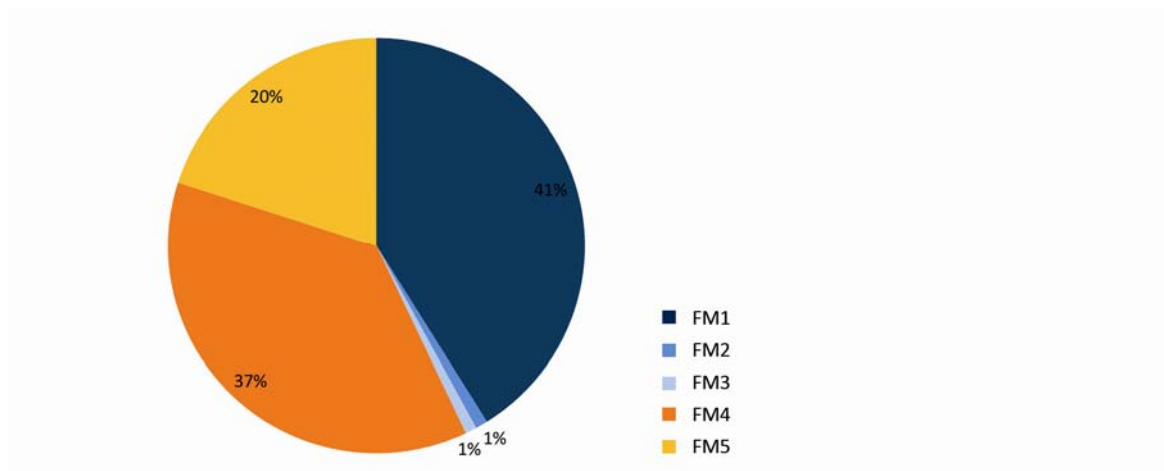


Figura 43. Distribució de les emissions de GEH associades al sector de l'edificació (1990-2009).

Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

L'evolució de les emissions del sector de l'edificació en valor absolut i en valor relatiu es mostren a la Figura 44 i a la Figura 45 respectivament. En el primer cas la tendència que segueixen els valors absoluts és pràcticament un promig de les analitzades de forma desagregada pels fluxos duradors i pels no duradors ja que la proporció entre les emissions dels dos tipus de flux, tot i ser diferent, es propera a la meitat.

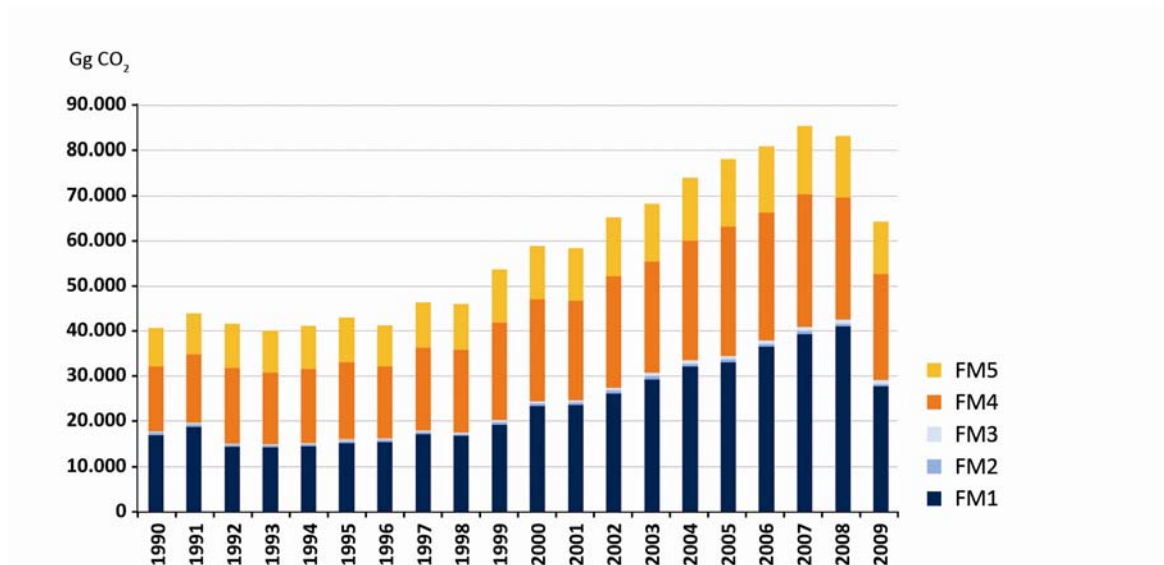


Figura 44. Evolució de les emissions de GEH associades al sector de l'edificació (1990-2009).

Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

Pel que fa a l'evolució de les emissions associades a cada un dels fluxos en relació a les de l'any 1990, la Figura 45 mostra que, excepte les emissions del grup FM2, en tots els casos tenen una tendència d'evolució per sobre de l'evolució mitjana d'emissions nacionals.

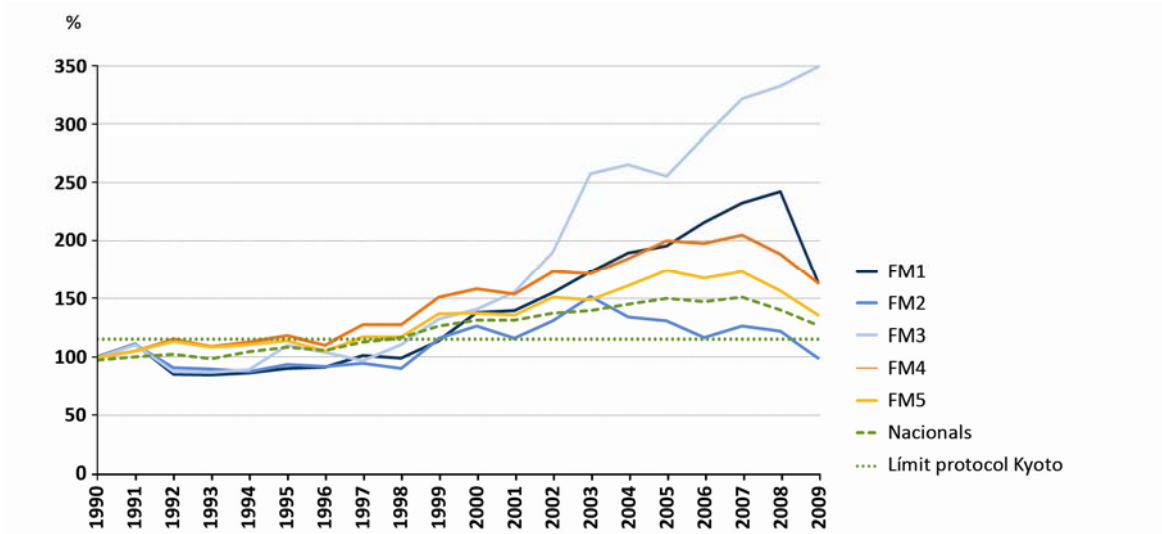


Figura 45. Variació de les emissions de GEH associades al sector de l'edificació (1990-2009).
Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

Finalment, cal destacar que l'any 2009 les emissions del sector de l'edificació van ser un 58 % superiors a les de l'any 1990, la qual cosa representa un augment per sobre de la mitjana nacional d'emissions; que l'any 2009 van ser un 27 % superiors a les de l'any base, és a dir, 12 punts percentuals per sobre del límit permès pel protocol de Kyoto.

4.4 CARACTERITZACIÓ DEL SECTOR DE L'EDIFICACIÓ ESPANYOL DES DEL PUNT DE VISTA DE LES EMISSIONS DE GASOS D'EFECTE HIVERNACLE

Per fer la caracterització del sector de l'edificació des del punt de vista de les emissions de GEH, tal com es proposa en aquesta tesi, cal relacionar el diòxid de carboni equivalent amb l'habitabilitat. Per tant, els valors que s'han obtingut en l'apartat anterior es relacionen, en primer lloc, amb la quantitat de superfície del fons de servei que dona habitabilitat o té potencial per donar-ne i, posteriorment, amb la població de l'estat espanyol, entenent que són les persones les que han de poder satisfer les seves necessitats associades a l'habitabilitat.

La Taula 58 i la Figura 46 mostren l'evolució al llarg del període 1990-2009 de les emissions per unitat de superfície de fons de servei, distingint l'ús domèstic del no domèstic amb requeriments d'habitabilitat i distingint també les emissions associades als fluxos materials duradors (FM1, FM2 i FM3) de les associades als fluxos materials no duradors (FM4 i FM5).

Any	kgCO ₂ /m ²									kgCO ₂ /m ²		
	Domèstic			No domèstic amb requeriments d'habitabilitat			Total			d'habitatge principal		
	FM 123	FM 45	FM 12345	FM 123	FM 45	FM 12345	FM 123	FM 45	FM 12345	FM 123	FM 45	FM 12345
1990	19,0	19,3	38,3	24,9	64,1	89,0	19,8	25,8	45,7	27,8	28,3	56,1
1991	20,6	19,9	40,5	26,7	65,6	92,4	21,5	26,6	48,1	30,2	29,2	59,4
1992	15,1	20,7	35,8	22,9	72,0	94,9	16,2	28,3	44,5	22,1	30,4	52,5
1993	14,8	19,7	34,4	21,5	64,8	86,3	15,8	26,4	42,2	21,7	28,9	50,6
1994	14,7	19,8	34,5	21,6	65,7	87,3	15,7	26,7	42,4	21,6	29,1	50,6
1995	15,6	19,8	35,3	19,8	68,6	88,3	16,2	27,2	43,4	22,9	29,1	52,0
1996	15,5	18,1	33,6	19,0	61,8	80,8	16,0	24,7	40,8	22,8	26,6	49,4
1997	16,6	19,3	35,9	21,1	73,9	95,0	17,3	27,6	44,9	24,5	28,3	52,8
1998	16,1	18,9	35,1	18,7	71,6	90,3	16,5	27,0	43,5	23,8	27,9	51,7
1999	18,4	21,3	39,7	20,4	84,9	105,2	18,7	31,0	49,7	27,1	31,4	58,5
2000	20,8	20,3	41,2	28,0	91,2	119,2	21,9	31,2	53,1	30,7	30,0	60,7
2001	20,2	19,9	40,1	29,0	83,2	112,2	21,5	29,7	51,3	29,8	29,4	59,2
2002	21,8	21,5	43,3	31,8	91,3	123,1	23,4	32,4	55,8	32,1	31,6	63,7
2003	23,6	21,0	44,6	36,0	85,5	121,5	25,6	31,3	56,8	34,4	30,5	65,0
2004	25,2	22,0	47,2	37,1	88,2	125,3	27,1	32,8	59,9	36,4	31,8	68,2
2005	26,1	23,1	49,2	32,0	91,9	123,9	27,1	34,4	61,5	37,3	33,0	70,3
2006	28,9	21,5	50,4	29,2	88,9	118,1	28,9	32,8	61,7	40,8	30,5	71,3
2007	29,9	21,6	51,5	32,0	88,8	120,8	30,2	32,9	63,1	42,0	30,4	72,4
2008	28,7	19,1	47,8	39,1	77,8	117,0	30,5	29,1	59,6	40,3	26,9	67,2
2009	18,0	16,3	34,3	31,6	63,7	95,3	20,3	24,6	44,9	25,2	22,9	48,2

Taula 58. Emissions de GEH associades al sector de l'edificació per unitat de superfície de fons de servei (1990-2009).

Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

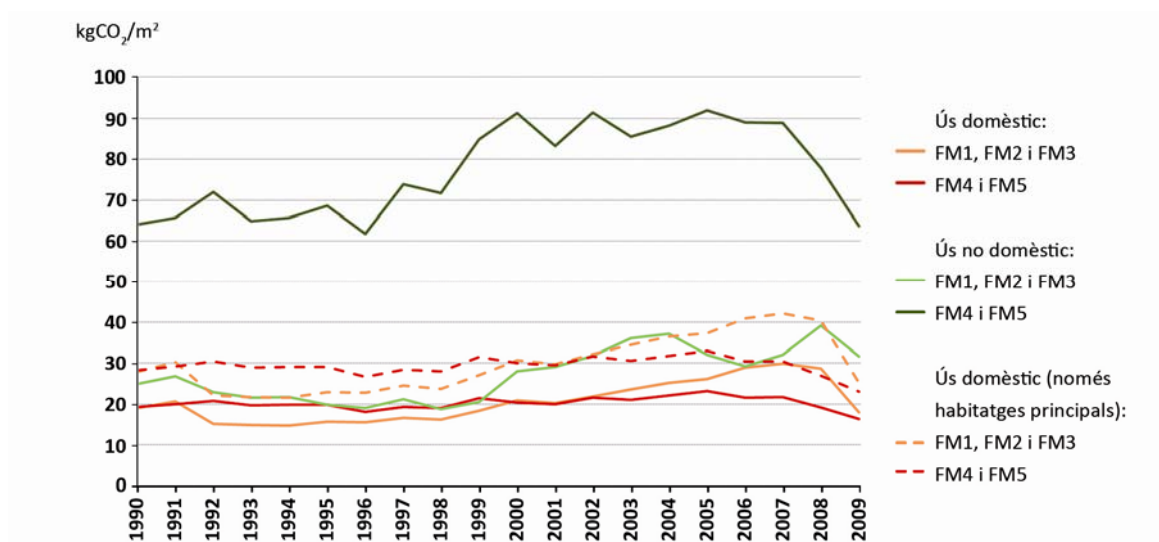


Figura 46. Evolució de les emissions de GEH associades al sector de l'edificació per unitat de superfície de fons de servei (1990-2009).

Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

Els resultats mostren que, de mitjana anual pel període estudiat, les emissions de GEH associades als fluxos materials del sector de l'edificació van ser de 50,6 kgCO₂-eq/m² útil de fons de servei. Aquest valor referit només al sector domèstic va ser de 40,6 kgCO₂-eq/m² útil de fons de servei d'ús domèstic; i referit a l'ús no domèstic amb requeriments d'habitabilitat va ser de 104,3 kgCO₂-eq/m² útil de fons de servei d'ús no domèstic. La gran diferència d'emissions entre

els dos tipus d'usos es dona perquè, durant la fase d'ús, el sector no domèstic és molt més intensiu en consum d'energia per unitat de superfície que el sector domèstic. Així ho indiquen els valors d'emissions associats als fluxos materials no duradors del sector no domèstic que són 3,8 vegades superiors al mateix tipus d'emissions del sector domèstic.

Pel que fa a l'evolució de les emissions per unitat de superfície, cal dir que les associades als fluxos materials no duradors de l'ús domèstic són les que s'han mantingut més estables. Al llarg del període analitzat han oscil·lat entre 19 i 23 kgCO₂/m² i només s'ha desmarcat d'aquesta estabilitat el valor de l'any 2009, que va ser de 16 kgCO₂/m². Per contra, les mateixes emissions associades a l'ús no domèstic, han variat considerablement al llarg del període: tot i que el valor de l'any 1990 és el mateix que el de l'any 2009 –64 kgCO₂/m² útil d'ús no domèstic– l'any 2005 es van arribar a emetre 92 kgCO₂/m². En relació a l'evolució d'aquest tipus d'emissions –les associades als fluxos materials no duradors del sector no domèstic– cal dir que està molt influenciada per l'evolució del mix elèctric. Tant és així que si no fos perquè el valor del mix elèctric es va reduir un 42 % durant el període 1990-2009, les emissions de l'any 2009 haurien estat de 98,4 kgCO₂/m², és a dir, un 54 % superior a les calculades.

En el cas de l'ús domèstic, a part de repercutir les emissions per unitat de superfície de fons de servei d'ús domèstic, també es repercuteixen per unitat de superfície de fons de servei d'habitatges principals. D'aquesta manera es pot conèixer la quantitat d'emissions que són necessàries per una unitat de superfície que es destina realment a satisfer les necessitats associades a l'habitabilitat. El resultat mitjà anual és de 59,0 kgCO₂-eq/m² útil d'habitatge principal. Es tracta d'un valor un 45 % superior al que resultava de repercutir les emissions entre tot el fons de servei d'ús domèstic.

Per afinar més l'anàlisi relatiu a la quantitat d'emissions associades a la utilitat del sector, a part de repercutir les emissions de GEH de l'edificació entre la superfície que dona o pot donar habitabilitat, també es repercuteixen aquestes emissions entre la població espanyola. Dels resultats, que es mostren a la Taula 59 i a la Figura 47, se'n destaquen dos aspectes. En primer lloc, que la quantitat d'emissions associades al sector de l'edificació durant el període 1990-2009 va ser de 2,7 tones de CO₂-eq de mitjana anual per persona. En segon lloc, que les emissions de l'any 2009 són superiors a les de l'any base en tots els casos estudiats. Tot i que la tendència de les emissions durant els dos últims anys és a la baixa, en conjunt, les emissions per persona van augmentar un 33 % al llarg dels 20 anys analitzats.

Els valors d'aquest apartat, relatius a les emissions per m² i per persona, acompanyats dels valors absoluts de les emissions del sector de l'edificació calculats a l'anterior, permeten caracteritzar el sector i servir de base per plantejar estratègies de reducció.

Any	kgCO ₂ /persona								
	Domèstic			No domèstic amb requeriments d'habitabilitat			Total		
	FM123	FM45	FM12345	FM123	FM45	FM12345	FM123	FM45	FM12345
1990	734	747	1.481	164	422	586	898	1.169	2.067
1991	824	797	1.621	184	452	636	1.008	1.249	2.257
1992	608	837	1.444	161	505	666	768	1.342	2.110
1993	598	797	1.396	153	461	614	751	1.258	2.009
1994	601	809	1.410	157	476	633	758	1.285	2.043
1995	653	829	1.482	148	512	660	801	1.341	2.142
1996	671	784	1.455	147	478	625	818	1.263	2.080
1997	732	848	1.579	167	584	751	898	1.432	2.330
1998	723	849	1.572	151	578	728	874	1.426	2.300
1999	834	969	1.804	167	695	862	1.001	1.665	2.666
2000	960	938	1.898	233	762	995	1.193	1.699	2.893
2001	939	927	1.866	247	709	956	1.186	1.636	2.822
2002	1.020	1.004	2.024	276	794	1.070	1.296	1.798	3.093
2003	1.111	987	2.098	322	764	1.086	1.433	1.751	3.184
2004	1.195	1.046	2.241	342	812	1.154	1.537	1.859	3.395
2005	1.249	1.106	2.355	303	869	1.172	1.552	1.976	3.528
2006	1.405	1.048	2.454	284	864	1.148	1.689	1.912	3.601
2007	1.474	1.066	2.540	318	883	1.201	1.791	1.949	3.741
2008	1.433	956	2.390	401	797	1.198	1.834	1.753	3.587
2009	910	827	1.737	336	678	1.013	1.246	1.505	2.751

Taula 59. Emissions de GEH associades al sector de l'edificació per persona (1990-2009).

Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

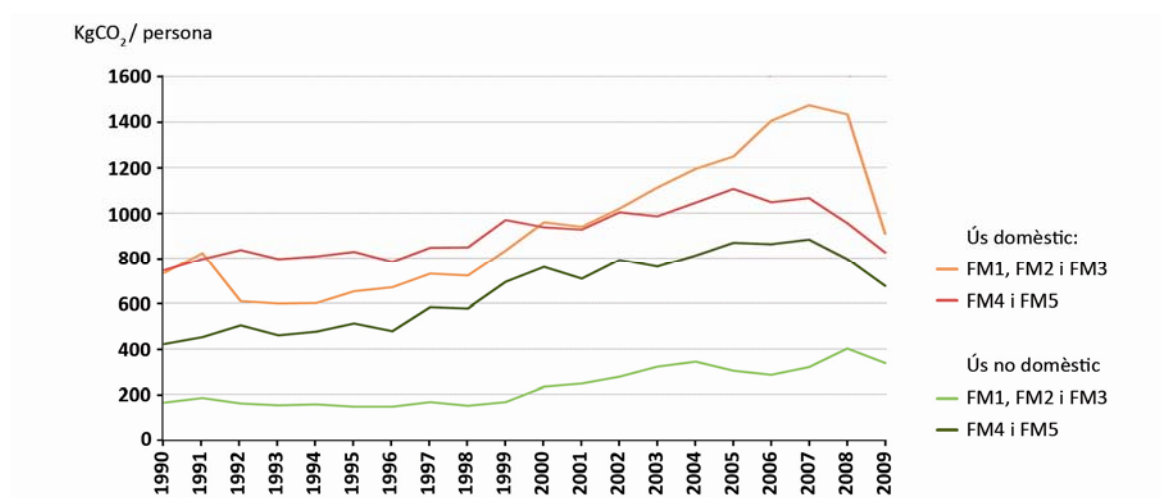


Figura 47. Evolució de les emissions de GEH associades al sector de l'edificació per persona (1990-2009).

Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

CARACTERITZACIÓ DETALLADA DEL SECTOR DOMÈSTIC

Per a l'ús domèstic, es fa una caracterització més detallada tenint en compte l'aproximació a la valoració de l'habitabilitat del sector domèstic que s'ha fet a l'apartat 3.4.6 i també les relacions que es donen entre els elements que intervenen en la sostenibilitat del sector que s'han descrit a l'apartat 3.3.3.

L'objectiu d'aquesta caracterització és identificar els cicles materials oberts associats a la utilitat que proveeix l'ús domèstic del sector de l'edificació espanyol. Per fer-ho es consideren els diferents tipus d'habitabilitat que s'han identificat a l'apartat 3.4.6 (habitabilitat adequada, excés d'habitabilitat i manca d'habitabilitat) i per cada un d'aquests tipus d'habitabilitats es fa una estimació de la quantitat d'emissions de GEH que se li poden assignar per la totalitat del període 1990-2009.

L'assignació es fa, sempre que és possible, de forma detallada per cada un dels 5 fluxos materials i per cada un dels tipus d'habitatge que donen lloc als diferents tipus d'habitabilitat, tal com es descriu a continuació:

Habitatges buits (excés d'habitabilitat)

A aquest tipus d'habitatges només se'ls pot assignar de forma segura les emissions associades a la seva construcció (FM1). Les emissions associades als fluxos materials no duradors (FM4 i FM5), precisament per consumir-se en el moment de satisfer necessitats, s'associen als habitatges ocupats, per tant, pels habitatges buits es consideren nul·les. El mateix passa amb les emissions associades als fluxos materials duradors que modifiquen o mantenen les característiques del fons de servei (FM2 i FM3), que tot i que no estan tan relacionades amb l'ocupació com l'anterior, es pot fer la suposició que són nul·les. En tot cas, per ser més precisos, es pot dir que les emissions associades a aquests 4 tipus de fluxos materials són com a mínim 0. Per tant, les emissions que s'assignen als habitatges buits només són les associades a l'obra nova (FM1).

Per trobar aquest valor, es considera que la part equivalent d'emissions associades a l'obra nova (FM1) que s'han produït al llarg del període estudiat es podrien haver evitat si en lloc de construir habitatges nous s'haguessin ocupat els buits. Atès que l'ocupació dels habitatges buits pot suposar una rehabilitació o reforma, es considera que les emissions que es podrien haver evitat associades a l'obra nova queden parcialment contrarestades per les emissions associades als treballs de rehabilitació.

Segones residències (excés d'habitabilitat)

Aquest tipus d'habitatge es desagrega, segons la quantitat d'ocupació, en habitatges equivalents buits i habitatges equivalents ocupats permanentment. En el dos casos, tal com s'ha explicat anteriorment, es tracta d'excés d'habitabilitat perquè mentre es satisfan les necessitats a les segones residències no es satisfan a les primeres.

Pel que fa als habitatges equivalents buits, les consideracions per assignar les emissions de cada flux, són les mateixes que pels habitatges buits. No obstant això, cal dir que segurament pel fet de

tenir algun tipus d'ocupació, les emissions dels fluxos que es consideren nul·les segurament serien més altes.

Per altra banda, es considera que els habitatges equivalents ocupats permanentment (habitabilitat duplicada) tenen emissions associades a tots els fluxos materials. Les associades als fluxos materials duradors es consideren que són emissions no necessàries per satisfer les necessitats d'habitabilitat, perquè, tal com s'ha dit abans, l'ús d'aquests habitatges suposa deixar sense ús habitatges principals. En canvi, les emissions associades als fluxos materials no duradors, es podrien considerar adequades, sempre i quan en el moment d'ocupar les segones residències, els habitatges principals deixessin de consumir fluxos materials no duradors. Per facilitar el càlcul i tenint en compte que això es pot donar, les emissions associades als fluxos materials no duradors no es consideren duplicades, sinó adequades.

Habitatges habituals (habitabilitat adequada i manca d'habitabilitat)

Aquest tipus d'habitatge es desagrega, segons la qualitat de l'habitatge, en habitatges equivalents amb habitabilitat adequada i habitatges equivalents amb habitabilitat deficient. La distinció entre un tipus i l'altre es fa amb les dades de l'any 2001 aplicades a tot el període estudiat.

Teòricament, des del punt de vista de satisfer les necessitats bàsiques, tots els fluxos materials produïts durant el període 1990-2009 haurien d'estar associats a l'habitabilitat que es dona als habitatges habituals, però, tal com s'acaba d'explicar, hi ha emissions que es destinen a altres tipus d'habitabilitat. Per no fer una doble comptabilitat, les emissions que s'han considerat en altres tipus d'habitatges no es consideren associades als habitatges habituals. Per tant, la quantitat d'emissions associades a aquests habitatges s'obté de la diferència entre les emissions totals del sector domèstic i les associades a l'excés d'habitabilitat.

En aquest cas, a més, es calcula la quantitat d'emissions que no s'han emès però que es podrien haver produït si els habitatges amb una habitabilitat deficient haguessin corregit aquestes deficiències durant el període 1990-2009 per arribar a tenir una habitabilitat adequada. El càlcul es fa considerant que les emissions que es produïrien per corregir les deficiències són les que estan associades a la manera estàndard d'assolir l'habitabilitat que s'ha considerat al llarg del període, tant per les emissions associades als fluxos materials duradors com per les associades als no duradors.

Pel que fa a les emissions associades als fluxos materials duradors, es calcula, en primer lloc, la quantitat d'habitatges equivalents que tindrien un *indicador d'habitabilitat* amb una puntuació de 0 a causa de les deficiències que es poden solucionar amb fluxos materials duradors. Del llistat de deficiències que formen aquest indicador (explicat a l'apartat 3.4.6 i resumit a la Taula 44 i la

Taula 45) s'exclouen les que fan referència a l'àmbit urbà (males comunicacions, poques zones verdes...) i les que fan referència als ocupants (sobreocupació), i només es consideren les relacionades amb l'estat de l'edifici, les instal·lacions o l'accessibilitat. Així, per l'any 2001, l'indicador d'habitabilitat mitjà dels habitatges principals referit només als fluxos materials duradors, augmentaria dels 63 punts als 69 punts, la qual cosa és el mateix que dir que l'any 2001 hi havia un 31 % d'habitatges equivalents amb indicador d'habitabilitat 0 pel que fa a deficiències esmenables amb fluxos materials duradors (FM2 i FM3). En segon lloc, per saber la quantitat d'emissions associades a aquest flux, es multiplica la quantitat de m² d'habitatges principals amb deficiències d'habitabilitat associades als fluxos materials duradors per 342 kgCO₂/m², que és el coeficient que correspon al diòxid de carboni associat als fluxos materials de les rehabilitacions que s'ha calculat a l'apartat 4.2.1.

Pel que fa als fluxos materials no duradors (FM4 i FM5), només es calculen les emissions que, durant el període 1990-2009, no s'han emès però que es podrien haver produït a causa de la manca de calefacció. Els altres usos associats als fluxos materials no duradors (il·luminació, electrodomèstics...) no es calculen per falta de dades i/o perquè representen una proporció poc important en relació amb l'ús d'energia dels habitatges. En aquest cas es calcula l'energia que seria necessària per escalfar els habitatges que, segons el cens d'habitatges de l'any 2001, no disposen de calefacció (ni instal·lació, ni aparells).

Per calcular-lo, en primer lloc, es fa un repartiment del consum de calefacció de l'any 2001 entre tots els habitatges que disposen de calefacció. Aquest repartiment es fa de forma proporcional a les demandes energètiques de diferents tipologies d'habitatges –segons les que estableix l'informe *Potencial de ahorro energético y de reducción de emisiones de CO₂ del parque residencial existente en España en 2020* (WWF 2010)– i de forma proporcional als graus-dia de la província en què es troben (Carrier 1980). En segon lloc, s'assignen les emissions de GEH corresponents als habitatges que no disposen de calefacció de forma proporcional als paràmetres que s'han considerat, és a dir, tipologia i graus-dia. El resultat que s'obté per l'any 2001, i que és el que s'aplica a tot el període, és que si es cobrissin les demandes de calefacció de tots els habitatges es produiria un 10,7 % més d'emissions associades a aquest ús.

Allotjaments (manca d'habitabilitat)

En aquest cas es considera que els allotjaments no produeixen emissions de les comptabilitzades en l'apartat anterior i, en canvi, n'haurien d'emetre en tots els àmbits per assolir una habitabilitat adequada.

Resum dels resultats

La Taula 60 agrupa els valors de les emissions associades als diferents tipus d'habitabilitat del sector domèstic, calculats tal com s'acaba de descriure.

Tipus d'habitatge	Transformació a habitatge equivalent (HE)	Tipus d'habitabilitat	Emissions de GEH (Gg CO ₂ -eq) (1990 – 2009)				
			FM1	FM2	FM3	FM4	FM5
Buit		Excés	264.661	0	0	0	0
Segon	HE buit	Excés	254.765	0	0	0	0
	HE ocupat permanentment	Excés (duplicada)	55.924	-	-	14.574	15.080
Habitual	HE amb habitabilitat adequada	Adequada	195.224	9.048	14.575	364.925	368.809
	HE amb habitabilitat deficient	Manca					
Allotjament		Manca	0	0	0	0	0
Emissions totals de l'ús domèstic			770.575	9.048	14.575	380.886	383.889
Habitual	HE amb habitabilitat deficient	<i>Correcció manca habit.</i>	0	138.788		33.186	-
Allotjament		<i>Correcció manca habit.</i>	356	2	3	68	69
Emissions necessàries per corregir la manca d'habitabilitat			356	138.792		33.254	69
Codi de colors:		123 emissions associades a satisfer necessitats					
		123 emissions associades a l'excés					
		123 emissions associades a corregir la manca d'habitabilitat d'habitabilitat					

Taula 60. Emissions associades al diferents tipus d'habitabilitat del sector domèstic (1990-2009).
Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

Els resultats indiquen que dels 1.559 milions de tones de CO₂-eq associades al sector domèstic per al període 1990-2009 (78 milions de tones anuals), com a mínim un 37 % ha estat destinat a no satisfer necessitats, el 63 % restant s'ha destinat a satisfer necessitats associades a l'habitabilitat i hauria estat necessari emetre un 11 % més d'emissions per corregir la manca d'habitabilitat.

4.5 CONCLUSIONS DEL CAPÍTOL 4

La caracterització del sector de l'edificació des del punt de vista de les emissions de GEH permet comparar diferents activitats amb un sol indicador que, a més, és representatiu de la sostenibilitat. D'aquesta manera es pot agrupar l'impacte de tots els fluxos materials que intervenen en l'habitabilitat i comparar-lo amb les activitats d'altres sectors de la societat.

Així, segons la metodologia que s'ha proposat, les emissions de GEH que es poden assignar al sector de l'edificació durant el període 1990-2009 són, com a mínim, 115.631 GgCO₂/any. Aquest valor equival al 32 % de total de les emissions que s'assignen a Espanya segons la metodologia que s'utilitza per fer els inventaris nacionals de seguiment del compliment del protocol de Kyoto.

Pel que fa a l'evolució de les emissions associades al sector, les de l'any 2009 van ser un 58 % superiors a les de l'any 1990 –i si no fos per la disminució del mix elèctric, l'augment hagués estat del 98 %. Aquest valor és superior a l'augment del 27 % que es va produir en el cas de les emissions nacionals durant el mateix període.

Tenint en compte la proporció i l'evolució de les emissions del sector de l'edificació en relació a les emissions nacionals, es demostra que el sector de l'edificació és una peça clau per reduir les emissions del país i assolir els compromisos internacionals de lluita contra el canvi climàtic.

Per altra banda, com a punt important de la caracterització, s'han relacionat les emissions de GEH amb l'habitabilitat i amb la satisfacció de les necessitats. En aquest sentit, els resultats dels càlculs que s'han fet demostren que cada vegada s'emeten més emissions per persona per satisfer les necessitats relacionades amb l'habitabilitat. Concretament, l'any 2009 es van emetre 2.751 kg de CO₂ per persona, que corresponen a un augment del 33 % respecte a les que es van emetre l'any 1990. I pel que fa a la quantitat de superfície que dona o pot donar habitabilitat, la quantitat de CO₂ va ser de 45 kg de CO₂ per m² de fons de servei l'any 2009. En aquest cas, aquestes emissions s'han mantingut durant tot el període al voltant d'aquest valor, sent l'any 2009, un 2 % inferior a les de l'any 1990.

En el cas del sector domèstic, la distinció entre la superfície total de fons de servei i la part que realment es destina a satisfer les necessitats bàsiques associades a l'habitabilitat (habitatges principals) ha permès identificar que la repercussió de les emissions del sector domèstic entre la superfície d'habitatges principals és entre un 40 % i un 47 % més gran que la repercussió entre el total del fons de servei d'ús domèstic.

En el cas del sector domèstic també s'ha arribat a quantificar, tot i que de forma aproximada, que el 37 % de les emissions que es van emetre al llarg del període 1990-2009 no es van destinar a satisfer les necessitats bàsiques associades a l'habitabilitat. Es van destinar a l'excés d'habitabilitat. Per altra banda, l'anàlisi de la manca d'habitabilitat ha permès calcular que, per poder satisfer les necessitats bàsiques associades a l'habitabilitat de la manera que es reconeix com a estàndard, s'haurien emès un 11 % més d'emissions de les que s'han emès durant el període 1990-2009.

La caracterització del sector de l'edificació que s'ha proposat serveix com a punt de partida per plantejar les estratègies que serien necessàries per conduir el sector de l'edificació cap a la sostenibilitat, és a dir, estratègies que actuïn amb la finalitat de limitar les emissions de GEH i alhora garantir una habitabilitat bàsica per tothom.

Han de ser estratègies que actuïn penalitzant les emissions que no es destinen a satisfer cap necessitat. Han de ser estratègies que actuïn on més emissions es produeixen, és a dir, que actuïn sobre l'ocupació –sobre el fons de servei ocupat o persones que ocupen el parc. Han de ser estratègies que limitin les emissions a nivell relatiu –per habitatge o unitat de superfície– però sobretot a nivell absolut. Han de ser estratègies que replantegin l'habitabilitat en dos sentits, considerant les emissions associades i buscant alternatives que permetin satisfer les necessitats.

**CRÍTICA A LES CARACTERITZACIONS VIGENTS
DEL SECTOR DE L'EDIFICACIÓ DES DEL PUNT DE VISTA
DE LES EMISSIONS DE GEH**

Capítol

5

En aquest capítol es contrasta la perspectiva amb què s'afronta actualment i de forma majoritària les limitacions de les emissions de GEH associades al sector de l'edificació amb la perspectiva que aquesta tesi planteja.

La finalitat d'aquesta comparació és demostrar que per reduir les emissions de l'edificació des de la consideració de la sostenibilitat ambiental, moltes de les estratègies que actualment s'apliquen no només no hi poden contribuir a curt, mig o llarg termini sinó que, a més, algunes d'elles poden ser contraproductes. Paral·lelament, també es pretén posar de manifest que la perspectiva proposada a la tesi dóna respostes més adequades a les qüestions clau per dirigir el sector de l'edificació cap a la sostenibilitat que algunes de les principals estratègies actuals.

De forma resumida, les condicions que qualsevol estratègia de reducció d'emissions ha de tenir per poder reduir realment les emissions són:

- Tenir un àmbit clarament definit –sigui territorial, sigui sectorial, etc.– i que aquesta definició es pugui estendre a d'altres àmbits coherents i complementaris de forma que, juxtaposant els diferents àmbits, es pugui abastar completament el conjunt de les emissions de la societat.
- Abastar el conjunt d'emissions de l'àmbit definit.
- Incloure les emissions de qualsevol activitat de la societat en algun dels àmbits definits, evitant també la doble comptabilitat.
- Possibilitar definir mecanismes més eficients per reduir les emissions de GEH.

A cada un dels apartats del capítol present es tracten un o dos exemples representatius d'estratègies actuals que suposadament serveixen per limitar les emissions de GEH del sector de l'edificació. D'aquests exemples se'n destaquen aquells aspectes que impedeixen que l'estratègia, tot i ser àmpliament reconeguda com a sostenible o com a eficaç en la limitació de les emissions de GEH, no ho pugui realment ser.

5.1 ENCAIX DEL SECTOR DE L'EDIFICACIÓ DINS DE LES LIMITACIONS INTERNACIONALS DE GEH

El protocol de Kyoto obliga –als països de l'annex I que l'han ratificat– a limitar les emissions de GEH de tots aquells sectors que realitzen activitats amb generació d'emissions dins del propi país. Només algun sector molt puntual, com ara l'aviació internacional, en queda al marge, tot i que està

previst que en acords posteriors al protocol de Kyoto s'hi incorporin. Es tracta, doncs, d'una estratègia que defineix àmbits territorials coincidents amb països o amb regions organitzades en entitats supraestatals (com la mateixa UE).

Segons aquesta metodologia, el sector de l'edificació és un dels sectors que genera emissions dins del mateix país, i per tant, també hi està inclòs. Ara bé, la forma com es tenen en compte les seves emissions difereix de la manera de considerar-les que aquesta tesi planteja.

La metodologia del protocol consisteix a considerar les emissions de GEH al punt on es produeixen físicament, que pot coincidir o no amb el lloc físic on es dona una utilitat o se satisfà una necessitat. Com que moltes de les condicions materials que permeten determinades utilitats són el resultat d'un procés de producció al llarg del qual s'han emès GEH, l'assignació d'aquests correspon a llocs que poden estar molt allunyats d'on es produeix la satisfacció de la necessitat que és, precisament, la que motiva el procés de producció i les emissions.

Com a conseqüència d'aquest fet, les estratègies de reducció que es deriven de la voluntat de compliment del protocol de Kyoto poden no ser realment efectives i dur a un augment de les emissions a nivell mundial, principalment per dues raons.

En primer lloc, perquè l'única manera de reduir realment les emissions de forma sostenible, és a dir que no sigui de forma parcial en el temps o l'espai, és fent concordar utilitats amb emissions necessàries per proveir-les. De poc serveix incentivar la millora d'un procés de producció d'un bé de consum determinat si aquesta necessitat es pot satisfer mitjançant un altre bé de consum amb molts menys recursos i residus associats. En canvi, si tal com es proposa a la tesi, la metodologia de comptabilitat es centrés en considerar les emissions associades a les utilitats, segurament es promourien estratègies de reducció de la quantitat d'emissions per satisfacció de necessitats. D'aquesta manera, els mercats i els processos productius no només es centrarien en l'eficiència de cada una de les cadenes productives sinó que afavoririen els productes amb baixa emissió per unitat funcional i refusarien els productes que, tot i poder fer el seu procés productiu més eficient, no tindrien possibilitats de reduir les emissions fins als nivells dels que menys emeten per satisfer una mateixa utilitat.

El segon motiu que pot fer que la metodologia de comptabilitat oficial pugui no implicar una reducció de les emissions a nivell global, no és exactament pel tipus de metodologia sinó per la parcialitat en la seva aplicació. Tal com s'ha explicat al capítol 2, el protocol de Kyoto és un acord vinculant per aquells estats que el ratifiquen de forma voluntària. Això significa que només uns quants països tenen l'obligatorietat de limitar les seves emissions.

Com que el model socioeconòmic mundial actual es caracteritza per la globalització, comptabilitzar les emissions allà on es produeixen físicament de només aquells països que tenen

l'obligatorietat de limitar-les pot comportar que un país redueixi les emissions segons els criteris de la comptabilització del protocol, però, en canvi, les emissions associades a les utilitats de les condicions materials que satisfan les necessitats d'aquest mateix país augmentin. Un país amb limitacions obligatòries d'emissions pot deslocalitzar els processos productius més contaminants cap a països sense limitacions i paral·lelament seguir consumint els mateixos productes però importats. Amb això, el balanç mundial d'emissions fàcilment no serà neutre perquè caldrà sumar les emissions de noves construccions, infraestructures, transport de mercaderies, etc.

Tot i que aquesta situació és reconeguda en l'aplicació del Protocol de Kyoto, es considera positiu perquè implica una transferència de tecnologia i ocupació des dels països rics –amb emissions limitades– cap als països en vies de desenvolupament, i perquè fomenta la globalització que és vista com una font d'eficiència econòmica. No obstant això, aquesta eficiència es basa en la constant i progressiva reducció de costos de la mobilitat de matèries primeres i mercaderies, reducció suportada per les externalitats que suposen, entre d'altres, les emissions de GEH –transport aeri, navegació– que no estan encara sotmeses a les restriccions del Protocol i que haurien de ser adequadament valorades i internalitzades.

Per tal que aquest sistema de comptabilitat no comporti valors de limitació erronis –la qual cosa no implica que sigui una manera eficient de reduir les emissions– caldria que es donés una de les dues següents circumstàncies: o bé s'apliqués la limitació d'emissions a tot el món o bé el comerç internacional estigués limitat. En el segon cas, la limitació s'hauria de donar entre països de l'annex I que han ratificat el protocol i la resta de països. Així, sense intercanvi de productes amb motxilles de CO₂ associades, les reduccions d'emissions que s'assolissin als països amb compromisos de limitació serien reals.

En el cas del sector de l'edificació, el fet de no associar emissions de gasos d'efecte hivernacle a utilitats, significa que no s'associen les emissions necessàries per crear i mantenir habitabilitat a la pròpia habitabilitat. Segons la metodologia del protocol, les emissions que es consideren dins del sector de l'edificació són només aquelles que es produeixen físicament als edificis que són, principalment, les que s'originen per la combustió de gas natural o altres combustibles a calderes i cuines. Per altra banda, les emissions associades a l'electricitat que es consumeix durant l'ús dels edificis i que permet el manteniment de l'habitabilitat es consideren a l'apartat *indústries d'energia* segons la classificació que aquesta metodologia estableix (Taula 61). Finalment, les emissions associades a la fabricació dels materials de construcció es troben repartides entre varis apartats d'aquesta classificació, ja sigui dins del subapartat *indústria manufacturera i construcció* que pertany a l'apartat *energia* o a diferents subapartats de *processos industrials*, entre d'altres.

1. Energia	A- Crema de combustibles	1. Indústries d'energia 2. Indústria manufacturera i construcció 3. Transport 4. Altres sectors 5. Altres
	B- Emissions fugitives de combustibles	1. Combustibles sòlids 2. Petrolí i gas natural 3. Altres
2. Processos industrials		
3. Utilització de dissolvents		
4. Agricultura		
5. Canvi d'ús de la terra i silvicultura		
6. Residus		
7. Altres		

Taula 61. Classificació de les emissions segons els inventaris nacionals de GEH.
Font: elaboració pròpia amb dades de EIONET.

Aquesta dispersió de les emissions associades al sector de l'edificació impedeix que es puguin aplicar mesures de reducció efectives i radicals que coadjuvin a l'assoliment dels objectius de la Convenció firmats l'any 1992.

Les estratègies de reducció que més fàcilment es corresponen amb aquesta metodologia de comptabilitat estan relacionades amb fer més eficient els processos industrials o la generació d'electricitat que no a reduir les emissions per unitat d'utilitat final, és a dir, per unitat d'habitabilitat.

D'aquesta manera es podria arribar al cas extrem que per reduir les emissions del que en aquesta classificació es considera sector de l'edificació només caldria que l'energia necessària per mantenir l'habitabilitat se subministrés amb electricitat i no amb combustió als propis edificis, traslladant totalment la responsabilitat a les instal·lacions de generació d'electricitat.

El sentit comú que s'aplica a moltes de les estratègies existents destinades a reduir les emissions del sector de l'edificació fa que, tot i que la metodologia no ho faciliti, les emissions indirectes de l'electricitat que es consumeix als edificis també s'associïn al sector.

En canvi, en el cas de les emissions indirectes dels materials de construcció, no passa el mateix. Ni la metodologia del protocol facilita que es considerin associades a l'habitabilitat ni les estratègies més comuns de reducció de les emissions del sector de l'edificació se les fan seves. En aquest cas, les estratègies de reducció estan incloses a les del sector industrial, per tant, es basen, principalment, en fer més eficients els processos productius i no en buscar condicions materials que per una determinada habitabilitat emetin menys emissions.

Tal com s'ha explicat anteriorment, si les emissions s'associen a la utilitat final és més fàcil reduir-les ja que es procura utilitzar aquelles condicions materials que de forma absoluta emeten menys

emissions per unitat d'habitabilitat, independentment que hagin millorat l'eficiència del seu procés productiu.

L'arquitecte o tècnic que defineix l'habitabilitat d'un edifici determinat, té a les seves mans escollir, per una mateixa unitat funcional, unes condicions materials amb més o menys emissions associades. Un cop el tècnic estableix quines són les característiques que defineixen una utilitat determinada –en el cas d'una finestra seria, per exemple, el coeficient de transmissió tèrmica, l'estanquitat, la durabilitat...– pot escollir qualsevol de les solucions constructives existents al mercat, afavorint que el mercat evolucioni cap aquells productes amb menys emissions associades per unitat d'utilitat final i no cap a la millora de l'eficiència de diferents processos productius que és el que el protocol de Kyoto incentiva.

Una de les estratègies més importants que neix gràcies a l'existència de la metodologia de comptabilitat del protocol de Kyoto, és la directiva 2003/87/CE que reparteix drets d'emissió entre les instal·lacions més contaminants. Els drets s'assignen en funció del producte que es produeix, per tant, totes les instal·lacions procuraran fer el seu producte de forma més eficient, però, per fer canvis radicals i reduir de debò les emissions no n'hi ha prou fent que tots els productes existents siguin menys contaminants respecte ells mateixos, cal que de tots els productes que puguin aportar una determinada utilitat, el mercat es decanti cap els que ho fan amb menys emissions. I en el camp de l'edificació, és evident que això s'ha de fer des dels tècnics que creen o milloren l'habitabilitat i no des de l'industria que subministra productes.

5.2 CONSEQÜÈNCIES DE LA DIRECTIVA 2003/87/CE PER AL SECTOR DE L'EDIFICACIÓ: L'E4 i EL PACTE DELS ALCALDES

En l'àmbit europeu s'han dut a terme moltes iniciatives –obligatòries i voluntàries– amb la finalitat de reduir les emissions de gasos d'efecte hivernacle dels estats membres.

La més destacada –tal i com s'ha explicat al capítol 2– és la Directiva 2003/87/CE per la que s'estableix un règim per al comerç de drets d'emissió de GEH a la Comunitat. Amb aquesta directiva s'obliga a cada país a assignar drets d'emissió a totes les instal·lacions que formen part dels anomenats sectors inclosos, que són els formats per les activitats que es llisten a l'annex I d'aquesta directiva. L'estratègia de la directiva respon a la metodologia de comptabilització amb la que treballa el protocol de Kyoto. Precisament perquè aquesta metodologia considera les emissions al punt on es produeixen, la directiva limita les emissions de les activitats que agrupen els principals focus emissors de la societat –tot i que les emissions d'aquestes instal·lacions no es correspon a un ús final.

Per altra banda, les activitats que produeixen emissions de gasos d'efecte hivernacle que no estan incloses a la directiva, entre les quals hi ha les emissions generades als edificis, formen els anomenats sectors difusos. Les estratègies per reduir les emissions d'aquest conjunt de nombrosos petits emissors són diferents a les que s'apliquen als sectors inclosos.

Atès que el Govern és el responsable de limitar les emissions dels sectors difusos, són les administracions –sobretot les estatals– les encarregades d'elaborar i implantar les estratègies de reducció d'emissions. A l'Estat espanyol, les principals estratègies impulsades pel Govern que actuen sobre el sector de l'edificació es troben a la *Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España (E4)* (IDAE 2004), així com als documents que se n'han derivat. És important remarcar que per assolir el compliment del protocol de Kyoto, l'estat espanyol no preveu més estratègies de reducció d'emissions pel sector de l'edificació que les que es troben a l'E4 –i a la seva revisió, anomenada E4+. Així ho justifica al Plan Nacional de Asignación de derechos de emisión de gases de efecto invernadero 2008-2012 (RD 1370/2006, RD 1402/2007) on, a part de les assignacions de drets d'emissió a cada una de les instal·lacions dels sectors inclosos, també s'hi exposa la senda de compliment del protocol de Kyoto per a la globalitat de les emissions nacionals.

Però per més enllà del període de compliment del protocol de Kyoto, la Unió Europea ha assumit reptes de limitació d'emissions molt més exigents. L'any 2007, per exemple, es va comprometre de forma unilateral a reduir les emissions de GEH de l'any 2020 un 20 %. Aquests nivells de reducció obliguen, no només a intensificar les accions existents, sinó també a implementar nous tipus d'estratègies. Un exemple representatiu d'aquestes noves estratègies que afecten al sector de l'edificació és el Pacte dels Alcaldes. Aquest pacte és un compromís voluntari que poden adquirir qualsevol dels municipis de la Unió Europea. Amb la firma, es comprometen a reduir les emissions locals de l'any 2020 un 20 % respecte a les de 1990. Aquest compromís és una manera de donar més pes en la responsabilitat contra el canvi climàtic a les administracions locals, ja que cada vegada més es considera que l'àmbit local és clau per reduir els gasos d'efecte hivernacle.

En aquest apartat es comenten i es contrasten amb la visió que aporta la tesi les estratègies referents al sector de l'edificació de l'E4 i el Pacte dels Alcaldes.

5.2.1 Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012

La *Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012* (IDAE 2004), anomenada també E4, va ser aprovada pel Govern a finals de 2003. En aquest document s'avalua el potencial de millora de l'eficiència energètica per cada un dels sectors d'activitat de la societat i, en els plans

d'acció que se'n deriven –Plan de Acción de la E4 2005-2007 (IDAE 2005) i Plan de Acción de la E4 2008-2012 (IDAE 2007a)– es concreten les mesures que han de permetre l'estalvi proposat.

Del conjunt d'aquests documents, es destaquen dos aspectes que afecten el sector de l'edificació i que difereixen de l'enfocament que aquesta tesi proposa per tal que el sector es dirigeixi cap a la sostenibilitat. Aquests punts, que s'analitzen a continuació, són, per una banda, la definició dels objectius de reducció d'emissions en relació al marc general de limitació d'emissions i, per l'altra, la particularitat i l'àmbit de les mesures proposades per al sector per reduir les emissions.

DEFINICIÓ DELS OBJECTIUS

Quins són els objectius de reducció d'emissions que afecten al sector de l'edificació? Quina part d'aquestes emissions són les que ha d'assumir l'E4 amb les seves mesures tenint en compte que és el principal instrument que actua sobre el sector de l'edificació?

L'E4 no especifica de forma directa i clara les respostes a aquestes preguntes. Els valors referents a les quantitats d'energia estalviada o d'emissions de gasos d'efecte hivernacle evitats gràcies a l'estratègia són valors que no estan justificats més enllà de la suma d'estalvis que permeten les mesures proposades.

L'estratègia es va elaborar per disminuir l'elevat grau de dependència energètica d'Espanya amb l'exterior, per millorar la intensitat energètica i per fomentar la protecció del medi ambient però, tot i que aquestes tres raons justifiquen la seva elaboració, en el document no es fa explícit com a objectiu previ al plantejament de les mesures en quina quantitat cal disminuir la dependència energètica o millorar la intensitat energètica o fomentar la protecció del medi ambient.

Amb l'aplicació de les mesures de l'E4 s'assoleix una reducció d'un 7,2 % de l'índex d'intensitat d'energia primària durant el període 2004-2012 i un estalvi de 15.574 ktep d'energia primària anual, equivalents a 42 MtCO₂, a partir de l'any 2012. En el document, però, no es justifica el perquè d'aquests valors, per tant, es dedueix que si aquests valors fossin una mica menys o molt més ambiciosos també s'assolirien els objectius inicials de l'E4.

No justificar quantitativament quins són els objectius és una qüestió rellevant, sobretot tenint en compte que una de les raons que justifiquen l'estratègia és el compliment dels compromisos que el Govern espanyol va adquirir amb la firma del protocol de Kyoto, que implica assolir uns objectius numèrics determinats.

Per complir el protocol no n'hi ha prou amb plantejar una sèrie de mesures d'estalvi sense saber a priori quina és la fita de reducció, sinó que cal dur a terme tantes estratègies com siguin

necessàries per no sobrepassar el sostre màxim d'emissions que fixa el protocol de Kyoto per a Espanya.

L'E4 no és un document que tingui la obligació de proposar totes aquestes mesures però per assegurar el compliment del protocol es necessari conèixer quin es el repartiment de l'esforç entre els diferents sectors i també entre els diferents instruments que apliquen estratègies de reducció. Per tant, tenint en compte l'ampli abast de les activitats que generen emissions sobre les que actua l'E4, tenir un objectiu inicial de les emissions que ha d'assumir per sectors és clau per assolir els compromisos.

Els valors de CO₂ que l'E4 va elaborar al 2003 es mostren com un resultat de la conversió de l'estalvi energètic a emissions i no com a un objectiu. L'E4 entén que “la mejora del ahorro y la eficiencia energética en nuestro país supondrá una menor emisión de gases de efecto invernadero” (IDAE 2004), la qual cosa significa que considera l'estalvi de CO₂ com un efecte secundari de les accions energètiques.

Més endavant, l'any 2007, s'actualitzen els objectius de l'E4 (que es passarà a anomenar E4+) per tal que amb el nou pla d'acció (2008-2012) es puguin fer front als objectius fixats pel protocol de Kyoto. És en aquest document on en descriure el marc general que ha dut a la redefinició de les mesures inicialment plantejades, es fa una referència a la quantitat d'emissions de GEH que han de reduir els sectors difusos durant el període 2008-2012, i es manifesta el paper destacat que aquest pla té per aconseguir-ho. Però, en aquest cas, tampoc es descriu de forma explícita quina és la quantitat d'emissions que, d'entrada, cal que l'E4+ redueixi, sinó que del text s'interpreta que la quantitat d'emissions que es redueix es justifica només com la suma de les emissions que es poden reduir per cada acció. El mateix es repeteix a nivell de repartiment de l'esforç de reducció entre els diferents sectors d'activitat, és a dir, que els objectius particulars de cada sector tampoc estan justificats.

Aquest fet duu a plantejar com és que una estratègia que hauria de tenir uns objectius inicials, segurament transposats d'altres documents, no els té. A continuació es ressegueix el procés que hauria de permetre establir un objectiu de limitació d'emissions de GEH pels sectors difusos, es calculen els valors segons la interpretació que es pot fer dels documents analitzats i es posen de manifest les incoherències que s'han trobat al llarg del procés.

El punt de partida és el Plan Nacional de Asignación de derechos de emisión de gases de efecto invernadero para el periodo 2008-2012 (RD 1370/2006, RD 1402/2007) d'Espanya. Aquest document, a part d'assignar emissions a totes aquelles instal·lacions que pertanyen als sectors inclosos, estableix una senda de compliment dels compromisos derivats del protocol que abasta

totes aquelles activitats de l'estat espanyol que generen emissions computables segons els criteris del protocol de Kyoto.

Per assolir l'objectiu de no superar en més d'un 15 % les emissions de l'any base de promig anual durant el període 2008-2012, el Pla nacional d'assignació de drets d'emissions (PNA) preveu que es puguin adquirir fins a un 20 % de mitjana anual de crèdits de carboni respecte l'any base a través dels mecanismes flexibles i considera que un 2 % de les emissions d'aquest mateix any es poden compensar mitjançant l'absorció que produeixen els embornals. D'aquesta manera el límit real de gasos d'efecte hivernacle que es pot emetre a Espanya és d'un 37 % superior a les emissions de l'any base.

Un altre tret important de la senda de compliment és que proposa un repartiment lineal de l'esforç entre sectors inclosos i difusos. Això significa que tant uns com altres poden emetre fins a un 37 % més del que emetien l'any base; que pels sectors inclosos va ser d'un 45 % del total nacional de l'any base i pels difusos del 55 % restant.

El PNA fixa les emissions instal·lació per instal·lació de les activitats que formen les activitats dels sectors inclosos però per als sectors difusos només fixa un límit percentual global. Les indicacions que fa per a aquests sectors són les següents:

“Se están identificando medidas adicionales que permitirán cubrir el hueco entre las emisiones proyectadas en los sectores difusos y su contribución al cumplimiento del objetivo en el Protocolo de Kioto. Se estima que la aplicación de estos instrumentos conlleve un ahorro del 28% de las emisiones en el año base de estos sectores. Es decir estas medidas llevarían las emisiones de los sectores difusos del 65% proyectado al 37% que se propone en este Plan” (RD 1370/2006)

Segons aquestes estimacions, les emissions que s'haurien de reduir són les corresponents a un 28 % del 55 % de les emissions de l'any base³⁷, valor equivalent a 222,83 MtCO₂ durant el període 2008-2012 o a 44,57 MtCO₂ de mitjana anual.

Aquest valor, però, no coincideix amb el valor que es dedueix de les dades que es donen a un altre paràgraf del mateix PNA. En aquest cas es pot llegir:

“Según los cálculos de proyecciones de emisiones realizadas con la metodología desarrollada por la Universidad Politécnica de Madrid, con las medidas actualmente adoptadas, el incremento de emisiones promedio en 2008-2012 se situará en +50% (sin dichas medidas el incremento hubiera superado +73%.

No todos los sectores contribuyen por igual a dicho exceso. (...) Se prevé que para los sectores difusos el crecimiento medio sea de + 65%, mientras que para los sectores industriales y energético el incremento sea de + 37%.” (RD 1370/2006)

³⁷ Es considera que les emissions de l'any base són 289,39 MtCO₂-eq.

Si els sectors inclosos tenen una tendència prevista que coincideix amb l'objectiu del +37 % i el repartiment de l'esforç entre sectors inclosos i difusos és lineal, es dedueix que per als sectors inclosos no cal plantejar mesures addicionals a les ja previstes i, en canvi, per als sectors difusos cal plantejar les mesures addicionals necessàries per compensar el total d'excés nacional. Aquest excés correspon a la diferència entre el +50 % previst i el +37 % fixat com a objectiu, és a dir al 13% de les emissions totals nacionals de l'any base, que són 188.10 MtCO₂ durant el període de compliment o 37,62 MtCO₂ de mitjana anual.

Dels dos càlculs que s'acaben d'exposar –tots dos sobre dades del mateix document– s'observa que tot i que haurien de coincidir, segons quin raonament se segueix s'arriba a un resultat diferent. D'aquesta manera es posa de manifest una incoherència que dificulta la transposició dels objectius de reducció als sectors difusos.

Seguint el procés que hauria de permetre definir els objectius quantitius dels sectors difusos, i concretament, els del sector de l'edificació, s'analitza la *Estrategia Española de Cambio climático y Energía Limpia - Horizonte 2007-2012-2020* (EECCEL). Aquest document a partir dels objectius i les directrius generals que marca el PNA defineix el marc d'actuació de les administracions per assegurar que el protocol de Kyoto es compleix. I és precisament en aquest document on, al descriure els objectius dels sectors difusos, s'esmenta el valor de la quantitat d'emissions que s'han de reduir d'aquests sectors, que coincideix amb un dels valors que s'havien obtingut en els càlculs precedents derivats del PNA:

“Conseguir que las emisiones de GEI no superen un 37% respecto del año base de los sectores difusos según lo establecido el Plan Nacional de Asignación 2008-2012, es decir conseguir un ahorro de 188,5 Mt CO₂ eq durante el quinquenio (37,7 Mt CO₂ eq anuales). [sic]” (Ministerio de Medio Ambiente 2007)

Cal dir també, que en aquest mateix document s'actualitza l'objectiu de reducció dels sectors difusos de 37,7 a 27,1 MtCO₂-eq anuals perquè, tal com es justifica en el document, el balanç energètic de l'any 2006 indica que part de les reduccions addicionals ja s'haurien produït.

Com que la EECCEL és la responsable d'assegurar el compliment del protocol de Kyoto, un cop fixat l'objectiu quantitiu, ha de proposar les mesures necessàries per assolir-lo. Tal com mostra la Figura 48, de les mesures urgents que aquesta estratègia proposa, l'estalvi d'emissions de gasos d'efecte hivernacle més significatiu s'aconsegueix amb les mesures addicionals previstes al Plan de Acción de la E4 2008-2012 i, de la resta de mesures, una proporció gens menyspreable també hi està relacionada per ser mesures complementàries a les del Pla.

Sumant els estalvis de les mesures que estan quantificats en el llistat de mesures urgents (Figura 48), només s'arriba a una reducció de 12 MtCO₂-eq de mitjana anual, la qual cosa significa que la

distància a l'objectiu fixat és de 15 MtCO₂-eq. Se suposa que aquesta quantitat es podrà estalviar amb les mesures que en el moment de redactar el document encara no tenien l'estalvi quantificat.

		Medida	Reducció prevista E4 08-12 (KtCO ₂)	Reducció adicional 08-12 (KtCO ₂ e)	Promedio anual ADICIONAL 08-12 KtCO ₂ e	
MEDIDAS URGENTES	E4+	1	PLAN DE ACCIÓN E4 08-12 (PA E4) *	210.421	27.709	5.542
	Transporte	2	Porcentaje mínimo de biocarburantes	PA E4	PA E4	PA E4
		3	Revisión RD 61/2006	ADICIONAL	N.C.	N.C.
		4	Modificación del impuesto de matriculación	ADICIONAL	N.C.	N.C.
		5	Planes de movilidad sostenible	PA E4	PA E4	PA E4
		6	Evaluación de la modificación del Impuesto de Circulación	ADICIONAL	N.C.	N.C.
		7	Programas piloto de movilidad sostenible	ADICIONAL	N.C.	N.C.
		8	Programa de Medidas de apoyo al Transporte de Mercancías por Ferrocarril	PA E4	PA E4	PA E4
		9	Reducción de emisiones en las flotas de vehículos de la AGE	ADICIONAL	4,61	0,92
		R&C&I	10	Ahorro y eficiencia energética y energías renovables en los edificios de la AGE	PA E4 + ADICIONAL	1.125
	11		Alumbrado público	PA E4	PA E4	PA E4
	12		Campaña de difusión de ahorro y eficiencia energética y etiquetado de electrodomésticos	PA E4	PA E4	PA E4
	13		Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios	PA E4	PA E4	PA E4
	14		Sustitución progresiva de las bombillas de filamento incandescente	ADICIONAL	EN ESTUDIO	EN ESTUDIO
	Energía	15	Estrategia de eficiencia energética en el ciclo de vida del sector de la Edificación	ADICIONAL	N.C.	N.C.
		16	Repotenciación de parques eólicos	ADICIONAL	5.750	1.150
		17	Energía eólica marina	ADICIONAL	4.500	900
	F-gases	18	Contadores eléctricos	PA E4	PA E4	PA E4
		19	Reglamento 842/2006	ADICIONAL	2.750	550
	CH ₄	20	Acuerdo voluntario SF ₆	ADICIONAL	330	66
		21	Acuerdo voluntario PFCs	ADICIONAL	100	20
	N ₂ O	22	Recuperación de biogás en vertederos	URGENTE	URGENTE	URGENTE
		23	Plan de Biodigestión de Purines	ADICIONAL	8.900	1.780
	Horizontales	24	Reducción del uso de fertilizantes nitrogenados	ADICIONAL	785	157
		25	Estrategia de I+D+i en Energía y Cambio Climático	N.C.	N.C.	N.C.
		26	Procedimientos para mecanismos flexibles basados en proyectos	N.C.	N.C.	N.C.
		27	Modificación del PNA 2008-2012	N.C.	N.C.	N.C.
		28	Registro de compromisos voluntarios de las empresas	ADICIONAL	5.000	1.000
Otras	Otros gases no CO ₂ (N ₂ O+CH ₄) PA E4+		ADICIONAL	3.500	700	
RESULTADOS	TOTAL		210.421	60.454	12.091	
	OBJETIVO PNA 08-12			188.500	37.700	
	OBJETIVO ACTUALIZADO EFICIENCIA			135.617	27.123	
	DISTANCIA AL OBJETIVO			75.163	15.033	

(*) Nota: El IDAE calcula las kt CO₂ evitadas, no las kt CO₂ eq, es decir, las reducciones de N₂O y CH₄ asociadas a la implantación de este Plan no se contemplan. Aunque su contribución es pequeña con respecto al CO₂ (entre el 0,6%-2,9% adicional en función del sector)

N.C.: No cuantificable.

Figura 48. Mesures urgents de la EECCEL i del Plan de Acció de la E4 2008-2012.
Font: Ministerio de Medio Ambiente (2007).

En resum, la transposició dels objectius del protocol de Kyoto als diferents sectors que formen els sectors difusos no és clara i presenta ambigüitats. Que no existeixi un repartiment clar pot portar a la doble comptabilitat d'algunes emissions –sobretot les relacionades amb la transformació o producció de l'energia–, però sobretot a no plantejar accions radicals que permetin assolir el compliment dels compromisos internacionals. En aquest sentit l'E4, per al sector de l'edificació, planteja una suma d'accions que permeten uns determinats estalvis. La revisió d'aquests estalvis comporta que s'hagin d'incrementar les accions amb l'E4+. I, finalment, amb l'EECCEL es posa de manifest que encara falten més estalvis per assolir els compromisos. Amb tot això, es pretén

qüestionar si tenint un repartiment clar dels objectius des del principi, les estratègies de reducció haurien estat les mateixes.

ÀMBIT I PARTICULARITAT DE LES MESURES QUE PROPOSA L'E4

L'E4 no considera l'àmbit del sector de l'edificació de la mateixa manera que s'ha proposat en aquesta tesi.

Per una banda, l'E4 anomena *sector edificació* al sector que inclou els usos energètics de les instal·lacions fixes dels edificis, és a dir, calefacció, refrigeració, aigua calenta sanitària i il·luminació (Ministerio de Economía 2003a); i anomena *sector equipament residencial i ofimàtica (residencial i serveis)* al que comprèn els consums energètics d'electrodomèstics, climatització domèstica, cuines i forns i equipament d'ofimàtica (Ministerio de Economía 2003b). Aquests dos sectors agrupats equivalen a l'àmbit dels fluxos materials no duradors de la classificació que s'ha proposat a la tesi.

Per l'altra banda, l'àmbit dels fluxos materials duradors no es considera de forma clara. L'E4 considera parcialment l'energia i les emissions associades a la fabricació dels materials de construcció dins de l'anomenat *sector indústria*. Aquesta classificació fa impossible distingir quina part de les emissions que es produeixen al sector indústria de l'E4 es destinen a satisfer necessitats associades a l'habitabilitat. I en el cas que fos possible, faltaria saber quina part es destina al sector de l'edificació espanyol i quina part es dedica al sector de l'edificació d'altres països. I a més, encara quedarien sense quantificar les emissions associades als fluxos materials duradors que es fabriquen fora del país.

La forma d'enfocar i entendre el sector influeix directament en la forma d'organitzar les accions que es proposen per reduir el consum energètic o les emissions de GEH i, per tant, també influeix en l'efectivitat que les accions tenen per assolir els objectius de reducció de forma coherent amb la sostenibilitat.

La principal diferència entre les dues caracteritzacions, la de l'E4 i la de la tesi, és que la de l'E4 agrupa els sectors segons on es consumeix l'energia i no on hi ha la utilitat. Aquest fet suposa un criteri intermedi entre la metodologia que es proposa a la tesi i la metodologia del protocol de Kyoto. Pel que fa a les emissions associades als fluxos materials no duradors, l'E4 es pot assimilar a la metodologia de la tesi i pel que fa a les emissions associades als fluxos materials duradors es pot assimilar a la del protocol de Kyoto. Així, segons l'E4, les emissions associades a l'electricitat que es consumeix als edificis s'assignen, a diferència del protocol de Kyoto, a l'edificació i no a la indústria; i en canvi, les emissions associades a la fabricació dels materials que formen els edificis, com en el cas del protocol de Kyoto, s'assignen a la indústria que els produeix.

Tal com s'ha explicat anteriorment, si no s'associen les emissions a les utilitats, és a dir, a l'habitabilitat, la manera de reduir-les és menys eficient des del punt de vista de la sostenibilitat. Algunes de les conseqüències d'aquest fet s'expliquen a continuació en relació a les mesures que l'E4 proposa per reduir les emissions i el consum energètic del sector de l'edificació.

Les mesures que es proposen a l'E4 i l'E4+ es llisten a la Taula 62. D'aquestes mesures es destaquen els tres aspectes que s'han considerat més importants des del punt de vista que impedeixen reduir de forma eficient i sostenible les emissions del sector de l'edificació.

Sector Edificació	Edificis existents	Disminuir la demanda energètica actuant sobre l'envoltant
		Millora de l'eficiència energètica de les instal·lacions tèrmiques
		Millora de l'eficiència energètica de les instal·lacions d'il·luminació
	Edificis nous	Limitació de la demanda energètica dels edificis
		Millora del rendiment de les instal·lacions tèrmiques dels edificis
		Millora del rendiment de les instal·lacions d'il·luminació
		Promoure la construcció de nous edificis amb una alta qualificació energètica
	Normativa	Revisió de les exigències de la normativa
	Sector equipament domèstic i ofimàtica	Substitució d'equipament poc eficient incentivant la compra d'eficient
		Campanyes de promoció sobre el consum energètic dels electrodomèstics
Acords voluntaris amb agents de mercat (fabricants, distribuïdors, punts de venda i promotors immobiliaris)		
Actuacions exemplars de les administracions		

Taula 62. Mesures que es proposen a l'E4 i l'E4+ per reduir el consum energètic i les emissions de GEH del sector de l'edificació.

Font: Ministerio de Economía (2003a, 2003b) i IDAE (2007a).

En primer lloc, no hi ha cap mesura que tingui com a finalitat limitar les emissions de forma absoluta. Pràcticament totes les mesures tenen com a finalitat reduir la quantitat d'energia o emissions de forma relativa, és a dir, per edifici o per unitat de superfície. Però independentment d'aquests tipus d'estratègies, que són imprescindibles, cal alguna estratègia que limiti el nombre d'unitats. Tal com s'ha calculat al capítol anterior, les emissions associades a l'ús per unitat de superfície han disminuït un 5 % l'any 2009 respecte a les de 1990, mentre que la globalitat d'aquest tipus d'emissions han augmentat un 53 %.

En segon lloc, les estratègies es plantegen al marge de l'ocupació i/o l'habitabilitat. Per una banda, no hi ha mesures que qüestionin o proposin diferents tipus d'habitabilitat amb més possibilitats de reduir les emissions. Per l'altra, no queda clar sobre quins edificis s'actua. En el cas dels sector domèstic caldria actuar clarament sobre els habitatges principals, que són els que representen l'ocupació permanent. Hauria d'haver-hi mesures no només referides al fons de servei ocupat sinó també a les persones que ocupen el parc. D'aquest tipus, només en l'àmbit de l'equipament residencial hi ha plantejades mesures de conscienciació a la població relatives al consum energètic dels aparells.

En tercer lloc, les mesures no consideren totes les emissions principals associades a l'habitabilitat. En aquest cas es posa un exemple numèric per demostrar les conseqüències que té no tenir en compte les emissions associades a la fabricació dels materials en les mesures que es refereixen als edificis nous.

En l'exemple, per no barrejar aquesta crítica amb la primera, es fa la suposició que els edificis nous corresponen a una reposició d'edificis enderrocats, és a dir, que no contribueixen a augmentar la quantitat d'edificis i de superfície construïda de l'Estat espanyol. Per fer el càlcul, només es considera el sector domèstic i es considera que els percentatges d'estalvi energètic que dóna l'E4 són també percentatges d'estalvi d'emissions de GEH.

Segons l'E4, les mesures que s'apliquen als habitatges nous comporten una reducció d'un 31 % de l'energia que consumeix un habitatge igual construït de nou sense aplicar-hi aquestes mesures. Aquest estalvi és d'un 33 % si en lloc de comparar-lo amb el consum energètic d'un edifici nou sense mesures es compara amb el consum d'un habitatge mitjà del parc existent.

Aplicant aquests estalvis als valors que s'han calculat a la tesi s'obté que un m² d'habitatge principal construït de nou emetrà durant l'ús 19,6 kgCO₂/m², en lloc dels 29,3 kgCO₂/m² que emet un habitatge existent. Si es compara el consum d'aquest habitatge nou amb el consum d'un d'existent, resulta que l'estalvi real no es comença a produir fins al cap de 69 anys. Això és així perquè només per igualar els 671 kgCO₂/m² associats a la fabricació dels materials³⁸ calen 23 anys; i, com que l'edifici nou segueix emetent durant l'ús un 67 % de les emissions de l'edifici existent, són necessaris 46 anys més per tal que els dos edificis hagin emès la mateixa quantitat d'emissions.

Si en lloc de fer la comparació d'un habitatge nou amb un d'existent, es fes la comparació d'un habitatge nou amb un de rehabilitat que incorporés les mesures d'estalvi que proposa l'E4 per a edificis existents, l'estalvi d'emissions reals de l'edifici nou no es començarien a produir fins al cap de més de 200 anys.

Amb aquest exemple es demostra la importància de comptabilitzar la totalitat de les emissions associades a l'habitabilitat a l'hora de decidir les estratègies de reducció de les emissions de forma coherent amb la sostenibilitat.

³⁸ Es considera la mitjana aritmètica entre el diòxid de carboni associat a un m² d'obra nova d'habitatge unifamiliar i un d'habitatge plurifamiliar.

5.2.2 Pacte dels Alcaldes

Tal com s'ha esmentat a la introducció de l'apartat, el Pacte dels Alcaldes (*Covenant of Mayors*, European Commission) és un compromís voluntari que poden adquirir les autoritats locals i regionals d'Europa, l'objectiu del qual consisteix a reduir, com a mínim, en un 20 % les emissions de l'àmbit territorial en què actuen les autoritats locals i regionals que el subscriuen.

El Pacte dels Alcaldes és una estratègia més de la Unió Europea per fer front a la lluita contra el canvi climàtic. Aquesta estratègia defineix un àmbit territorial i de governança diferent al que estableix el principal instrument de lluita contra el canvi climàtic a Europa: la Directiva 2003/87/CE. Així, de forma complementària a la forta acció sobre el sistema productiu associada a aquesta directiva, el Pacte dels Alcaldes busca l'actuació sobre els sectors difusos i també la presència del debat sobre la necessitat de reducció d'emissions més proper a la ciutadania.

La imposició de restriccions progressives a les emissions de GEH sobre els sistema productiu, tal com implica la Directiva 2003/87/CE, suposa l'actuació de la Unió Europea lluny de la visió pública. Les discussions amb empreses i els sectors productius es produeix a través de mecanismes, normalment, allunyats de la percepció social, ja que l'organització de la producció es realitza a través del mercat i de les empreses i no de mecanismes democràtics. Així, la lluita contra el canvi climàtic s'aprecia com quelcom extern, fora dels àmbits de decisió dels ciutadans, fent perdre força a la posició de l'administració que demana coneixement i suport per part dels ciutadans.

L'escala municipal és l'escala de governança amb més proximitat a la població, de més visibilitat i de més possibilitats de participació i implicació. D'altra banda, l'escala municipal està definida des de l'àmbit territorial, la qual cosa la fa congruent amb l'àmbit també territorial del protocol de Kyoto, el dels estats. D'aquesta manera, es poden traslladar les demandes del protocol de Kyoto a l'escala municipal de forma coherent amb l'estratègia i, alhora, es poden assumir compromisos de reducció de les emissions dels sectors difusos (serveis urbans, transport, edificació i petita indústria).

Ara bé, els problemes ja esmentats que es donen en el cas del protocol de Kyoto relacionats amb la globalització –que atribueix les emissions dels processos de fabricació al país productor i no al país consumidor– s'aguditzen encara més al definir territoris d'àmbit local. En aquest cas, la incongruència entre l'àmbit territorial del municipi i l'escala actual de producció i consum es fan encara més evidents.

D'aquesta manera, a l'hora d'elaborar les metodologies de comptabilització de les emissions que s'assignen a un municipi es poden plantejar dubtes. Per una banda, seguint la metodologia estricta

del protocol de Kyoto només serien imputables al municipi les que es produeixen físicament en l'àmbit local. Però precisament per la proximitat d'aquesta estratègia i per actuar sobre els sectors difusos, sembla que cal considerar les emissions associades a les utilitats dels serveis i productes que permeten la satisfacció de les necessitats dins del municipi. En aquest sentit, la guia per elaborar el Pla d'acció per a l'energia sostenible (PAES) –que han de redactar obligatòriament els firmants del Pacte– deixa a l'elecció de cada municipi incloure o excloure certs tipus d'emissions. Per exemple, les emissions associades als vehicles que circulen per una autopista que passa pel municipi estudiat, es poden incloure perquè es produeixen en el territori municipal o es poden excloure perquè l'escala de la utilitat d'aquest tipus d'infraestructures no és la del municipi (European Commission 2010).

Pel que fa a l'edificació, el PAES obliga a considerar les emissions associades al consum energètic que es produeix als edificis, és a dir, les emissions que es produeixen físicament als edificis per combustió, però també les associades a l'electricitat i que, per tant, es produeixen normalment fora del municipi. Aquesta opció, des del punt de vista de la sostenibilitat és molt adequada, ja que associa les emissions a les utilitats finals, però des del punt de vista del rigor de la metodologia comporta dobles comptabilitats al considerar part de les emissions dels sectors inclosos. Per altra banda, cal dir que l'adequació a la sostenibilitat és parcial ja que només es consideren les emissions associades a la fase d'ús dels edificis i no a la fabricació dels materials de construcció, que també són necessaris per satisfer les necessitats relacionades amb l'habitabilitat.

Finalment, el Pacte posa de relleu al nostre país la dificultat d'intervenir sobre les emissions des de les capacitats d'intervenció de l'administració municipal. Tot i que la proximitat hauria de permetre actuar sobre les emissions difuses –transport, edificació i petites indústries– la realitat és que les competències municipals d'intervenció en aquests àmbits són reduïdes i estan inaccessibles per tal de garantir la unitat de mercat i altres requisits operatius.

5.3 APROXIMACIONS PARCIALS EN L'AVALUACIÓ DE LA SOSTENIBILITAT D'ESTRATÈGIES APLICADES A L'EDIFICACIÓ

A diferència dels dos apartats anteriors, en aquest apartat no s'analitzen estratègies globals que afecten a tot el sector de l'edificació i que, per tant, busquen la reducció absoluta de les emissions, sinó que s'estudien casos en què les reduccions es pretenen assolir per unitat de servei o de producte.

D'aquest tipus d'estratègies aplicades al sector de l'edificació n'hi ha una gran varietat, sobretot pel que fa a les relacionades amb la fase d'ús dels edificis. Prova d'això és el llistat que proposa

l'IPCC en els seu quart informe (Taula 63), en el que es recullen –com a resultat de la validació del coneixement científic més actualitzat sobre el canvi climàtic– tecnologies representatives d'eficiència energètica aplicades als edificis.

Classification	Illustrative energy efficiency technologies
Thermal envelope	Structural insulation panels Multiple glazing layers Thermal mass to minimize daytime interior temperature peaks
Heating systems	Passive solar heating Heat pumps Biomass derived liquid fuel stove
Cooling and cooling loads	High-reflectivity building materials Direct evaporative cooler HC or CO ₂ air conditioners Variable speed drives for pumps and fans
Heating, ventilations and air conditioning (HVAC) systems	Air to air heat exchanger
Building energy management systems (BEMS)	Cogeneration District heating & cooling system Advanced control system based on BEMS
Active collection and transformation of solar energy	Photovoltaic power generation
Domestic hot water	Solar thermal water heater
Lighting systems	High efficiency lighting (FL) High efficiency lighting (LED)
Daylighting	
Household appliances, consumer electronics and office equipment	HC-based domestic refrigerator
Supermarket refrigeration systems	Advanced supermarket technologies
Energy savings through retrofits	
Trade-offs between embodied energy and operating energy	
Trade-offs involving energy-related emissions and halocarbon emissions	

Taula 63. Tecnologies il·lustratives de mitigació de les emissions dels edificis segons l'IPCC.
Font: IPCC (Levine et al. 2007).

És important destacar que, només pel fet de ser accions que actuen per unitat de servei o producte –és a dir que actuen sobre un habitatge (o grup d'habitatges) o sobre el sistema d'il·luminació o sobre els aparells dels sistemes de climatització...– la seva aplicació pot tenir un efecte negatiu sobre les emissions o sostenibilitat global del sector. Aquest fenomen, que es coneix com l'efecte rebot o la paradoxa de Jevons, consisteix en què l'estalvi inicial esperat queda contrarestat per un augment del consum a mig –o fins i tot a curt– termini. Això és així perquè actuant només sobre l'augment de l'eficiència d'un producte es pot estimular el seu consum, bé sigui per un augment de l'ús –precisament per ser més eficient–, bé sigui per un augment en el nombre de productes.

Independentment que es pugui donar o no l'efecte rebot, en aquest apartat s'estudien dues accions que actuen per unitat de servei o producte i que, tot i que són reconegudes àmpliament com a sostenibles o com a estalviadores d'emissions de gasos d'efecte hivernacle, es demostra que poden no ser-ho.

En primer lloc, s'avaluen les emissions associades als sistemes constructius industrialitzats i en segon lloc les emissions associades a la producció d'energia solar fotovoltaica. En ambdós casos, es posa de manifest la parcialitat i la inadequació en la consideració habitual de la sostenibilitat (o estalvi d'emissions de CO₂) d'aquestes accions i, conseqüentment, s'evidencia que la seva aplicació no només pot no conduir el sector de l'edificació cap a la sostenibilitat sinó que pot ser contraproductent.

5.3.1 Sistemes constructius industrialitzats

Són molts els casos en els que els sistemes constructius industrialitzats s'associen amb la sostenibilitat, principalment per la suposada reducció de la quantitat de recursos i residus d'aquests sistemes respecte als convencionals. Tot i que és difícil trobar una comparació numèrica que justifiqui aquesta suposada reducció, és fàcil trobar exemples d'arquitectes que aposten per la industrialització com a mitjà per assolir la sostenibilitat dels seus edificis. Les cites que es llisten a continuació, que tot i que s'han extret de diferents publicacions no científiques pertanyen a publicacions reconegudes com a significatives per a la sostenibilitat, ho demostren:

- “la industrialització dels processos constructius en general representa una millora respecte de les qualitats sostenibles del projecte” (Solanas et al. 2009).
- “és evident que la industrialització (...) ens ha de permetre (...) treballar per un ús racional dels nostres recursos” (Solanas et al. 2009).
- ““La aportación de la industria permite optimizar los recursos e incide de forma definitiva en racionalizar la actividad constructora. La industrialización es la única vía posible si queremos que esta actividad se desarrolle hacia la sostenibilidad” Antoni Serradell Prefabricados Pujol” (Pich Aguilera 2008).
- “només hi ha dos processos d'edificació amb criteris de sostenibilitat: el procés manual – l'autoconstrucció– i el procés industrialitzat –la fabricació.” “la sostenibilitat de la construcció dependrà del fet que el sector es converteixi en una verdadera indústria per garantir els seus processos” (Gausa 2010).

Paral·lelament a aquests casos en els que arquitectes de forma individual aposten per la industrialització, també existeix a la normativa la idea que la industrialització contribueix a la sostenibilitat. Aquest és el cas del Decret d'ecoeficiència de la Generalitat de Catalunya que, “amb la finalitat d'evitar que les pautes actuals en l'edificació comprometin la capacitat de les generacions futures per satisfer les seves pròpies necessitats” (Decret 21/2006), obliga a complir

uns requisits mínims en les edificacions noves i grans rehabilitacions. Un d'aquests requisits consisteix a obtenir una puntuació mínima de 10 punts a l'apartat relatiu a materials i sistemes constructius. Per obtenir-la cal utilitzar d'una llistat amb diferents solucions constructives i puntuació, les que permeten sumar els 10 punts. Utilitzar sistemes preindustrialitzats com a mínim en el 80 % de la superfície de l'estructura són 6 punts, i utilitzar-ne en el 80 % de les superfícies dels tancaments exteriors en són 5.

Amb aquests fets es pretén posar de manifest la importància que es dona a la industrialització com a estratègia per dirigir el sector de l'edificació cap a la sostenibilitat. No obstant això, la falta d'avaluacions numèriques que ho justifiquin, porta a posar en dubte aquesta idea, almenys fins que no es justifiqui degudament. És precisament per aquest motiu que a continuació es resumeix l'estudi titulat "Reducing CO₂. Are industrialised construction systems better?" realitzat per l'autora de la tesi en el que es comparen, seguint la caracterització que es proposa a la tesi, les emissions de diòxid de carboni associades amb l'ús i la fabricació d'un habitatge construït amb diferents sistemes constructius (Pagès et al. 2007).

Els sistemes constructius que s'analitzen, descrits al Requadre 5, són quatre: un de convencional – és a dir, aquell més utilitzat per ús d'habitatge en els darrers anys a la zona d'estudi– i tres d'industrialitzats –un de lleuger, un de semilleuger i un de pesat.

Requadre 5

Descripció de les principals característiques dels sistemes constructius analitzats:

- CONVENCIONAL (3.069 kg/m²): Murs de fàbrica portants, els exteriors de doble full, forjats de formigó, coberta invertida i particions interiors de fàbrica enguixades.
- INDUSTRIALITZAT LLEUGER (1.196 kg/m²): Estructura d'acer; façanes amb panells de cartó-guix, llana mineral, capa geotèxtil, panells de morter, cambra d'aire ventilada i peces ceràmiques d'acabat exterior; coberta i forjat sanitari també lleugers; i les particions interiors de panells de cartó-guix i llana mineral. Totes les unions són en sec.
- INDUSTRIALITZAT SEMILLEUGER (1.752 kg/m²): Estructura de formigó armat prefabricat; murs exteriors de panells de cartó-guix, 8 cm de formigó armat, llana mineral i una fulla exterior d'acer; coberta i forjat sanitari amb estructura de formigó armat.
- INDUSTRIALITZAT PESAT (3.602 kg/m²): igual que el sistema industrialitzat lleuger però amb solera en lloc de forjat sanitari i amb l'aïllament tèrmic entre dues capes de formigó armat.

Per poder comparar els quatre sistemes constructius es considera que aquests sistemes s'apliquen a un habitatge unifamiliar aïllat de 84 m², situat a un clima mediterrani, concretament a Barcelona, i afectat per la normativa de la zona.

La comparació es fa de les emissions de diòxid de carboni associades a la fabricació dels materials i de les associades a la climatització de l'edifici. La resta d'emissions associades a l'ús de l'habitatge (aigua calenta sanitària, electrodomèstics, il·luminació i cuina) no es tenen en compte per considerar que són iguals en tots els casos. Tampoc es consideren les emissions corresponents a l'enderroc o desconstrucció dels edificis.

Les emissions associades a la fabricació dels materials es calculen a partir de la base de dades del mòdul ambiental de l'any 2006 del programa TCQ2000 de l'Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya (ITeC 2006a, 2006b) i les emissions associades a la climatització de l'habitatge es calculen a través del programa LIDER v1.0 (Ministerio de Industria 2007). Aquest programa no calcula directament les emissions de CO₂, sinó que dóna la demanda energètica anual suposant una ocupació constant. És per això que s'apliquen dos coeficients a aquests valors. En primer lloc, un coeficient que correspon al rendiment dels sistemes de climatització (0,8 per a la calefacció amb radiadors i caldera de gas, i 2 per a les bombes de calor de la refrigeració) i, en segon lloc, un coeficient que correspon al factor de conversió de la font d'energia a emissions de CO₂ (0,2 kg de CO₂/kWh en el cas del gas i 0,545 kg de CO₂/kWh en el cas de l'electricitat).

Per tal que la comparació sigui el més rigorosa possible, es varia el gruix de l'aïllament dels sistemes constructius originals fins a poder comparar una mateixa unitat funcional en els quatre casos. La quantitat d'aïllament que s'ha col·locat és la mínima possible per complir les normatives tèrmiques que s'apliquen a Catalunya, és a dir, el Código Técnico de la Edificación (CTE) i el Decret d'ecoeficiència.

Els resultats mostren que les emissions de CO₂ associades a l'ús dels edificis (Figura 49) són semblants en tots els casos, cosa esperada ja que tots ells compleixen els mínims requeriments de la normativa. Tot i això, hi ha una variació del 14 % entre el sistema més eficient que és l'industrialitzat pesat, que emet prop de 19 kg de CO₂/m², i el més ineficient, el lleuger que emet 22 kg de CO₂/m². Aquesta variació s'explica en gran part per les diferents emissions que es donen a l'estiu com a conseqüència de la diferència de pes entre els diferents sistemes constructius. Els més lleugers, com que no tenen inèrcia tèrmica, no poden aprofitar l'esmoreïment i desfasament que la inèrcia aporta i necessiten més energia de refrigeració.

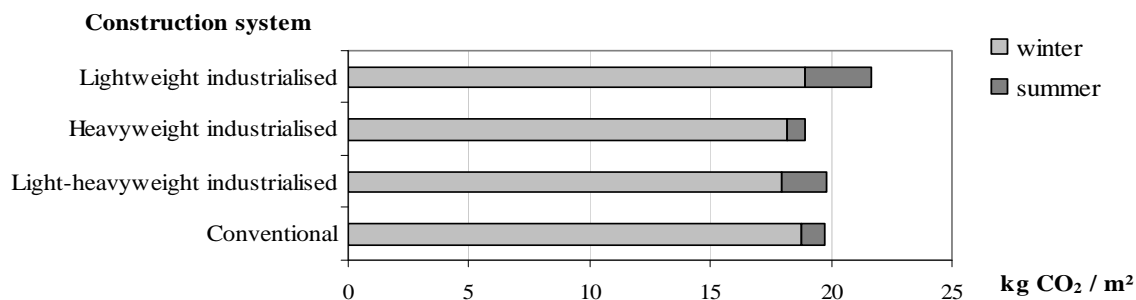


Figura 49. Emissions de CO₂ anuals associades a l'ús en funció del sistema constructiu.
Font: Pagès (2007).

Pel que fa a la fase de construcció de l'edifici, la Figura 50 mostra que el sistema industrialitzat lleuger emet més de 1.100 kg de CO₂/m². Aquest valor és un 60 % superior a les emissions associades al sistema convencional, tot i que el sistema lleuger pesa 2,5 vegades menys que el sistema convencional. L'impacte és causat principalment per l'estructura d'acer que representa un 60 % de les emissions totals de l'edifici. En el cas que s'utilitzés acer reciclat, les emissions es reduirien en un 20 %, quantitat que representa una reducció significativa però no suficient per tenir un impacte menor al dels altres sistemes constructius.

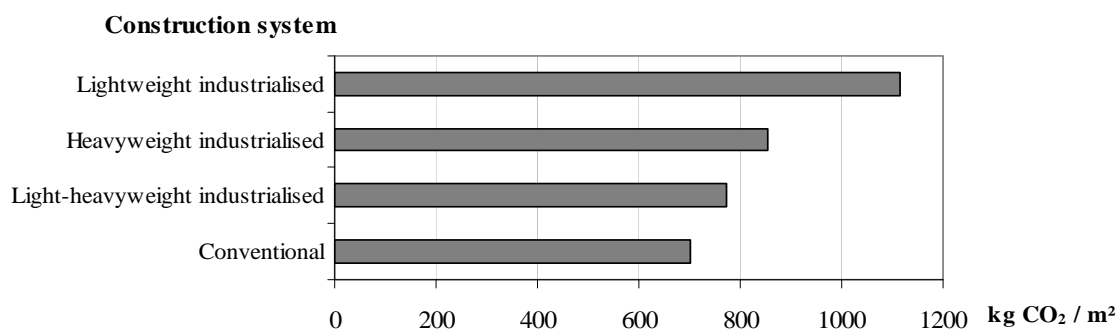


Figura 50. Emissions de CO₂ associades a la fabricació en funció del sistema constructiu.
Font: Pagès (2007).

Tenint en compte les emissions agregades de la fase de construcció i les de la fase d'ús, considerada de 60 anys (Figura 51), es pot destacar que el sistema industrialitzat lleuger té un impacte molt més gran que el dels altres tres. D'aquests tres, el que millor comportament ambiental té és el convencional, que emet un 28 % menys que l'industrialitzat lleuger.

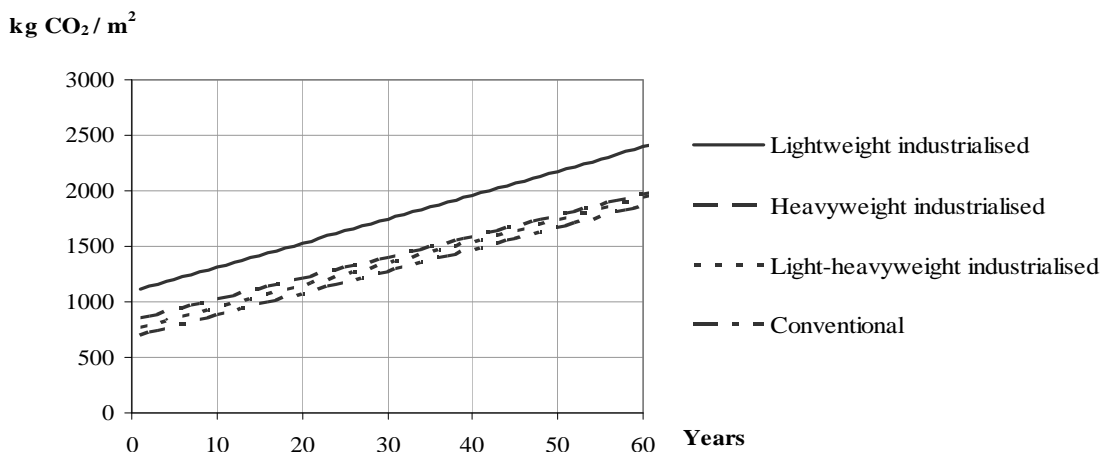


Figura 51. Evolució de la quantitat d'emissions de CO₂ al llarg de 60 anys en funció del sistema constructiu. Font: Pagès (2007).

A part d'aquesta comparació, també se'n fa una altra en què els quatre sistemes constructius tenen 5 cm més d'aïllament. Amb aquesta comparació es pretén estudiar quin efecte té per cada un i en relació als altres considerar sistemes constructius més eficients durant l'ús.

Pel que fa a les emissions associades a la fabricació de l'edifici, augmentar 5 cm l'aïllament de parets, coberta i terra comporta un augment de les emissions d'entre un 1 % i un 11 % respecte al cas del mínim aïllament, tal com mostra la Figura 52. La variació de l'augment de les emissions depèn del tipus de material aïllant que utilitzin els diferents sistemes constructius; per exemple, el sistema industrialitzat lleuger utilitza llana mineral que té un impacte molt més baix que el poliestirè expandit que s'utilitza en el sistema industrialitzat pesat.

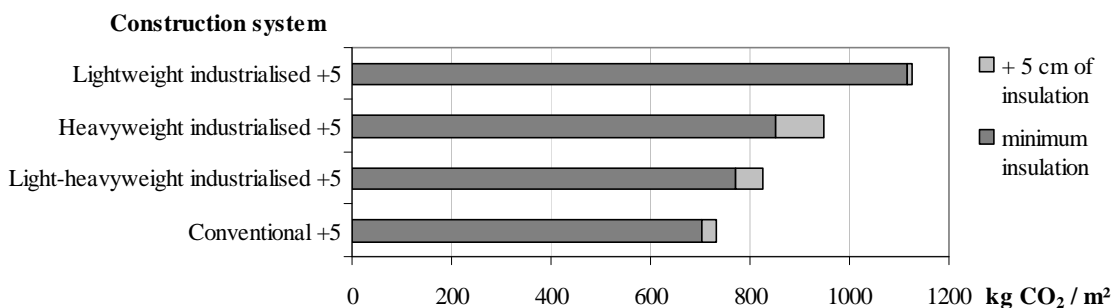


Figura 52. Emissions de CO₂ associades a la fabricació en funció del sistema constructiu (amb 5 cm extres d'aïllament). Font: Pagès (2007).

En el cas de les emissions associades a la climatització de l'edifici, la Figura 53 mostra una reducció considerable de les emissions dels sistemes constructius amb 5 cm extres d'aïllament respecte a les emissions amb l'aïllament mínim. Cal destacar que el sistema convencional experimenta la millora de comportament més gran, concretament d'un 25 %, mentre que el sistema industrialitzat lleuger només millora un 15 %.

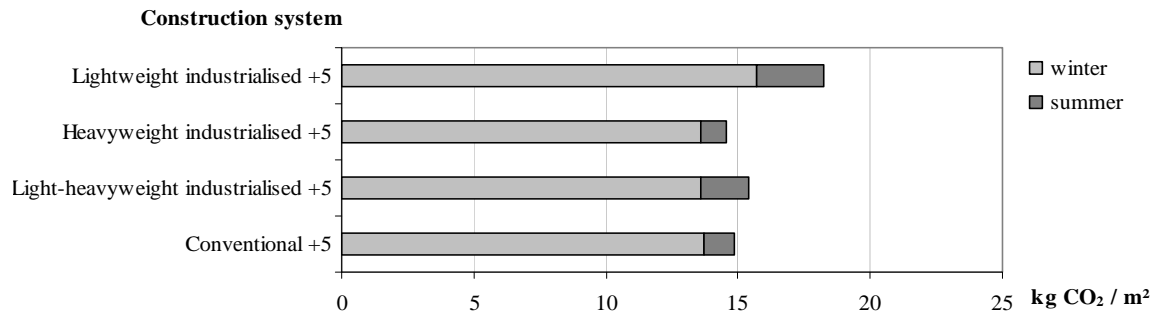


Figura 53. Emissions de CO₂ anuals associades a l'ús en funció del sistema constructiu (amb 5 cm extres d'aïllament).

Font: Pagès (2007).

Finalment, la comparació global dels quatre sistemes constructius (Figura 54) té com a resultat que el sistema convencional és el més eficient, igual que en la comparació anterior. En aquest cas, el sistema industrialitzat lleuger produeix un 37 % més d'emissions que el sistema convencional.

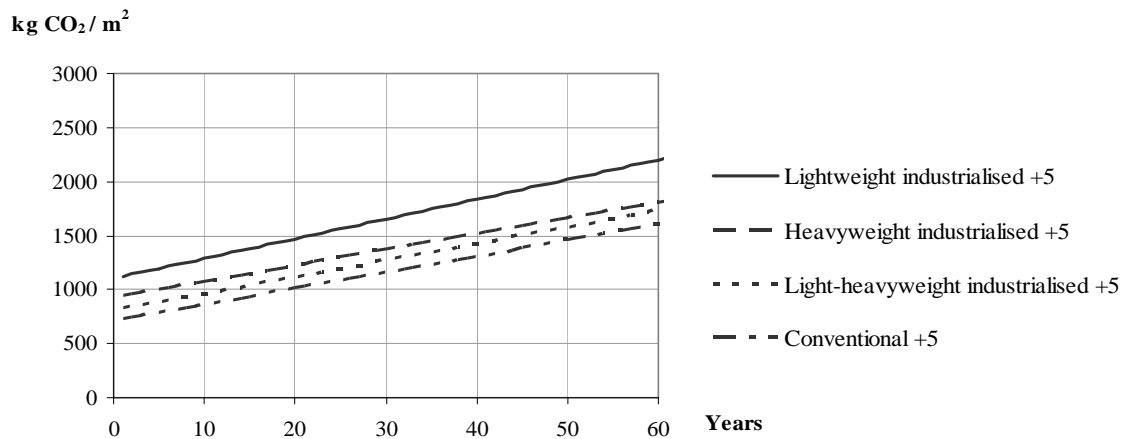


Figura 54. Evolució de la quantitat d'emissions de CO₂ al llarg de 60 anys en funció del sistema constructiu (amb 5 cm extres d'aïllament).

Font: Pagès (2007).

Amb aquest cas d'estudi es demostra que, a priori, un sistema constructiu industrialitzat no és millor que un de convencional pel que fa a emissions de CO₂.

Les característiques que poden fer que un sistema constructiu industrialitzat sigui millor ambientalment que un sistema constructiu convencional no depenen principalment del que aporta la industrialització sinó de les característiques dels materials que componen els sistemes. Sistemes constructius que tinguin en compte l'impacte ambiental en la fabricació dels materials que els componen i que permetin un bon comportament tèrmic adequat al clima en el que s'ubica l'edifici són claus per disminuir l'impacte. Tal com s'ha vist en els diferents resultats, els sistemes constructius pesats –industrialitzats o no–, són millors que els lleugers per a un clima mediterrani.

5.3.2 Pèrgola fotovoltaica del Fòrum de Barcelona

Un altre exemple de parcialitat en l'avaluació de la sostenibilitat, i més concretament en l'avaluació energètica, és la pèrgola fotovoltaica del fòrum de Barcelona. L'any 2004, amb motiu del Fòrum de les cultures que es va celebrar a Barcelona, es van connectar a la xarxa elèctrica les prop de 2.700 plaques fotovoltaïques que formen la pèrgola projectada pels arquitectes Martínez Lapeña i Elías Torres, materialitzant amb aquesta construcció un símbol que representava un dels eixos principals del continguts del Fòrum: la sostenibilitat.

La informació que transmetia la premsa general i altres mitjans de comunicació, era que amb la posada en servei d'aquesta instal·lació es generaria l'energia equivalent a la que consumeixen 1.000 habitatges o que s'estalviarien 440 tones anuals d'emissions de CO₂. Amb aquestes dades es reforçava la imatge d'aquesta construcció com a sostenible. Però, segons els càlculs que es descriuen a continuació, es demostra que la pèrgola no pot començar a aportar de forma neta l'energia que consumeixen 1.000 habitatges fins al cap de, com a mínim, prop de dues dècades – temps mínim necessari per generar la mateixa quantitat d'energia que la que ha estat consumida en la fabricació dels materials que la constitueixen.

Els càlculs que s'han realitzat consisteixen a comparar l'energia consumida i les emissions de CO₂ generades associades a la fabricació de la pèrgola (Requadre 6) amb l'energia que aporta i les emissions que estalvia per cada any de funcionament (Requadre 7).

Requadre 6

Consideracions i càlculs de l'energia consumida i les emissions de CO₂ generades en la fabricació de la pèrgola fotovoltaica:

- S'ha considerat l'impacte energètic del volum de material que es troba per sobre de l'escola de vela (corresponent a la cota de la plaça del Fòrum), la qual cosa significa que no es té en compte la part proporcional de fonaments o d'estructura que formen l'escola de vela (Figura 55).



Figura 55. Volum analitzat de la pèrgola fotovoltaica.

- La descripció i quantitat dels materials que constitueixen la pèrgola (excepte les plaques fotovoltaïques) estan extretes dels amidaments del projecte. D'aquesta manera, es pot saber la quantitat real de materials i recursos mobilitzats tot i que no coincideixi amb la quantitat de material que realment forma part de la pèrgola acabada; quantitat, aquesta última, que acostuma a ser inferior per no contemplar les pèrdues de la posta en obra.
- La placa fotovoltaïca utilitzada per la pèrgola és la I-165 de Isofotón. La descripció i massa dels principals materials que constitueixen la placa provenen de la fitxa tècnica d'aquest model de placa i d'informació demanada directament a l'empresa Isofotón.
- Cablejat, díodes, interconnexions... no es consideren en el càlcul entenent que aquests elements formen part de qualsevol sistema de generació i transport d'energia elèctrica i, per tant, no són característics només del sistema de producció energètica a través de plaques fotovoltaïques.
- Les equivalències energètiques i de CO₂ per quilogram de material provenen directament de la base de dades del banc de preus de l'ITeC (2010b) o són valors aproximats a partir de materials semblants de la mateixa base de dades.

Materials components de la pèrgola fotovoltaïca	Quantitat (kg)	Contingut d'energia primària (MJ/kg)	Contingut d'energia primària (MJ)	(kgCO ₂ /kg)	(kgCO ₂)
Formigó	3.040.000	0,6	1.781.844	0,1	330.478
Acer (armat del formigó)	304.000	35,0	10.640.000	2,8	857.280
Acer	790.000	35,0	27.650.000	2,8	2.227.800
Neoprè	77	120,0	9.240	17,7	1.364
Morter	842	2,4	1.979	0,2	185
2686 mòduls fotovoltaïcs	43.191	60,5	2.611.625	7,1	304.709
<i>1 Mòdul fotovoltaïc I-165</i>					
<i>Silici monocristalí</i>	<i>1,0</i>	<i>35,0</i>	<i>34,0</i>	<i>2,8</i>	<i>2,7</i>
<i>Etil-vinil-acetat</i>	<i>0,5</i>	<i>80,0</i>	<i>40,0</i>	<i>11,8</i>	<i>5,9</i>
<i>Vidre trempat d'alta transmissivitat</i>	<i>11,8</i>	<i>26,2</i>	<i>309,2</i>	<i>1,5</i>	<i>18,2</i>
<i>Tedlar de varies capes (fluorur de polivinil)</i>	<i>0,3</i>	<i>70,0</i>	<i>21,7</i>	<i>10,3</i>	<i>3,2</i>
<i>Marc d'alumini anoditzat</i>	<i>2,5</i>	<i>227,0</i>	<i>567,5</i>	<i>33,4</i>	<i>83,4</i>
TOTAL	16,1	60,5	972,3	7,1	113,4
TOTAL	4.178.110		42.694.687		3.721.816

Taula 64. Cost energètic i emissions de CO₂ associats a la fabricació de la pèrgola fotovoltaïca.

Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

Pel que fa a l'energia consumida en la fabricació de la pèrgola (Taula 64), cal destacar que dels 42.695 GJ només un 8,2 % estan associats a la fabricació dels materials que conformen els mòduls fotovoltaïcs, que són precisament els elements que motiven aquesta construcció.

Requadre 7

Consideracions i càlculs de l'energia produïda i les emissions de CO₂ estalviades durant el funcionament de la pèrgola fotovoltaica:

- El mòduls fotovoltaics estan orientats a sud amb una inclinació de 35° i sense cap obstrucció solar. Segons la radiació real promig de Barcelona, aquesta és la posició que rep més radiació al cap de l'any; concretament, hi incideixen 4,62 kWh/m² de promig diari .
- Tenint en compte que la potencia màxima del mòdul és de 165 watt-pic, que la radiació mitjana és 4,62 kWh/m² diaris i que el PSH (*peak sun hours*) és de 4,62; l'energia generada teòricament per un mòdul fotovoltaic en la posició indicada és de 278 kWh/any (o 1.002 MJ/any). Pel que fa al conjunt de la pèrgola, formada per 2.686 mòduls fotovoltaics, l'energia teòrica anual que genera és de 2.690 GJ. Cal dir que aquest valor és un 30 % més gran que el valor de la producció estimada segons l'empresa TERSA, actual gestora de la producció energètica de la pèrgola.
- Segons Isofotón, el rendiment del mòdul disminueix aproximadament un 4% durant les primeres hores de funcionament i després un 0,5 % anual durant la resta de la seva vida. Aquesta empresa garanteix un rendiment del 80 % fins als 20 anys. A partir d'aquest període de garantia, el rendiment pot ser molt variable en funció de les condicions en les que es trobi la instal·lació.

Any	Pèrdues de rendiment (%)	Energia generada per 1 mòdul (MJ)	Energia acumulada per 1 mòdul (MJ)	Energia acumulada per la pèrgola (GJ)	Emissions evitades per 1 mòdul (kgCO ₂)	Emissions evitades acumulades per 1 mòdul (kgCO ₂)	Emissions estalviades acumulades (tCO ₂)*
teòric	0	1001,7	0	0	109	0	0
1	4,5	956,6	957	2569	104	104	279
5	7,8	923,9	4701	12627	100	510	1.369
10	11,8	883,0	9198	24706	96	997	2.678
15	15,9	842,2	13491	36236	91	1.462	3.928
20	20,0	801,3	17579	47217	87	1.906	5.118

*Es considera el mix elèctric espanyol mitjà del període 2004-2009

Taula 65. Pèrdues de rendiment, energia produïda teòrica i real i emissions de CO₂ estalviades.
Font: elaboració pròpia amb dades de diverses fonts.

Pel que fa a l'aportació energètica i les emissions estalviades, la Taula 65 mostra que un mòdul fotovoltaic en un any pot produir entre uns 1.000 MJ i uns 800 MJ conforme es va depreciant –i evitar entre 109 i 87 kg de CO₂. Per tant, comparant aquests valors amb els resultats de la Taula 64, es pot afirmar que en poc més d'un any de funcionament, aquest mòdul amortitza energèticament –i en emissions de CO₂– el consum d'energia –i l'emissió de CO₂– de la fabricació dels principals materials que el componen.

En canvi, l'amortització del conjunt de la pèrgola és molt diferent. Per compensar l'energia que s'ha consumit per fabricar els principals materials que constitueixen la pèrgola és necessari que estigui en funcionament, com a mínim, 17,9 anys; i per compensar les emissions de la fabricació d'aquests materials calen, com a mínim, 14,2 anys de funcionament. Això significa que de l'energia que produirà la pèrgola i de les emissions que evitarà durant els primers 20 anys de funcionament (que és el temps que garanteix el fabricant), només un 10 % es pot considerar energia neta i només un 27 % es poden considerar emissions realment evitades.

El període d'amortització es pot allargar al comprovar l'aportació real que la pèrgola fa any rere any (Figura 56). Del període 2004-2010, només en l'últim any s'ha produït al voltant de la quantitat d'energia que indicaven les previsions. La diferència entre el que estava previst i la realitat es deu a problemes tècnics i a què les condicions de funcionament no sempre coincideixen amb les condicions de càlcul de rendiment del panell que presenta el fabricant a la seva fitxa tècnica. En total, l'energia produïda en aquest període és un 39 % inferior a l'estimada segons els càlculs propis i un 24 % inferior a l'estimada segons les dades de TERSA.

Tenint en compte la producció real del període 2004-2010 i suposant que la producció mitjana anual futura fos la mateixa, l'amortització energètica de la pèrgola es donaria al cap de 29 anys i l'amortització en emissions es produiria al cap de 23 anys.

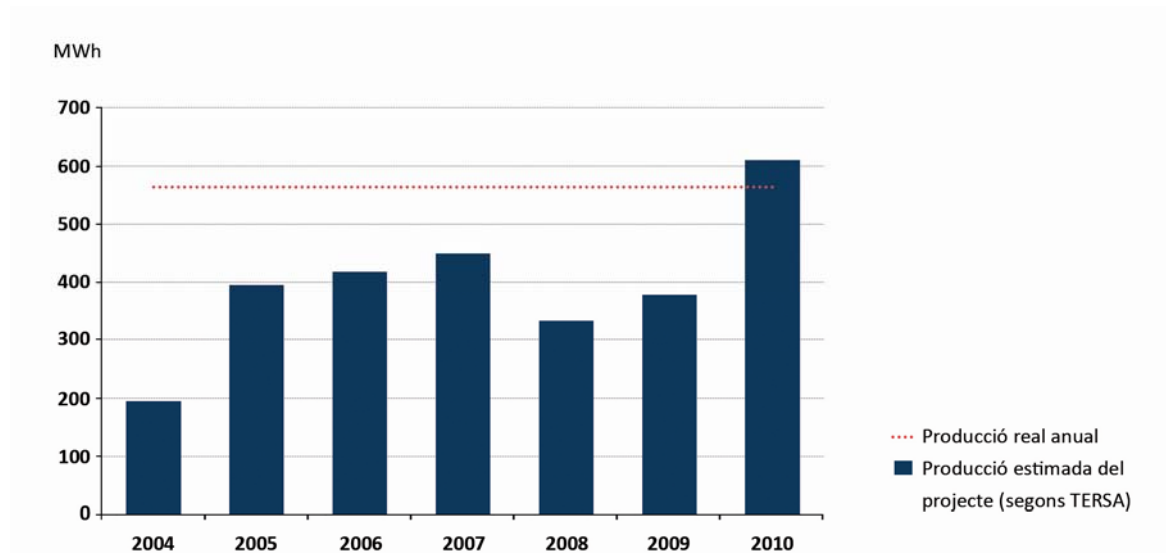


Figura 56. Producció real anual de la pèrgola fotovoltaica.

Font: elaboració pròpia amb dades de TERSA (empresa gestora de la producció de la pèrgola fotovoltaica des de l'any 2007).

Amb aquests resultats es posa de manifest que pel fet de comptabilitzar la sostenibilitat de forma parcial es poden arribar a solucions insostenibles. L'objectiu de la pèrgola és produir energia renovable, però si per arribar a generar-la cal consumir pràcticament la totalitat del que consumiran els principals components que la formen, es fa evident que des del punt de vista de la

sostenibilitat no caldria construir-la. A més, els càlculs resumits en aquest apartat mostren de forma aproximada l'impacte mínim i teòric. Si es considerés la totalitat d'elements que conformen la pèrgola i es repercutís la part de fonaments corresponents, el valor seria encara més desfavorable.

Com a conclusió es planteja la necessitat, tal com s'ha anat dient al llarg de la tesi, d'avaluar la sostenibilitat de forma més àmplia considerant com a central la utilitat d'allò que es construeix. Amortitzar energèticament un panell fotovoltaic en poc més d'un any i tota la pèrgola en divuit exigeix que es reflexioni sobre quina necessitat cal satisfer i amb quina quantitat de recursos i residus se satisfà. Si l'objectiu consisteix a aportar energia elèctrica renovable per donar habitabilitat als edificis, segurament és més sostenible –i barat econòmicament– integrar els panells en els plans òptims dels edificis, ja siguin existents o nous. D'aquesta manera, no es gasten recursos amb l'única finalitat de suportar panells sinó que s'aprofiten unes condicions materials que –suportant panells o no– tenen la funció principal de donar habitabilitat. Si, en canvi, l'objectiu de la pèrgola és fer un símbol de la sostenibilitat, la contradicció que sorgeix és si un símbol de la sostenibilitat pot ser-ho sense ser sostenible, com a mínim, els seus primers 18 anys de vida útil. Vida útil que es difícil de quantificar per la ubicació de la pèrgola a primera línia de mar.

CONCLUSIONS

Capítol

6

6.1 CONCLUSIONS GENERALS

La caracterització del sector de l'edificació des del punt de vista de les emissions de gasos d'efecte hivernacle (GEH) que s'ha fet en aquesta tesi permet treure les conclusions que s'exposen a continuació, agrupades segons al tema al que fan referència.

En relació als resultats de la caracterització numèrica del sector de l'edificació espanyol des del punt de vista de les emissions de GEH, es conclou que:

- A Espanya el sector de l'edificació és clau per assolir els objectius de reducció de les emissions que la comunitat internacional ha acordat a mig i llarg termini. A partir del 1990, les emissions anuals associades al sector de l'edificació, segons la metodologia que s'ha aplicat en aquesta tesi, han estat equivalents a entre el 27 % i el 41% de les emissions imputades a Espanya, segons la comptabilitat de l'IPCC.
- L'any 2009, les emissions del sector de l'edificació espanyol van ser de 129 MtCO₂, quantitat que és un 58 % superior a la de les emissions imputables al sector l'any 1990. La disminució del mix elèctric espanyol durant el període 1990-2009 ha contribuït a que l'augment de les emissions del sector no fos major: si el mix elèctric no hagués disminuït, tal com ha fet, un 42 % durant aquest període, les emissions de l'any 2009 haguessin estat un 98 % superiors a les del 1990.
- Les emissions associades a la fase de construcció s'han reduït dràsticament (un 31% entre 2008 i 2009) amb la crisi econòmica però les emissions associades a la fase d'ús dels edificis no han seguit la mateixa evolució. Aquestes últimes, durant el període 2008-2009 només s'han reduït un 13%.

En relació a les diferents visions o maneres de concebre el sector de l'edificació en quals es basen algunes de les estratègies de reducció de les emissions que s'apliquen al sector, es conclou que:

- La majoria d'estratègies de reducció d'emissions del sector de l'edificació que s'apliquen actualment no garanteixen que a curt i mig termini s'assoleixin reduccions absolutes reals –no referides a un escenari tendencial– respecte a les emissions de l'any 1990.
- La suma d'actuacions individuals per reduir les emissions no garanteix la reducció de les emissions globals. Proposar estratègies per unitat d'edifici sense limitar la quantitat total d'edificis pot implicar un augment de les emissions del sector. Les caracteritzacions del

sector que inclouen només estratègies de reducció d'aquest tipus no contempen de forma apropiada la transposició dels acords internacionals de limitació de gasos d'efecte hivernacle. Aquests acords fixen límits absoluts d'emissions i no relatius a una unitat de producte o servei.

- Assignar les emissions al punt del procés productiu on es generen físicament i no al consum de la utilitat que les ha motivat –tal i com es pot trobar en diferents estratègies de reducció de les emissions– impossibilita reduir de forma eficient i coherent amb la sostenibilitat les emissions de gasos d'efecte hivernacle de qualsevol activitat.

En relació a possibles alternatives i/o estratègies que permetrien dirigir el sector de l'edificació cap a la reducció de les emissions de GEH i cap a la sostenibilitat, es conclou que:

- Per poder dirigir el sector de l'edificació cap a la sostenibilitat és necessari entendre el sector no com el de la nova construcció, sinó com l'encarregat de produir l'habitabilitat socialment necessària, amb eficàcia en relació a l'ús dels recursos. Per això és necessari considerar els elements que intervenen en la sostenibilitat del sector: els fluxos materials (recursos), el fons de servei (parc construït) i l'ocupació (habitabilitat).
- La intervenció en el parc construït ocupat és la única estratègia que pot reduir les emissions associades a l'ús del sector de l'edificació. Excloent la variabilitat climàtica, sense canvis en les condicions materials del parc ocupat o canvis en les característiques de les persones que ocupen el parc no hi pot haver, respecte l'any anterior, una reducció real –no tendencial– de l'energia que genera les emissions de gasos d'efecte hivernacle.
- La construcció de nous edificis, encara que es projectin eficients, emetran emissions durant la seva construcció i durant el futur ús de l'edifici. Només aquells edificis nous que durant la fase d'ús tinguin un balanç neutre o negatiu d'emissions poden contribuir a la reducció de les emissions globals del sector de l'edificació.
- Per reduir les emissions de gasos d'efecte hivernacle del sector de l'edificació dins l'àmbit de la sostenibilitat és imprescindible redefinir l'habitabilitat. La redefinició ha de permetre un allotjament digne per tothom i ha de tenir en compte, a part de paràmetres espacials i de qualitats dels materials, la limitació dels recursos i residus associats a la satisfacció de les necessitats d'habitar.

En relació a la informació necessària per elaborar la caracterització, es conclou que:

- Amb la informació disponible no és possible caracteritzar anualment de forma adequada – en quantitats i qualitats– els principals elements que influeixen en la sostenibilitat del sector de l'edificació: fluxos materials, fons de servei i ocupació. Per tant, tampoc és possible fer una avaluació acurada de la sostenibilitat del sector, ni pel que fa al tancament dels cicles materials dels fluxos que intervenen en la consecució de l'habitabilitat, ni pel que fa a la valoració de l'habitabilitat.
- Per poder valorar el tancament dels cicles materials és necessari disposar de dades referents als impactes ambientals de cada un dels materials que s'utilitzen en l'edificació així com de la quantitat i característiques d'aquests materials. La informació referent als impactes, que normalment s'aporta des d'àmbits de coneixement que no són propis de l'arquitectura, s'ha anat ampliant constantment durant els últims anys i cada vegada hi ha més dades disponibles. Ara bé, la informació referent a les quantitats i característiques dels materials utilitzats en l'edificació –informació pròpia de l'àmbit de coneixement de l'arquitectura– en molts casos és incompleta i no està estructurada de forma útil per poder-hi assignar l'impacte que els fluxos materials generen.

6.2 LÍNIES DE RECERCA A DESENVOLUPAR

La present tesi posa de manifest diferents línies de recerca sobre les que cal investigar per tal de fer més acurada la caracterització del sector de l'edificació proposada. Els principals temes que es plantegen són els següents:

- Detallar i adequar la informació referent a la quantitat i característiques dels fluxos materials i del fons de servei que formen el sector de l'edificació: Aquesta informació permetria seguir la investigació d'aquesta tesi aprofundint en l'obtenció de resultats més precisos. També permetria analitzar i avaluar qualsevol tipus d'impacte ambiental relacionat amb el sector de l'edificació i, per últim, permetria preveure estratègies d'intervenció per reduir les emissions de gasos d'efecte hivernacle del sector de l'edificació amb més exactitud. Un exemple d'aquesta línia d'investigació és l'explotació de la base de dades del cadastre per obtenir la quantitat, l'evolució i les característiques del parc d'edificis.
- Redefinir l'habitabilitat: L'habitabilitat és un dels components de la definició d'edificació sostenible. Dirigir el sector de l'edificació cap a la sostenibilitat –reduint les emissions de

gasos d'efecte hivernacle– es pot fer aplicant estratègies sobre els fluxos materials però també aplicant estratègies sobre l'habitabilitat. Aquesta recerca planteja investigar sobre les diferents maneres de satisfer les necessitats d'habitabilitat en relació a la quantitat de recursos i de residus necessaris.

- Investigar estratègies globals per al sector de l'edificació de reducció de les emissions de gasos d'efecte hivernacle: Per una banda es tracta d'estudiar la viabilitat de les propostes que s'enuncien en aquesta tesi i, per una altra, desenvolupar noves estratègies que plantegin solucions alternatives als problemes que s'han detectat en aquest treball quan s'analitzaven les estratègies que s'apliquen actualment al sector de l'edificació.

E - CONCLUSIONS

Chapter

6

6.1-E GENERAL CONCLUSIONS

The description in this thesis of the building sector from the standpoint of greenhouse gas (GHG) emissions enables us to draw the conclusions listed below, which have been grouped together according to the issue to which they refer:

Regarding the results of the numerical description of the Spanish building sector from the standpoint of GHG emissions, we can conclude that:

- In Spain, the building sector is key to attaining the emissions reduction goals that the international community has agreed to for the middle and long term. According to the methodology applied in this thesis, the emissions associated with the building sector since 1990 are equivalent to between 27% and 41% of the total emissions attributed to Spain, following the IPCC's tallies.
- In 2009, the emissions from the Spanish building sector totalled 129 MtCO₂, an amount that is 58% higher than the emissions attributed to the same industry in 1990. The decline in the Spanish electric mix during the period 1990-2009 contributed to keeping the rise in the industry's emissions from being higher: if the electric mix had not dropped 42% in this period, the 2009 emissions would have been a full 98% higher than the 1990 emissions.
- The emissions associated with the construction phase have dropped considerably (around 31% between 2008 and 2009) owing to the recession, but the emissions associated with the building use phase have not followed the same trend and instead have only dropped 13% in the period 2008-2009.

Regarding the different visions or conceptions of the building sector on which some of the emissions reduction strategies applied to the industry are based, we can conclude that:

- The majority of emissions reduction strategies currently applied in the building sector do not guarantee that real reductions compared to 1990 emissions – not just those related to the current trends – will be achieved in the short and middle term.
- All the individual actions aimed at lowering emissions do not guarantee a reduction in overall emissions. Proposing strategies per building unit without limiting the overall number of buildings can lead to a rise in emissions from the industry. The descriptions of the industry that only include reduction strategies of this kind do not appropriately

transpose the international agreements to limit greenhouse gases. These agreements set absolute emission limits, not limits on a given product or service unit.

- Assigning the emissions to the point in the productive process where they are physically generated instead of to the consumption of the utility which motivated them – as can be found in different emissions reduction strategies – makes it impossible to efficiently and coherently reduce the sustainability of the emissions of greenhouse gases from any activity.

Regarding possible alternatives and/or strategies that will conduct the building sector towards a reduction in GHG emissions and towards sustainability, we can conclude that:

- In order to conduct the building sector towards sustainability, the industry must be understood not as related solely to new buildings but as the sector charged with producing the habitability that is socially required with an effective use of resources. In this sense, we must consider all the factors that affect the sustainability of the sector: material flows (resources), the fund of service (building stock) and occupation (habitability).
- Interventions in an occupied building stock are the only strategy that can lower the emissions associated with use in the building sector. Excluding the climate variability, with no changes in the material conditions of the occupied stock or the characteristics of the people occupying the stock, there can be no real reductions – unrelated to short-term trends – in the energy that generates greenhouse gas emissions.
- Even if they are designed to be efficient, new buildings will generate emissions during their construction and during the building's future use. Only new buildings that have a neutral or negative emissions balance during the use phase can contribute to lowering the overall emissions of the building sector.
- To lower greenhouse gas emissions in the building sector within the scope of sustainability, the concept of habitability must be redefined. This redefinition must make decent housing available to everyone and should take into account the limitations on the resources and waste associated with meeting housing needs through the development of spatial and materials quality parameters.

Regarding the information needed to properly describe the sector, we can conclude that:

- With the information currently available, it is impossible to properly – both quantitatively and qualitatively – describe the main factors that influence the sustainability of the

building sector on an annual basis, including material flows, fund of service and occupation. Therefore, it is likewise impossible to accurately evaluate the sustainability of the sector regarding either the closure of the material flow cycles that play a part in attaining habitability or the assessment of habitability.

- In order to assess the closure of the material cycles, we must have data on the environmental impacts of each of the materials used in construction as well as on the quantity and characteristics of these materials. The amount of information on impacts, which usually comes from fields other than architecture, has been constantly expanded in recent years, so there is an increasing body of information available. However, the information on the quantity and characteristics of the materials used in construction – information coming from the field of architecture itself – is often incomplete and not organised in such a way as to be useful in assigning the impact that these material flows generate.

6.2-E AVENUES OF RESEARCH TO BE EXPLORED

This thesis spotlights several avenues of research which could be pursued in order to make the description of the building sector proposed more accurate. The main issues posed are the following:

- Further fleshing out and adapting the information on the quantity and characteristics of the material flows and fund of service that make up the building sector: This information would enable us to continue the research in this thesis by getting even more precise results. It would also enable us to analyse and evaluate any kind of environmental impact related to the building sector. Finally, it would enable us to more precisely plan intervention strategies to lower greenhouse gases in the building sector. One example of this avenue of research is the exploitation of the land registry database in order to ascertain the quantity, evolution and characteristics of the current building stock.
- Redefining habitability: Habitability is one of the components of the definition of sustainable construction. The building sector can be conducted towards sustainability – that is, lower greenhouse gas emissions – by applying strategies on material flows as well as on habitability strategies. This research would inquire into the different ways of meeting housing needs in terms of the amount of resources and waste needed.

- Researching global strategies for the building sector to lower greenhouse gases: First, this would include a feasibility study of the proposals outlined in this thesis, and secondly it would involve developing new strategies that pose alternative solutions to the problems that have been detected in this study when analysing the strategies currently being applied in the building sector.

REFERÈNCIES I BIBLIOGRAFIA

NORMES, LLEIS I ALTRES TEXTOS LEGALS

Catalunya. Decret 21/2006, de 14 de febrer, pel qual es regula l'adopció de criteris ambientals i d'ecoeficiència en els edificis. *Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya*, 16 de febrer de 2006, núm. 4574, p.7567.

Comisión de las Comunidades Europeas. *Decisión de la Comisión de 26 de febrero de 2007 relativa al Plan Nacional de Asignación de los derechos de emisión de gases de efecto invernadero notificados por España de conformidad con la Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo*. Bruselas, 26 de febrer de 2007.

Comisión Europea. *Comunicación de la Comisión al Parlamento europeo, al Consejo, al Comité económico y social europeo y al Comité de las regiones. Hoja de ruta hacia una economía hipocarbónica competitiva en 2050*. Bruselas, 8 de març de 2011. COM (2011) 112 final.

Espanya. Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación. *Boletín oficial del Estado*, 6 de noviembre de 1999, núm. 266, p. 38925.

Espanya. Real Decreto 1402/2007, de 29 de octubre, por el que se modifica el Real Decreto 1370/2006, de 24 de noviembre, por el que se aprueba el Plan Nacional de Asignación de derechos de emisión de gases de efecto invernadero, 2008-2012. *Boletín oficial del Estado*, 30 de octubre de 2007, núm. 260, p. 44051.

Espanya. Real Decreto 1030/2007, de 20 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 1370/2006, de 24 de noviembre, por el que se aprueba el Plan Nacional de Asignación de derechos de emisión de gases de efecto invernadero, 2008-2012. *Boletín oficial del Estado*, 21 de julio de 2007, núm. 174, p. 31830.

Espanya. Real Decreto 1370/2006, de 24 de noviembre, por el que se aprueba el Plan Nacional de Asignación de derechos de emisión de gases de efecto invernadero, 2008-2012. *Boletín oficial del Estado*, 25 de noviembre de 2006, núm. 282, p. 41320.

Unió Europea. Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 13 de octubre de 2003 por la que se establece un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la Comunidad y por la que se modifica la Directiva 96/61/CE del Consejo. *Diario Oficial de la Unión Europea*, 25 d'octubre de 2003, núm. 275, p. 32.

Unió Europea. Decisión del Consejo 2002/358/CE de 25 de abril de 2002 relativa a la aprobación, en nombre de la Comunidad Europea, del Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y al cumplimiento conjunto de los compromisos

contraídos con arreglo al mismo. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, 15 de mayo de 2002, núm. 130, p. 1.

Ministerio de Vivienda. *Código Técnico de la Edificación*. Madrid: Boletín Oficial del Estado, 2006. 11 vol. ISBN 978-84-340-1631-6.

Nacions Unides. *Outcome of the work of the Ad Hoc Working Group on long-term Cooperative Action under the Convention. Draft decision -/ CP.16* [en línia]. Advance unedited version. Cancún: The United Nations Climate Change Conference in Cancun, COP 16 / CMP 6, 2010. [Data de consulta: 2 marzo 2011]. Disponible a: http://unfccc.int/files/meetings/cop_16/application/pdf/cop16_lca.pdf

Nacions Unides. *Bali Action Plan. Decision -/CP.13* [en línia]. Advance unedited version. Bali: The United Nations Climate Change Conference in Bali, COP 13 / CMP 3, 2007. [Data de consulta: 17 desembre 2007]. Disponible a: <http://unfccc.int>

Nacions Unides. *Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático* [en línia]. Naciones Unidas, 1997. [data de consulta: 2 de març de 2011]. Disponible a: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>

Nacions Unides. *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. [en línia]. Naciones Unidas, 1992. [data de consulta: 2 de març de 2011]. Disponible a: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>

ESTADÍSTIQUES I BASES DE DADES

European Climate Exchange (ECX). *ECX EUA Futures Contract: Historic Data* [en línia]. ECX, 2009. [Data de consulta: 20 de febrer de 2009]. Disponible a: <http://www.ecx.eu/index.php/EUA-Futures>.

European Environment Information and Observation Network (EIONET), Central Data Repository. *Spain GHG inventories series 1990-2009* [en línia]. European Environment Agency. Disponible a: <http://cdr.eionet.europa.eu/es/un/colrdzxp/envtawzsq>.

Eurostat. *Energy Statistics* [en línia]. European Commission. Disponible a: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/>.

Eurostat. *Electricity and Heat. Annual questionnaire. 2001 and 2002* [en línia]. Paris, Geneva and Luxembourg, 2003 [Data de consulta: 25 de juny de 2011]. Disponible a: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_SDDS/Annexes/nrg_quant_esms_an7.pdf.

Generalitat de Catalunya; Ministerio de Fomento. *Estadística d'edificació i habitatge* [en línia]. Disponible a: www.gencat.cat

Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya (ITeC). *BEDEC PR/PCT*. ITeC, 2010b.

Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya (ITeC). *BEDEC PR/PCT* [CD]. ITeC, 2006b.

Instituto Nacional de Estadística (INE). *Censos de Población y Viviendas 2001* [en línia]. Madrid: INE, 2004. Disponible a: <http://www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=%2Ft20/e242&file=inebase&L=0>.

Instituto Nacional de Estadística (INE). *Censos de Población y Viviendas 1991* [en línia]. Madrid: INE. Disponible a: <http://www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=%2Ft20/2Fe243&file=nebase&N=&L=0>.

Instituto Nacional de Estadística (INE). *Censo de edificios 1990. Tomo 1: Resultados a nivel nacional*. Madrid: Instituto Nacional de Estadística, 1992a. ISBN 978-84-260-2461-9.

Instituto Nacional de Estadística (INE). *Censo de locales 1990. Tomo 1: Resultados nacionales*. Madrid: Instituto Nacional de Estadística, 1992b. ISBN 978-84-260-2533-3.

Instituto Nacional de Estadística (INE). *Encuesta de hogares y medio ambiente 2008* [en línia]. Madrid: INE, 2010. Disponible a: <http://www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=%2Ft25/2Fp500&file=inebase&L=0>

Instituto Nacional de Estadística (INE) *Encuesta continua de presupuestos familiares* [en línia]. Madrid: INE. Disponible a: <http://www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=%2Ft25/2Fe437&file=inebase&L=0>.

Ministerio de Economía y Hacienda, Dirección General del Catastro. *Estadísticas catastrales. Censo Inmobiliario* [en línia]. Ministerio de Economía y Hacienda. Disponible a: <http://www.catastro.meh.es/esp/estadistica/estadisticas2.asp>.

Ministerio de Fomento. *Atlas estadístico de la construcción en España: año 2008* [en línia]. Madrid: Ministerio de Fomento. Secretaría General Técnica. Centro Publicaciones, 2008. Disponible a: <http://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/B84AD04D-53FE-4462-A406-23B26D2A5E99/77852/Atlas2008sp.pdf>

Ministerio de Fomento, Dirección General de Programación Económica y Presupuestaria. *Atlas estadístico de la vivienda en España*. Madrid: Ministerio de Fomento, 1998. ISBN 978-84-498-0384-0.

Ministerio de Fomento. *Construcción de edificios (licencias municipales de obra)* [en línia]. Madrid: Ministerio de Fomento. Disponible a: http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/ESTADISTICAS_Y_PUBLICACIONES/INFORMACION_ESTADISTICA/Construccion/ConstruccionEdificios/default.htm

Ministerio de Fomento. *Licitación oficial en construcción* [en línia]. Madrid: Ministerio de Fomento. Disponible a: http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/ESTADISTICAS_Y_PUBLICACIONES/INFORMACION_ESTADISTICA/Construccion/Licitacion/

Ministerio de Fomento. *Obras en edificación (visados de dirección de obra de los Colegios de Arquitectos Técnicos)* [en línia]. Madrid: Ministerio de Fomento. Disponible a: http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/ESTADISTICAS_Y_PUBLICACIONES/INFORMACION_ESTADISTICA/Construccion/ObrasEdificacion/default.htm

Ministerio de Fomento, Secretaría de Estado de Infraestructuras. *Obras en edificación: resultados 1998 y 1999*. Madrid: Ministerio de Fomento. Centro de Publicaciones, 2000. ISBN 978-84-498-0491-5.

Ministerio de Fomento. *Vivienda y suelo* [en línia]. Madrid: Ministerio de Fomento. Disponible a: http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/ESTADISTICAS_Y_PUBLICACIONES/INFORMACION_ESTADISTICA/Vivienda/Estadisticas/default.htm.

Ministerio de Vivienda, Secretaría General Técnica. *Estimación del Parque de Viviendas* [en línia]. Ministerio de Vivienda [Data de consulta: 9 de novembre de 2009]. Disponible a: http://www.mviv.es/es/index.php?option=com_content&task=view&id=687&Itemid=430.

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). “Time series – Annex I” A: *GHG Data – UNFCCC* [en línia]. UNFCCC, 2008a. [Data de consulta: 12 de desembre de 2008]. Disponible a: http://unfccc.int/ghg_data/ghg_data_unfccc/time_series_annex_i/items/3814.php.

REFERÈNCIES I BIBLIOGRAFIA

Albert Pérez, C.; Uriel Jiménez, E.; Benages Candau, E.; Cucarella, V. *El stock de capital en viviendas en España y su distribución territorial (1990-2007)*. Bilbao: Fundación BBVA, 2009. ISBN 978-84-96515-86-4.

Arcas-Abella, J.; Pagès-Ramon, A.; Casals-Tres, M. “El futuro del hábitat: Repensando la habitabilidad desde la sostenibilidad. El caso español”. *Revista INVI*, 2011, vol. 72, núm. 26, p. 65-93.

Arrhenius, S. "On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground". *Philosophical Magazine and Journal of Science*, 1896, Fifth series, vol. 41, p. 237-276.

Barker, T., Bashmakov, I.; Alharthi, A.; Amann, M.; Cifuentes, L.; Drexhage, J.; Duan, M.; Edenhofer, O.; Flannery, B.; Grubb, M.; Hoogwijk, M.; Ibitoye, F. I.; Jepma, C. J.; Pizer, W.A.; Yamaji, K. "Mitigation from a cross-sectoral perspective". A: Metz, B.; Davidson, O.R.; Bosch, P.R.; Dave, R.; Meyer, L.A. (eds). *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge (UK); New York (USA): Cambridge University Press, 2007, p. 619-690.

Carrier Air Conditioning Company. *Manual de aire acondicionado*. 5a. edició Barcelona: Marcombo. Boixareu editores, 1980. ISBN 84-267-0115-9.

Casals-Tres, M.; Arcas-Abella, J.; Pagès-Ramon, A. "Habitabilidad, un concepto en crisis. Sobre su redefinición orientada hacia la sostenibilidad". *Informes de la Construcción*, 2011, vol. 63, núm. Extra, p. 21-32.

Casals, X. "Analysis of building energy regulation and certification in Europe: Their role, limitations and differences". *Energy and Buildings*, 2006, vol. 38, núm. 5, p. 381-392.

Centre d'iniciatives per a l'edificació sostenible (CIES): Col·legi d'Arquitectes de Catalunya, Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona, l'Institut Cerdà, l'Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya i Universitat Politècnica de Catalunya. *Treballs de recerca previs per a la redacció del Llibre Blanc per a l'Etiquetatge Verd dels productes per a la construcció*. Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya. s.a.

Cheng, C. "A new NAMA framework for dispersed energy end-use sectors". *Energy Policy*, 2010, vol. 38, núm. 10, p. 5614-5624.

Comisión Europea. *Acción de la UE contra el cambio climático. A la cabeza de la respuesta mundial hasta 2020 y más allá*. Edición 2009. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, 2008. ISBN 978-92-79-13409-8.

Comisión Europea. *Acción de la UE contra el cambio climático. A la cabeza de la respuesta mundial hasta 2020 y más allá*. Edición 2008. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, 2008. ISBN 978-92-79-09335-7.

Comisión Europea. *La acción de la UE contra el cambio climático. El comercio de derechos de emisión de la UE: un régimen abierto para fomentar la innovación global*. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, 2005. ISBN 92-894-9186-8.

Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo. *Nuestro futuro común*. Madrid: Alianza, 1988. ISBN 978-84-206-9574-7.

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). *Cuidar el clima. Guía de la Convención Marco sobre el Cambio Climático y el Protocolo de Kyoto* [en línia]. Bonn: Secretaría de la Convención Marco sobre el Cambio Climático, 2005 [Data de consulta: setembre de 2007]. Disponible a: http://unfccc.int/resource/docs/publications/caring2005_sp.pdf.

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC); Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). *Para comprender el Cambio Climático: Guía elemental de la Convención Marco de las Naciones Unidas y el Protocolo de Kyoto* [en línia]. CMNUCC; PNUMA, 2002 [Data de consulta: setembre de 2007]. Disponible a: http://unfccc.int/resource/docs/publications/beginner_sp.pdf.

Cuchí, A.; Sweatman, P. *Una visión-país para el sector de la edificación en España. Hoja de ruta para un nuevo sector de la vivienda*. Green building council españa, Fundación CONAMA, 2011.

Cuchí, A.; Wadel, G.; Rivas, P. *Cambio Global España, 2020/50: Sector edificación: la imprescindible reconversión del sector frente al reto de la sostenibilidad*. Madrid: Fundación General de la Universidad Complutense, 2010. ISBN 978-84-614-0457-5.

Cuchí Burgos, A.; Pagès Ramon, A. *Sobre una estrategia para dirigir al sector de la edificación hacia la eficiencia en la emisión de gases de efecto invernadero (GEI)*, Madrid: Ministerio de Vivienda, 2007.

Cuchí Burgos, A. *Arquitectura i sostenibilitat*, Barcelona: Edicions UPC, 2005. ISBN 84-8301-839-X.

Cuchí Burgos, A.; Díez Bernabé, G.; Orgaz Tejedor, C. *La cubierta captadora als edificis d'habitatges*. Barcelona: Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya (ITeC), 2002. ISBN 978-84-7853-435-7.

Denman, K.L.; Brasseur, G.; Chidthaisong, A.; Ciais, P.; Cox, P.M.; Dickinson, R.E.; Hauglustaine, D.; Heinze, C.; Holland, E.; Jacob, D.; Lohmann, U.; Ramachandran, S.; da Silva Dias, P.L.; Wofsy, S.C.; Zhang X. "Couplings Between Changes in the Climate System and Biogeochemistry". A: Solomon, S.; Qin, D.; Manning, M.; Chen, Z.; Marquis, M.; Averyt, K.B.; Tignor, M.; Miller, H.L. (eds.). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge (UK); New York (USA): Cambridge University Press, 2007, p. 499-587.

Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya; Nacions Unides. *La política internacional contra el canvi climàtic. Cimeres de Rio de Janeiro, Kyoto i Buenos Aires*. [en línia]. Barcelona: Generalitat de Catalunya, 1998. Disponible a: <http://www.gencat.cat/>.

Enciclopèdia Catalana. *Gran Diccionari de la llengua catalana* [en línia]. Grup Enciclopèdia Catalana. Disponible a: <http://www.diccionari.cat/>.

Eurostat. *Energy consumption in households*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 1993. ISBN 92-826-6543-7

European Commission. *How to develop a Sustainable Energy Action Plan (SEAP). Guidebook*. [en línia] Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2010 [Data de consulta: 11 d'agost de 2010]. Disponible a: www.eumayors.eu.

European Commission. *Covenant of Mayors. Committed to urban sustainable energy* [en línia]. Disponible a: www.eumayors.eu.

Fleming, J.R. "What Role Did G.S. Callendar Play in Reviving the CO₂ Theory of Global Climate Change?" *Presidential Symposium on the History of the Atmospheric Sciences: People, Discoveries, and Technologies*. [en línia] American Meteorological Society, 2003 [Data de consulta: 10 de novembre de 2008]. Disponible a: http://ams.confex.com/ams/annual2003/techprogram/paper_58908.htm.

Fleming, J.R. "The carbon dioxide theory of climate change: Emergence, eclipse, and reemergence, ca.1850-1950". *13th Symposium on Global Change and Climate Variations*. American Meteorological Society, 2002, p. 18-19.

Folch, R. *Diccionario de socioecología*. Barcelona: Planeta, 1999. ISBN: 9788408029557

Forster, P.; Ramaswamy, V.; Artaxo, P.; Berntsen, T.; Betts, R.; Fahey, D.W.; Haywood, J.; Lean, J.; Lowe, D.C.; Myhre, G.; Nganga, J.; Prinn, R.; Raga, G.; Schulz, M.; Van Dorland, R. "Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing". A: Solomon, S.; Qin, D.; Manning, M.; Chen, Z.; Marquis, M.; Averyt, K.B.; Tignor, M.; Miller, H.L. (eds.). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge (UK); New York (USA): Cambridge University Press, 2007, p. 129-234.

Gausa, M. (coord.). *Cap a un habitat(ge) sostenible*. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible, 2010. ISBN 978-84-3938-748-0.

Georgescu-Roegen, N. *The Entropy Law and the Economic Process*. Cambridge (USA): Harvard University Press, 1971. SBN 674-25780-4.

Gupta, S.; Tirpak, D.A.; Burger, N.; Gupta, J.; Höhne, N.; Boncheva, A.I.; Kanoan, G. M.; Kolstad, C.; Kruger, J. A.; Michaelowa, A.; Murase, S.; Pershing, J.; Saijo, T.; Sari, A. "Policies, Instruments and Co-operative Arrangements". A: Metz, B.; Davidson, O.R.; Bosch, P.R.; Dave, R.; Meyer, L.A. (eds). *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge (UK); New York (USA): Cambridge University Press, 2007, p. 745-807.

Handel, M.D.; Risbey, J.S. "Reflections on More than a Century of Climate Change Research". *Climatic Change*, 1992, vol. 21, no. 2, p. 91-96.

Institut d'Estudis Catalans (IEC). *Diccionari de la llengua catalana* [en línia]. 2a. edició. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans, 2007. Disponible a: <http://dlc.iec.cat/>.

Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya (ITeC). *Euroconstruct. Prospectiva del sector de la construcció a Europa*. Barcelona: ITeC, 2010a. ISBN: 978-84-7853-500-2

Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya (ITeC). *TCQ 2000* [CD]. Versió 3.2. ITeC, 2006a.

Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE). *Guía práctica de la energía. Consumo responsable y eficiente*. 3ª edición. Madrid: IDAE, 2011.

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). *Energy Efficiency Policies and Measures in Spain. Monitoring of Energy Efficiency in EU 27, Norway and Croatia (ODYSSEE-MURE)* [en línia]. ODYSSEE, 2009 [Data de consulta: 6 de març de 2011]. Disponible a: http://www.odyssee-indicators.org/publications/PDF/spain_nr.pdf

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). *Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012 (E4). Plan de Acción 2008-2012* [en línia]. IDAE, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2007a [Data de consulta: 20 de desembre de 2010]. Disponible a: http://www.mma.es/secciones/cambio_climatico/documentacion_cc/normativa_cc/pdf/plan_accion_2008_2012.pdf.

Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE). *Guía práctica de la energía. Consumo responsable y eficiente*. 2ª edición. Madrid: IDAE, 2007b.

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). *Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012 (E4). Plan de Acción 2005-2007* [en línia]. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2005 [Data de consulta: 6 de març de 2006].

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). “Eficiencia Energética: E4. Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012 (E4)”. A: IDAE. *Boletín IDAE: Eficiencia Energética y Energías Renovables (Nº6)*. Madrid: IDAE, 2004, p. 25-81.

Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE). *Boletín IDAE: eficiencia energética y energías renovables (Nº 1)*. Madrid: IDAE, 2000.

International Energy Agency (IEA). *Key World Energy Statistics* [en línia]. Paris: International Energy Agency, 2011 [Data de consulta: 27 de desembre de 2011]. Disponible a: http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2011/key_world_energy_stats.pdf.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. [en línia] Disponible a: <http://www.ipcc.ch/>.

IPCC. *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de Trabajo I, II y III al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. IPCC, Ginebra, 2007a.

IPCC. “Resumen para responsables de Políticas”. A: *Cambio climático 2007: Base de las Ciencias Físicas. Contribución del Grupo de Trabajo I al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Cambridge (UK); New York (USA): Cambridge University Press, 2007b.

IPCC. “Resumen para responsables de Políticas”. A: *Cambio climático 2007: Impactos y Vulnerabilidad. Contribución del Grupo de Trabajo II al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Cambridge (UK); New York (USA): Cambridge University Press, 2007c.

IPCC. “Resumen para responsables de Políticas”. A: *Cambio climático 2007: Mitigación del Cambio Climático. Contribución del Grupo de Trabajo III al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Cambridge (UK); New York (USA): Cambridge University Press, 2007d.

IPCC. *Cambio Climático 2001: Informe de síntesis*. IPCC, 2001.

IPCC. *Escenarios de emisiones. Resumen para responsables de políticas. Informe especial del Grupo de trabajo III del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. IPCC, 2000. ISBN 92-9169-413-4.

- Isalgué, A. *Física de la llum i el so*. Barcelona: Edicions UPC, 1995. ISBN 978-84-7653-544-8.
- Khandekar, M.L.; Murty, T.S.; Chittibabu, P. “The global warming debate: A review of the state of science”. *Pure and Applied Geophysics*, 2005, vol. 162, núm. 8-9, p. 1557-1586.
- La Roche, P. “Calculating green house gas emissions for buildings: analysis of the performance of several carbon counting tools in different climates”. *Informes de la construcció*, 2010, vol. 61, núm. 517, p. 61-74.
- Latouche, S. *Come sopravvivere allo sviluppo*. Torino: Bollati Boringhieri, 2005. ISBN 88-339-1623-5.
- Le Treut, H.; Somerville, R.; Cubasch, U.; Ding, Y.; Mauritzen, C.; Mokssit, A.; Peterson, T.; Prather, M. “Historical Overview of Climate Change”. A: Solomon, S.; Qin, D.; Manning, M.; Chen, Z.; Marquis, M.; Averyt, K.B.; Tignor, M.; Miller, H.L. (eds.). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge (UK); New York (USA): Cambridge University Press, 2007, p. 94-127.
- Levine, M.; Ürge-Vorsatz, D.; Blok, K.; Geng, L.; Harvey, D.; Lang, S.; Levermore, G.; Mongameli Mehlwana, A.; Mirasgedis, S.; Novikova, A.; Rilling, J.; Yoshino H. “Residential and commercial buildings”. A: Metz, B.; Davidson, O.R.; Bosch, P.R.; Dave, R.; Meyer, L.A. (eds.). *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge (UK); New York (USA): Cambridge University Press, 2007, p. 387-446.
- Mañà i Reixach, F.; Cuchí Burgos, A. *Paràmetres de sostenibilitat*. Barcelona: Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya (ITeC), 2003. ISBN 978-84-7853-455-5.
- Max-Neef, M.A.; Elizalde, A.; Hopenhayn, M. *Desarrollo a escala humana: conceptos, aplicaciones y algunas reflexiones*. Barcelona: Icària, 1994. ISBN 978-84-7426-217-9.
- Ministerio de Economía, Secretaría de Estado de Energía, Desarrollo Industrial y de la Pequeña y Mediana Empresa. “Sector Edificación”. *Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012*. [en línia]. Ministerio de Economía, 2003a [Data de consulta: 19 de febrer de 2009]. Disponible a: <http://www.mityc.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/Estrategia/Documentos/Paginas/DocumentoSectoriales.aspx>.
- Ministerio de Economía, Secretaría de Estado de Energía, Desarrollo Industrial y de la Pequeña y Mediana Empresa. “Sector Equipamiento Residencial y Ofimática (Residencial y Servicios)”. *Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012*. [en línia]. Ministerio de

Economía, 2003b [Data de consulta: 19 de febrer de 2009]. Disponible a: <http://www.mityc.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/Estrategia/Documentos/Paginas/DocumentoSectoriales.aspx>.

Ministerio de Medio Ambiente. *El cambio climático en España. Estado de la situación* [en línia]. Ministerio de Medio Ambiente, 2007 [Data de consulta: 13 d'abril de 2008]. Disponible a: <http://www.mma.es/portal/secciones/cambio climatico/>.

Ministerio de Medio Ambiente. *Estrategia española de cambio climático y energía limpia – Horizonte 2007-2012-2020* [en línia]. Ministerio de Medio Ambiente, 2007. Disponible a: <http://www.mma.es/>.

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Secretaría de Estado de Cambio Climático. *Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero de España. Años 1990-2007. Comunicación a la secretaría del Convenio Marco sobre Cambio Climático* [en línia]. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009 [Data de consulta: 30 d'abril de 2009]. Disponible a: http://cdr.eionet.europa.eu/es/un/colrdzxp/ envsexsrw/Informe_Inventarios_GEI_Espana_1990-2007__Marzo_2009__-_SCMCC.pdf/manage_document.

Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE); Ministerio de Vivienda, Dirección General de Arquitectura y Política de Vivienda. “LIDER v1.0” [en línia: versió del 27 de Març de 2007]. Disponible a: <http://www.codigotecnico.org>.

Naredo, J.M.; Carpintero, Ó.; Marcos, C. *Patrimonio inmobiliario y balance nacional de la economía española (1995-2007)*. Madrid: Fundación de las Cajas de Ahorros (FUNCAS), 2008. ISBN 978-84-89116-44-3.

Naredo, J.M.; Carpintero, Ó.; Marcos, C. *Patrimonio inmobiliario y balance nacional de la economía española (1991-2004)*. Madrid: Fundación de las Cajas de Ahorros (FUNCAS), 2005. ISBN 84-89116-22-9.

Odyssee. “Online Indicators”. *Energy Efficiency Indicators in Europe* [en línia]. Odyssee [Data de consulta: 6 de març de 2011]. Disponible a: <http://www.odyssee-indicators.org/registred/verifa3.php>.

Organización Meteorológica Mundial (OMM). “Programas. Sumario” [en línia]. Ginebra: Organización Meteorológica Mundial [Data de consulta: novembre de 2008]. Disponible a: http://www.wmo.int/pages/summary/progs_summary_es.html

Pagès, A.; Cuchí, A. “Moving the entire building sector towards low CO2 emissions”. A: Kenny, P.; Lewis, J. O.; Brophy, V. (eds.). *25th PLEA International Conference: Towards zero energy buildings* [CD]. Dublin: University College Dublin, 2008. ISBN 781905254347.

Pagès, A.; Paris, O.; Cuchí, A. “Are industrialised construction systems better?”. A: Bragança, L.; et al. (eds.). *Portugal SB07. Sustainable Construction: Materials and Practices*. Amsterdam: IOS Press, 2007, p. 1075-1082. ISBN 978-008-056-8973.

Pagès, A.; Cuchí, A.; López, F.; Sagraera, A. “The industrialised construction system versus the conventional construction system: possibilities for reducing CO2 emissions. A case study.” A: *World Renewable Energy Congress IX. Full Proceedings*. [CD]. Elsevier, 2006. ISBN: 008 44671 X

Pagès, A.; Cuchí, A. “Emissions de CO2 en el sector de l'edificació”. A: Carrera, E.; de Felipe, J. J.; Sureda, B.; Tollin, N. (eds.). *ICSMM 2006: Proceedings of the I International Conference on Sustainability Measurement and Modelling*. Barcelona: International Center of Numerical methods in Engineering (CIMNE), 2006. ISBN 84-96736-36-7.

Pérez-Lombard, L.; Ortiz, J.; Pout, C. “A review on buildings energy consumption information”. *Energy and buildings*. 2008, vol. 40, p. 394-398.

Pich-Aguilera F.; Batlle, T. *Con la realidad = Engaged with reality*. Barcelona: Actar, 2008. ISBN 978-84-96954-60-1.

Price, L.; de la Rue du Can, S.; Sinton, J.; Worrell, E.; Zhou, N.; Sathaye, J.; Levine, M. *Sectoral Trends in Global Energy Use and Greenhouse Gas Emissions* [en línia]. Environmental Energy Technologies Division, Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, 2006. [Data de consulta: 2 de març de 2011]. Disponible a: <http://ies.lbl.gov/iespubs/56144.pdf>.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente; Secretaría sobre el Cambio Climático (UNFCCC). *Cambio Climático. Carpeta de Información*. Suiza: 2004. [en línia] 2004. [Data de consulta: 8 d'agost de 2007] Disponible a: http://unfccc.int/resource/docs/publications/infokit_2004_sp.pdf

Real Academia Española (RAE). *Diccionario de la lengua española* [en línia]. 22^a edición. Madrid: Espasa Calpe, 2001. Disponible a: <http://www.rae.es/rae.html>.

de la Rue du Can, S. “Sectoral trends in global energy use and greenhouse gas emissions”. *Energy Policy*, 2008, vol. 36, núm. 4, p. 1386-1403.

Serra Florensa, R.; Coch Roura, H. *Arquitectura y energía natural*. Barcelona: Edicions UPC, 2001. ISBN 84-8301-497-1.

Solanas, T.; Calatayud, D.; Claret, C. *34 kg de CO₂*. Barcelona: Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya, 2009.

Stern, N. *Stern Review: La economía del cambio climático*. [en línia]: HM Treasury (UK), 2006 [Data de consulta: novembre de 2008]. Disponible a: http://www.hm-treasury.gov.uk/sternreview_index.htm

United Nations Environment Programme (UNEP). *Buildings and Climate Change. Status, Challenges and Opportunities*. UNEP, 2006. ISBN 978-92-807-2795-1.

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). “Annual compilation and accounting report for Annex B Parties under the Kyoto Protocol”. *Conference of the parties serving as the meeting of the parties to the Kyoto Protocol- United Nations*, 2008b. FCCC/KP/CMP/2008/9/Rev.1.

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). “Status of Ratification of the Convention”. A: United Nations Framework Convention on Climate Change [en línia]. UNFCCC, 2011. [Data de consulta: 23 de novembre de 2011]. Disponible a: http://unfccc.int/essential_background/convention/status_of_ratification/items/2631.php.

Vergés Escuin, R.; Martín Martín, D. “Series históricas de edificación residencial. Estadística de visados de los colegios de arquitectos 1960-2006”. *Estadística Española*, 2007, vol. 49, núm.166, p. 563-595.

Vergés Escuin, R. *Cuarenta y cinco años de edificación residencial: estadística de vivienda de los Colegios de Arquitectos*. Madrid: Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España, 2005. ISBN 978-84-934051-1-3.

Von Storch, H.; Stehr, N. “Anthropogenic climate change: A reason for concern since the 18th century and earlier”. *Geografiska Annaler Series A-Physical Geography*, 2006, vol. 88A, núm. 2, p. 107-113.

Wadel, G. *La Sostenibilidad en la arquitectura industrializada. La construcción modular ligera aplicada a la vivienda*. Avellaneda, J. (director). Tesis doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya, Departament de Construccions Arquitectòniques I, 2010.

Weart, S.R. “The discovery of the risk of global warming”. *Physics today*, 1997, vol. 50, núm. 1, p. 34-40.

WWF España. *Potencial de ahorro energético y de reducción de emisiones de CO₂ del parque residencial existente en España en 2020*. Madrid: WWF, 2010.

Wrigley, E.A. *Gentes, ciudades y riqueza: la transformación de la sociedad tradicional*. Barcelona: Editorial Crítica, 1992. ISBN 978-84-7423-528-9.