



Projecte de Tesi Doctoral

**Proposta metodològica per a la rehabilitació energètica
d'edificis d'ús docent en la ciutat mediterrània.**

Cas a estudi, ciutat de Barcelona

Montserrat Bosch González

Tutors: Inmaculada Rodríguez Cantalapiedra

Xavier Álvarez del Castillo

Doctorat en Sostenibilitat, Tecnologia i Humanisme, UPC

Setembre 2011

Fotografia de portada, Joan Ramon Rosell
Instituto Juan XXII, Manizales (Colòmbia), Juliol 2011

Índex

pag.

1	Resum	7
2	Objectius generals	9
3	Objectius específics	11
4	Estat de l'art	13
	4.1 L'eficiència energètica com a estratègia de la Unió Europea	13
	4.2 El consum energètic a Catalunya	15
	4.3 Les polítiques energètiques a Catalunya, el Pla de l'energia de Catalunya (PEC), 2006-2015	16
	4.4 El consum energètic de la ciutat de Barcelona	20
	4.5 L'estratègia energètica de l'Ajuntament de Barcelona	20
	4.6 Les estratègies per reduir el consum energètic associat a l'edificació	33
5	Metodologia	51
	5.1 Plantejament del problema, postulats i hipòtesi	51
	5.2 Estratègia metodològica	82
6	Publicacions relacionades i altres resultats del projecte de Tesi	85
7	Cronograma	89
8	Bibliografia	91

“ All I really need to know I learned in kindergarten”

Robert Fulghum, 1988

Proposta de títol

Proposta metodològica per a la rehabilitació energètica d'edificis d'ús docent en la ciutat mediterrània. Cas a estudi, ciutat de Barcelona

1. Resum

La necessitat de reduir la despesa energètica i el consum de recursos es fa cada dia més palesa, especialment a Europa, degut a la seva situació de dependència energètica de països de l'exterior de la Unió Europea i també per qüestions de reduir l'impacte ambiental i complir amb els protocols de reducció de les emissions associades.

En el context dels objectius 20/20/20¹, la rehabilitació energètica dels edificis és una via de treball prioritària que actua sobre el parc edificat, i són moltes les veus que consideren els edificis públics com el model i l'exemple per impulsar actuacions de reducció de la demanda en altres tipus d'edificis com són els residencials. D'entre els edificis d'ús públic, els centres docents són un objecte d'estudi amb un potencial d'estalvi molt important, en gran part perquè el consum d'energia es produeix bàsicament en dos grans conceptes: la climatització i l'enllumenat, que són dos sistemes en els que es poden fer grans estalvis a partir de la reducció de la demanda, la millora de l'eficiència energètica, i una gestió estratègica dels recursos.

Amb l'experiència adquirida durant més de 10 anys treballant en eficiència energètica en edificis públics d'usos diversos, es redacta el següent projecte de tesi, en la que proposo desenvolupar una metodologia d'intervenció en edificis docents que permetrà: definir els indicadors clau per a identificar les oportunitats d'estalvi en els edificis, avaluar les possibles mesures de reducció de consums a partir de la limitació de la demanda, analitzar i donar pes al paper de cadascun dels actors que intervenen en les estratègies d'ús i gestió dels edificis escolars, i establir els criteris clau que cal considerar per a realitzar les futures intervencions de rehabilitació energètica.

En aquests moments, les estratègies de les administracions s'han centrat en la realització d'auditories energètiques que permeten detectar les disfuncions dels edificis, en implantar sistemes d'escalfament d'aigua calenta sanitària a partir d'energies renovables, a actuar sobre les pells dels edificis de manera puntual, monitoritzar els sistemes energètics per a controlar els consums en temps real, qualificar energèticament els edificis, o incorporar eines de gestió, control i ús. Totes són estratègies vàlides però ens cal marcar uns objectius quantificables de reducció de la demanda energètica que permetin assolir els compromisos signats. El mètode, com a manera de pensar ordenadament, ha de permetre optimitzar els recursos i descobrir les rutes de treball que ens portin a l'objectiu final: reduir el consum energètic del parc edificat.

¹ Els compromisos de la Unió Europea per a l'any 2020 se centren en estalviar el 20% del consum d'energia mitjançant una major eficiència energètica, promoure les energies renovables fins a un 20% i reduir les emissions de CO₂ un 20%.

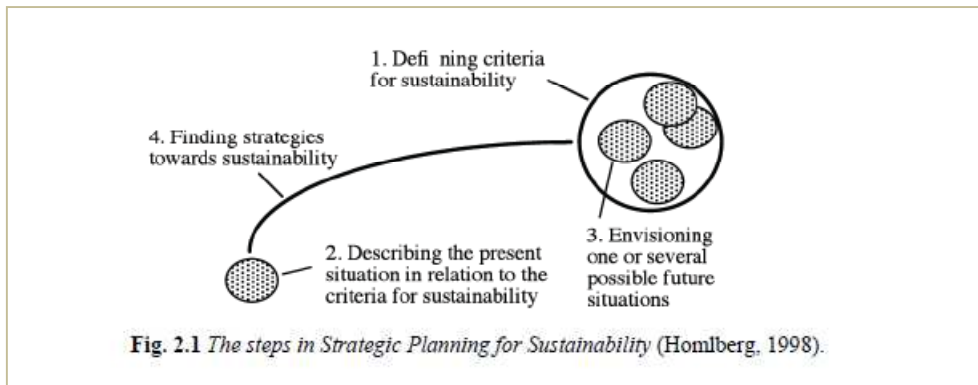


Fig. 1: Esquema de les passes a seguir per a una planificació estratègica en Sostenibilitat, segons Homberg, 1998: definir els criteris en sostenibilitat, descriure la situació present, preveure les possibles situacions finals i cercar les estratègies cap a la sostenibilitat.

2. Objectius generals

Els equipaments escolars són un conjunt d'edificis amb uns condicionants especials que els fan molt adequats per a dur a terme accions de millora i de conscienciació mediambiental, donada la seva vinculació directa amb l'educació i la formació dels ciutadans del demà. En els darrers anys, la legislació i el compromís social passen per fer un ús responsable de l'energia i obliguen a implicar al màxim nombre d'agents.

Durant els anys d'exercici professional, i dels treballs duts a terme en clau d'estalvi i eficiència energètica en edificis docents universitaris i en centres d'educació infantil i primària, he detectat que el primer que cal és caracteritzar les carències i les possibilitats de millora dels edificis per tal de plantejar les mesures més adients per garantir el confort ambiental dins els centres i tractar que aquestes actuacions no signifiquin un augment del consum de recursos. L'estudi de diferents edificis amb unes condicions estructurals (legislatives, organitzatives i d'entorn climàtic) similars, ha de permetre establir les futures línies de treball per tal de millorar la qualitat d'ús dels edificis i les possibles mesures d'estalvi energètic. Entenc que, com diu el *Código Técnico de la Edificación*² (any 2006), els edificis s'han de "projectar, construir, utilitzar i mantenir per aconseguir un ús racional de l'energia", i per tant, està en mans de tots nosaltres aconseguir-ho.

En aquest sentit, he establert una sèrie d'objectius generals (OG) i específics (OE) de la recerca que es defineixen a continuació:

²*Código Técnico de la Edificación: CTE* [en línia]. [Consulta: 16 gener 2011]. Disponible a: <http://www.codigotecnico.org/web/recursos/documentos/> >

(OG1) Metodologia d'anàlisi del parc escolar edificat

El primer objectiu general d'aquest projecte de tesi és establir la metodologia d'anàlisi del parc escolar edificat a Barcelona.

(OG2) Conèixer les eines actuals per a la presa de decisions en clau energètica

Evidentment, qualsevol iniciativa que pretengui definir criteris de millora, estalvi o eficiència energètica necessita emmarcar, prèviament, l'escenari de partida sobre el qual valorar el potencial de millora i la viabilitat dels objectius. Si l'objectiu, per exemple, és reduir el 50% del consum d'un edifici, cal saber respecte a quin paràmetre: al consum anual? al consum total de recursos? al consum per a una banda d'usos energètics? per m²?

Aquest escenari requereix d'una informació suficient per poder identificar la tendència del consum de recursos, els factors que s'intueix poden estar condicionant aquestes tendències i, segons el nivell de detall de la informació que es disposi, identificar línies d'actuació específiques que puguin desenvolupar-se.

Com es tracta de proposar als gestors dels edificis les línies de millora en els edificis escolars existents cal saber si ja hi ha plans d'estalvi i eficiència energètica per al sector, qui ha plantejat les estratègies i si existeixen plans d'eficiència definits des de les administracions. A partir del coneixement de l'escenari de sortida i de la informació disponible, el que cal fer és un **pre-diagnòstic**, que en el cas d'actuacions a gran escala, com pot ser un grup d'equipaments municipals, ha de quedar definit per la pròpia administració.

(OG3) Proposar una metodologia d'estudi energètic d'edificis escolars i validar-la

Com s'indica en el propi títol del projecte de tesi, un objectiu general també serà definir la metodologia que emprarem per estudiar en clau energètica els edificis escolars, mesurar la seves oportunitats d'estalvi, i fer les propostes d'intervenció tenint en compte el màxim de condicionants. Aquesta proposta metodològica que desenvoluparé en el cas d'estudi de Barcelona, ha de ser extrapolable a altres ciutats de la conca nord de la mediterrània, així que caldrà verificar les similituds i exigències dels parcs escolars edificats en altres ciutats de característiques estructurals similars a les de l'estudi de cas.

3. Objectius Específics

Un cop definits els objectius generals, cal definir els objectius específics de la I projecte de tesi. Aquests són els que permetran avançar de manera metòdica en la recerca i per tant els que aniran endreçant el coneixement adquirit i permetran definir la hipòtesi de treball de la futura Tesi Doctoral.

(OE1) Identificar i definir els indicadors d'eficiència energètica

Hi ha diversos tipus d'indicadors d'eficiència energètica que proporcionen informació amb utilitats diferents. No n'hi ha prou en analitzar les taxes de consum absolut en el temps, per exemple, perquè aquestes poden variar segons la climatologia, l'ús dels edificis, la superfície utilitzada o fins i tot l'eficiència.

(OE2) Parc escolar edificat i oportunitats de millora

Els edificis escolars tenen uns comportaments energètics i unes característiques constructives bastant similars. Aquest fet permet caracteritzar les necessitats i dificultats més habituals d'una manera genèrica que, tot i que pot no servir en alguns edificis concrets, és vàlida per a la majoria dels casos. Tanmateix, i si comparem aquest tipus d'edificis amb els d'altres sectors, es pot observar que són edificis amb uns consums molt importants en quant a climatització per a calefacció i una despesa energètica prou important per a enllumenat, mentre que en la majoria dels casos no disposen de sistemes d'aire condicionat. Això és degut a la temporalitat en la utilització per una banda, ja que el període lectiu no coincideix amb els mesos de màxima calor, i a l'horari diürn en que s'imparteix la docència, però les diferències de consums entre edificis són prou dispars, i per tant cal conèixer quines són els condicionants que les determinen.

(OE3) La rehabilitació energètica com a prioritat

Actualment, el *Código Técnico de la Edificación* des del Document Bàsic d'Estalvi d'Energia (DB HE) estableix les pautes d'intervenció per a rehabilitacions en edificis de més de 1000 m² en els que s'hagi d'intervenir en l'envolvent i determina nous paràmetres de transmissió tèrmica en relació a la normativa anterior tenint en compte la ubicació de l'edifici, l'orientació de les façanes i el percentatge de buits. També estableix noves exigències a les obertures per tal que aquestes proporcionin una veritable protecció solar a l'interior dels edificis. Rehabilitar els edificis és una activitat que protegeix el medi ambient des de diferents perspectives, per exemple en estalvi de materials, però també ha de ser una prioritat en quant a conservació del parc edificat en condicions i en revalorització del patrimoni arquitectònic edificat. La rehabilitació energètica es comença a plantejar també com a una necessitat a l'hora d'intervenir en l'edificació existent,

(OE4) Avaluació dels edificis escolars en clau energètica

Entenem que l'auditoria energètica és un procés fonamentalment de diagnosi que ha de permetre orientar els esforços econòmics, tècnics i logístics, de manera eficient, per tal de corregir les deficiències identificades en qualsevol edifici. Així, considerem que és un exercici que pot ser d'utilitat en alguns casos i que ja hem aplicat amb èxit durant anys a partir d'una metodologia pròpia que ha servit, en altres casos d'estudi, per avaluar energèticament els edificis i a identificar les propostes d'actuació que, més endavant, es podran traduir en projectes específics, a desenvolupar d'acord amb les prioritats dels responsables de la seva gestió.

(OE5) Les línies estratègiques d'actuació

A partir de la diagnosi del parc escolar edificat es poden identificar les mancances dels edificis i, per tant, es poden començar a plantejar les accions específiques per tal de solucionar-les. Cal agrupar les diferents propostes en el que hem acordat anomenar línies d'actuació, que venen determinades per la metodologia emprada durant l'aixecament de dades i l'avaluació.

(OE6) L'objectiu de la reducció dels consums

Sabem que el pes del consum total d'energia per a un edifici del sector terciari, se situa al voltant del 70% durant la fase d'ús i explotació, (l'altre 30% correspon a la despesa energètica associada a la producció dels materials que el componen i al procés de construcció). Per aquest motiu crec que l'objectiu final d'aquest projecte de tesi ha de ser proporcionar les eines per a que el consum energètic dels edificis públics d'ús docent existents redueixin el seu consum energètic associat a l'ús un 20% per l'any 2020 (Objectiu 20/20/20 de la UE). Així, s'ha treballat centrant la recerca en l'àmbit escolar a la ciutat de Barcelona, com a exemple prou representatiu de ciutat mediterrània, i en la que s'han realitzat ja algunes experiències pilot a més d'haver col·laborat amb les administracions locals en objectius similars.

4 Estat de l'art

4.1 L'eficiència energètica com a estratègia de la Unió Europea

El sector de la construcció i l'edificació consumeix, aproximadament, un 30% de l'energia total utilitzada i generen uns nivells similars en quant a emissions associades. Les dades al respecte varien segons diferents factors, sistemes de mesura i indicadors, però és comuna la preocupació sobre aquest fet arreu del món i, per aquest motiu, s'han desenvolupat en els darrers anys diferents estratègies amb la intenció de reduir aquests consums.

Segons els estudis duts a terme l'any 2002/2003 per la Organization for Economic Co-operation and Development (OECD)³, els edificis residencials i comercials eren responsables del 30% del consum d'energia primària en els països de la Comunitat Europea i del 30% de les emissions de gasos amb efecte hivernacle³. Segons dades de la International Energy Agency (IEA), l'any 2005 els edificis consumien, a escala mundial, entre el 30-40% de l'energia, el que significava 2.500 Mtoe (Million Tonnes of Oil Equivalent) cada any. Però treballs més recents ja avaluen que en conjunt, "la construcció consumeix el 50% dels recursos naturals i el 40% de l'energia; al seu torn, genera el 50% dels residus i un terç de les emissions de CO₂"⁴.

Els mateixos estudis confirmen que el consum energètic associat a l'edificació té un creixement continuat des dels anys 60s i aquest creixement es mantindrà en els pròxims anys, tot i que és cert que la conjuntura econòmica ha significat un canvi de tendència en l'evolució del consum d'energia primària i de les emissions associades, especialment brusc en el cas d'Espanya (veure Fig. 2).

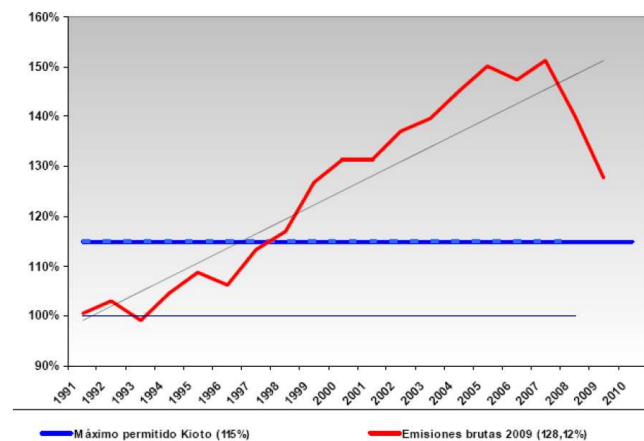


Fig. 2 Evolució de les emissions de gasos d'efecte hivernacle a Espanya en CO₂ equivalent. Font CCOO, 2010

D'aquestes dades s'extreu que el sector de l'edificació té un paper molt significatiu en el consum energètic i, mirat en positiu, un elevat potencial de millora (veure fig. 3). En conseqüència, és un sector clau en el que treballar des de diferents perspectives en quant a eficiència energètica: materials de construcció amb menys energia de producció associada, millor aprofitament de les condicions climàtiques, manteniments

³ (OECD 2002b, 2003)

⁴ Solanas, T.; Calatayud, D.; Claret, C. *34 kg de CO₂*. Barcelona : Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient i Habitatge, 2009.

en clau energètica, etc. que poden comportar estalvis en consums i reducció de les emissions.

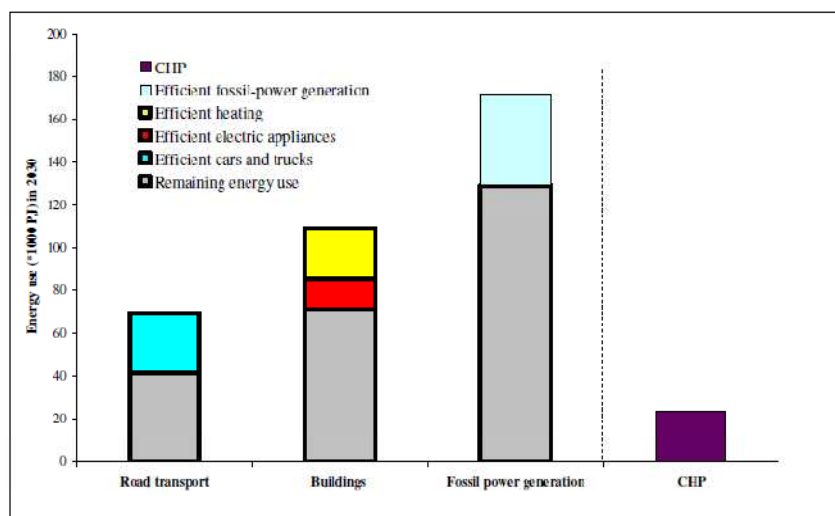


Fig. 3 Potencial d'estalvi energètic per al 2030 segons el G8 i altres 5 països en relació a l'escenari actual.
Font: Ecofys.

Per aconseguir aquest estalvi s'han promogut diverses polítiques internacionals, entre elles la de l'European Energy Performance of Buildings Directive (EPBD)⁵, que aposta per l'eficiència energètica en edificis. Amb aquest objectiu es va desenvolupar el sistema de certificació energètica d'edificis nous o edificis existents de més de 1000 m² sotmesos a rehabilitacions integrals. Aquest sistema es genera a partir de 30 paràmetres generals i comuns, i en posterioritat cada país de la Unió Europea va desenvolupar els seus sistemes de certificació energètiques d'edificis segons les seves condicions climàtiques i els paràmetres edificatoris més habituals. A Anglaterra, per exemple, es van diferenciar els edificis d'habitatges i els que no ho són mentre que a França es classifiquen en edificis d'habitatges, d'oficines, escolars, etc; pel que fa als climes, a França es treballa amb tres zones climàtiques, mentre que a Espanya es fa amb cinc i a Itàlia amb sis. Però la dificultat del sistema rau en que no hi ha una metodologia estandarditzada per al càlcul de la demanda; els requeriments mínims d'eficiència són diferents per a cada país i els valors de mesura són també diferents: energia primària, consum energètic final o emissions de CO₂. Aquesta realitat ha fet treballar en la cerca d'un marc comú per a tots els sistemes de certificació energètica que es basi en indicadors que relacionin l'energia consumida amb la superfície construïda.

En vistes que la directiva d'Eficiència Energètica presentada l'any 2002 per la Unió Europea no ha estat donant els resultats esperants en quant a reducció de les demandes i els consums, i tot i haver estat modificada el passat any⁶, el darrer 22 de juny de 2011 es va publicar la nova Directiva en Eficiència Energètica 2011/0172

⁵ The Energy Performance of Buildings Directive [en línia]. [Consulta: 17 gener 2011]. Disponible a: <http://www.eceee.org/buildings/>

⁶ Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios. A: Eur-lex. El acceso al Derecho de la Unión Europea [en línia]. [Consulta: 20 gener 2011]. Disponible a: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32010L0031:es:NOT.>>

(COD)⁷. Aquesta nova directiva endureix les exigències en quant a reduccions de consums, proposa actuacions directes sobre les empreses que comercialitzen l'energia, prohibeix l'estimació de les factures i, entre moltes altres mesures, obliga a rehabilitar cada any un 3% dels edificis públics en clau energètica. El fet que la publicació de la directiva hagi coincidit en el temps en la redacció d'aquest projecte de tesi dóna nous arguments a la meua proposta, ja que un dels objectius de la Unió Europea consisteix en treballar cap a la rehabilitació per una banda i també en focalitzar les exigències en la reducció de consums en els edificis públics, i ambdues qüestions són part fonamental d'aquest projecte de tesi.

Val a dir que els diferents governs dels països que integren la Unió Europea tenen fins l'any 2014 per adequar les exigències a les respectives realitats, però sembla que la línia de treball comunitària està seriosament decidida a reduir els consums encara que només sigui per qüestions de balança comercial amb els països productors de l'energia que consumeix Europa.

El context europeu és, com s'ha exposat, dispers i canviant, i en conseqüència he considerat més eficient centrar l'estat de l'art en l'entorn més proper, és a dir observant les normatives i obligacions de compliment dels estàndards d'eficiència energètica del nostre país, però sempre tenint clar el context europeu en el qual estem emmarcats.

4.2 El consum energètic a Catalunya

Així, si ens centrem a Catalunya i analitzem una mica les dades de consums a partir de les que proporcionava per l'any 2007 l'Institut Català de l'Energia (ICAEN), els consums energètics es distribueixen en més d'un 90% en petroli, gas natural i energia nuclear, essent el consum en energies renovables tant sols d'un 2,8 %.

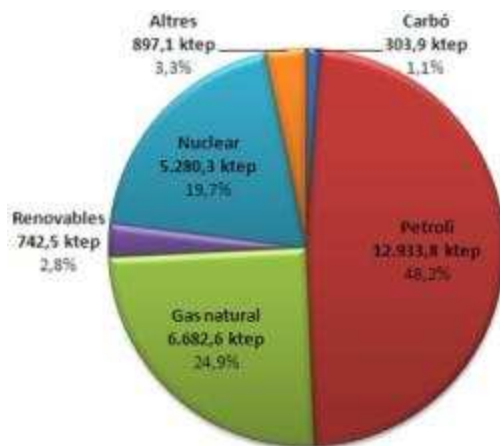


Fig. 5 Estructura del consum d'energia primària a Catalunya l'any 2007. Font ICAEN

Pel que fa als consums finals d'energia, la distribució en quant a recursos segueix essent bàsicament en els dos recursos no renovables d'origen fòssil: productes petrolífers i gas natural (fins al 71% del total) i les renovables signifiquen tant sols un 1,4%.

⁷ European Commission. Proposal for a Directive of the European Parliament and the Council [en línia]. [Consulta: 21 gener 2011]. Disponible a: http://ec.europa.eu/energy/efficiency/eed/doc/2011_directive/com_2011_0370_en.pdf >

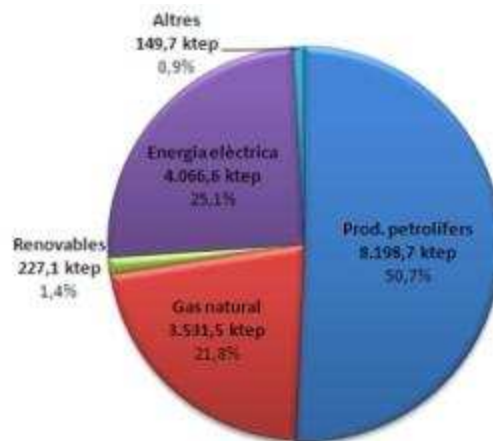


Fig. 6 Estructura del consum final d'energia a Catalunya l'any 2007. Font ICAEN

I pel que fa a l'estructura per sectors del consum, tot i que els serveis i el sector domèstic representen un 25% aproximadament del consum, no hem d'oblidar que el sector de la construcció, com a part de l'industrial, també té la seva part de responsabilitat en quant a consums associats, tant pel que fa a la producció de materials, el transport i la pròpia activitat edificatòria, amb tots els recursos que precisa per dur-se a terme.

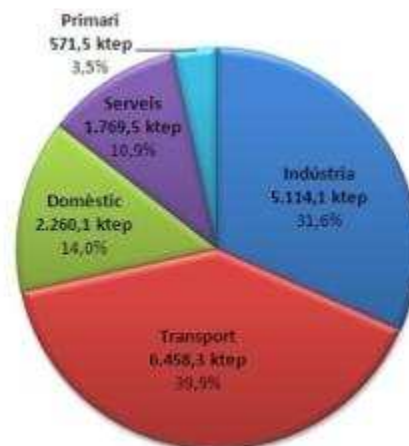


Fig. 7 Estructura del consum final d'energia per sectors a Catalunya l'any 2007. Font ICAEN

Tot i així, sembla que s'ha produït una contenció en el consum final de recursos energètics (gas natural a Catalunya un 2% d'increment i l'energia elèctrica un 2,7%) i que ha augmentat considerablement l'aportació de les energies renovables. Però pel que fa al consum, el sector domèstic i de serveis representa encara, en conjunt, un 28% del consum final de l'energia a Catalunya.

Immersa en aquest panorama energètic, Catalunya ha definit ens els darrers anys les seves estratègies per a reduir el consum i ha definit les seves línies de desenvolupament a partir d'un creixement econòmic basat, no en augmentar el consum de recursos sinó en reduir la demanda a partir de l'eficiència en els consums.

4.3 La política energètica a Catalunya: El Pla de l'energia de Catalunya (PEC), 2006-2015

Des de l'any 1970, s'han establert en la majoria de països de l'entorn, polítiques energètiques encaminades a millorar l'eficiència energètica i reduir les emissions de

gasos d'efecte hivernacle. En un principi, aquestes polítiques es limitaven a fer recomanacions per a promoure el canvi d'hàbits en els patrons de consum sense incorporar l'obligatorietat ni establir objectius quantitatius. Aquesta situació va canviar a partir de la signatura del Protocol de Kyoto, en que es van començar a utilitzar els objectius quantificables com a instruments de les polítiques energètiques.

Pel que fa al nostre país, el Pla de l'Energia de Catalunya 2006-2015 (PEC)⁸, revisat l'any 2009 amb la incorporació de la situació de crisi econòmica actual, incorpora l'estratègia d'estalvi i eficiència energètica com a punt 6 del Pla, amb la intenció que, junt amb el Pla d'energies renovables, el Pla d'infraestructures energètiques i el de R+D+i, sigui un dels eixos de la política energètica del Govern de la Generalitat.

En la introducció del context de l'Estratègia d'estalvi i eficiència energètica, s'assenyala que l'administració té un paper relativament petit en l'ús eficient de l'energia i centra aquesta responsabilitat en els usuaris i consumidors, potser sense ser prou conscient que la pròpia administració exerceix d'usuària i consumidora de bona part de l'energia que es consumeix a Catalunya tant pel que fa al consum associat a la seva activitat com pel que fa a l'ús i gestió dels seus edificis.

El paper de les administracions ha estat fins ara centrat en la publicació d'accions orientadores, donar subvencions i legislar i emetre reglamentació específica, i actualment totes es troben embarcades en redactar o implantar estratègies d'estalvi i eficiència energètica a partir de, a nivell estatal l'"Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2008-2012"⁹, el recent publicat "Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020"¹⁰, que té com a objectiu reduir pel 2020 un 20% el consum energètic d'Espanya; dels plans de les Comunitats Autònomes (CCAA); i dels plans estratègics municipals, i totes elles obligades en part pels acords internacionals i les directives europees.

La finalitat de l'Estratègia d'Estalvi i Eficiència Energètica (E4) de Catalunya, per exemple, es centra en la reducció de les ineficiències i dels consums innecessaris fins els límits possibles (tècnics, econòmics i socials) i es fixa "uns objectius en funció dels recursos potencials disponibles, dels recursos futurs viables, de les barreres i dels límits operatius" amb una motivació clara: complir amb els requisits de la Cimera de Kyoto però també, d'establir una acció pública que incorpori els costos externs del preu de l'energia, avaluar el potencial de millora de l'eficiència a Catalunya respecte a països més avançats, i apostar per les polítiques integrals evitant la dispersió i fragmentació dels esforços entre d'altres.

Aquest darrer punt creiem que és principal, ja que fins i tot per a la redacció d'aquest projecte de tesi, s'ha fet difícil identificar els actors que intervenen en temes d'energia

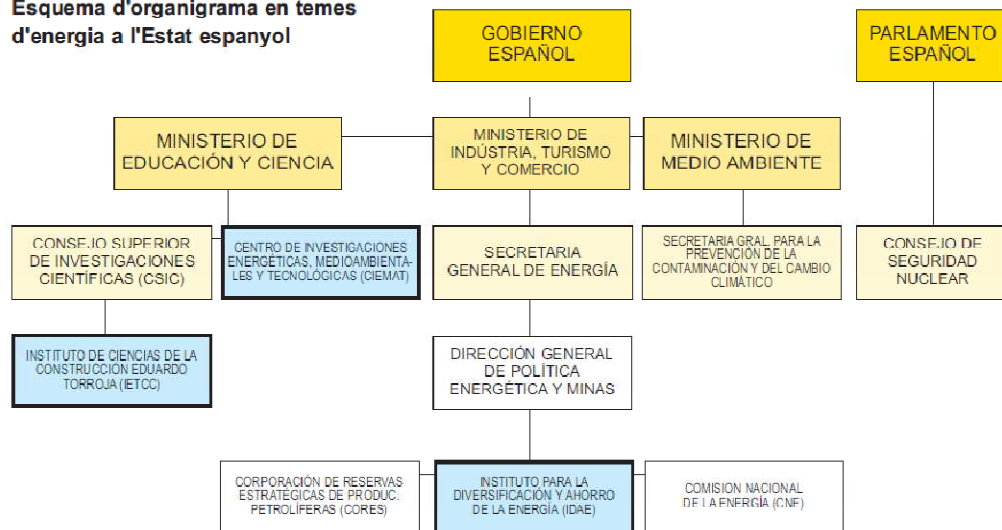
⁸Generalitat de Catalunya. *Pla de l'energia de Catalunya 2006 - 2015* [en línia]. [Consulta: 22 gener 2011]. Disponible a:
<http://www20.gencat.cat/docs/icaen/01_Estalvi%20i%20Eficiencia%20Energetica/Documents/Arxius/QuadernPlaEnergia.pdf>

⁹Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. *Plan de acción 2008 – 2012* [en línia]. [Consulta: 27 gener 2011]. Disponible a:
<http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_Plan_de_Accion_2008-2012_19-07-07_con_TABLAS_PDF_ACC_2936ad7f.pdf>

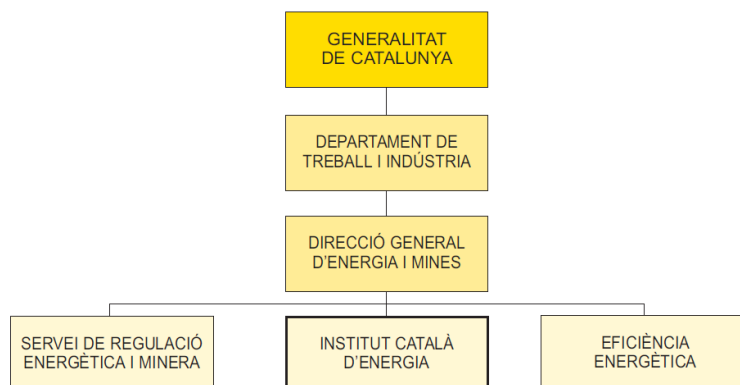
¹⁰Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. *Plan de ahorro y eficiencia energética 2011 – 2020: 2ª Plan de acción nacional de eficiencia energética de España* [en línia]. [Consulta: 2 febrer 2011]. Disponible a:
<http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_Plan_de_Accion_2011-2020_29072011_Version_Definitiva_4c46f595.pdf>

a l'Estat espanyol, a Catalunya i fins i tot a la ciutat de Barcelona. Les diferents administracions han desenvolupat les seves pròpies agències, instituts, oficines, etc, la qual cosa provoca una dispersió d'objectius, una superposició d'estratègies i una duplicitat en els esforços de compliment difícilment mantenible.

Esquema d'organigrama en temes d'energia a l'Estat espanyol



*Fig. 8 Esquema d'organigrama en temes d'energia a l'Estat espanyol.
Font: "L'energia solar a Barcelona". Casanovas, X.*



*Fig. 9 Esquema d'organigrama en temes d'energia a Catalunya.
Font: "L'energia solar a Barcelona". Casanovas, X.*

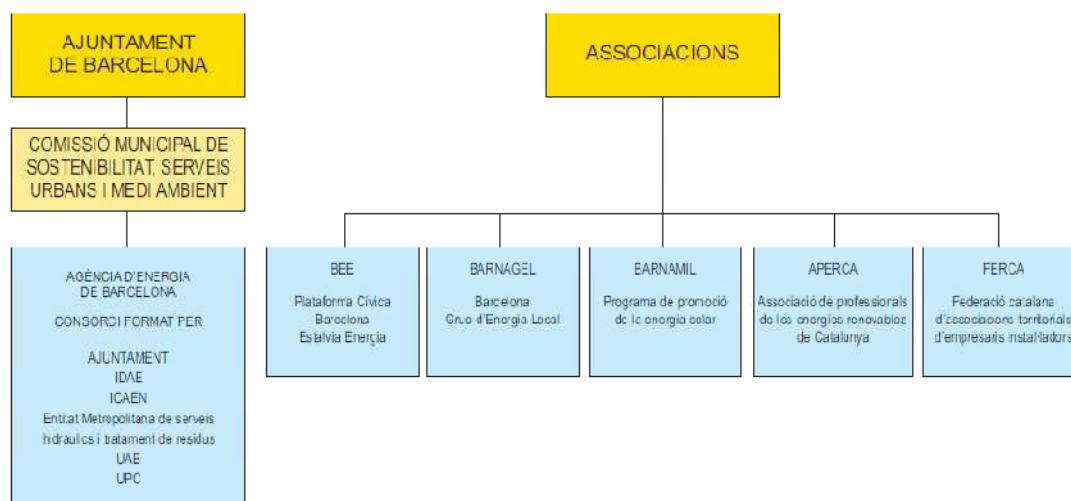


Fig. 10 Esquema d'organigrama en temes d'energia a Barcelona.
Font: "L'energia solar a Barcelona". Casanovas, X.

Davant aquest panorama, s'ha considerat que era més productiu i assolible centrar els escenaris de treball a nivell municipal. En aquest sentit ja hi ha diferents experiències que han resultat prou positives i que s'han articulat a través de diferents convenis de cooperació entre la Universitat i els ens municipals. Entre ells, destaco aquells en els que he participat, com per exemple, el conveni signat l'any 2002 entre el Departament Construccions Arquitectòniques II de la UPC i l'Ajuntament de Barcelona per a l'aplicació de l'Ordenança Solar, i que va significar la participació d'una vintena d'estudiants d'Arquitectura Tècnica en el desenvolupament de projectes d'instal·lació de sistemes de producció d'energia solar per al subministrament d'aigua calenta sanitària en diferents poliesportius i piscines municipals. També cal fer referència al Conveni signat l'any 2006 entre la UPC i l'Ajuntament de Sabadell i desenvolupat en diferents fases, que van incloure la realització d'auditories energètiques de diversos edificis municipals amb activitats diferenciades (culturals, administratius, esportius, i educatius) i que després es va perllongar amb el projecte d'avaluació energètica del conjunt de centres educatius d'infantil i primària (CEIPS), els resultats dels quals es va presentar al "5th EMSU Conference, Environmental Management for Sustainable Universities"¹¹ i al "1st International Conference on Constructions & Building Research"¹²

Durant el mes de juliol de 2011 s'ha fet públic el nou Pla de l'Energia i del Canvi Climàtic de Catalunya 2012-2020 (PECAC 2020)¹³, que en aquests moments té obert el procés de participació pública per a la seva elaboració, i que en el seu capítol 1

¹¹ A New knowledge culture, universities facing global changes for sustainability : EMSU International Conference, 15-17 October 2008, Barcelona, Spain : conference programme. [S.l. : s.n.], 2008

¹² Bosch, M.; Rodríguez, I. Energy saving in Sabadell (Spain) school facilities [en línia]. [Consulta: 3 febrer 2011]. Disponible a:

<<http://upcommons.upc.edu/eprints/bitstream/2117/9574/1/Bosch%2c%20M.pdf>>

¹³ Generalitat de Catalunya. El Futur pla de l'energia i del canvi climàtic de Catalunya 2012 – 2020: PECAC 2020 [en línia]. [Consulta: 7 febrer 2011]. Disponible a:

<http://www20.gencat.cat/docs/icaen/03_Planificacio%20Energetica/Documents/Arxius/Pecac2020.pdf>

titulat “Les polítiques d'estalvi i d'eficiència energètica seran claus per assegurar l'assoliment d'un sistema energètic sostenible per a Catalunya” expressa:

- S'apostarà per la rehabilitació dels edificis i habitatges com a factor dinamitzador de l'activitat econòmica, amb l'objectiu de millorar l'estalvi i l'eficiència energètica i fer-hi les millores estructurals que molts necessiten.
- S'adoptarà un marc normatiu que faciliti i estimuli solucions constructives i tecnològiques que permetin reduir el consum d'energia.

Sembla doncs, que pel que fa a les polítiques de reducció de consums associats a l'edificació es manté la línia de treballs en la direcció de la rehabilitació energètica d'edificis, tot i el canvi de tendència política.

4.4 El consum energètic de la ciutat de Barcelona

Si posem el focus a la ciutat de Barcelona, el consum d'energia l'any 2008 en el sector terciari va significar un 29,9% del total, i en la distribució de consums segons els usos dels edificis municipals que disposa l'Ajuntament, als edificis escolars els correspon el 12,66% del consum elèctric (vinculat bàsicament a les instal·lacions d'enllumenat) i el 38,50% del consum en gas (relacionat amb els sistemes de climatització en calefacció).

Consum d'ENERGIA a Barcelona al 2008 [17.001,78 GWh]

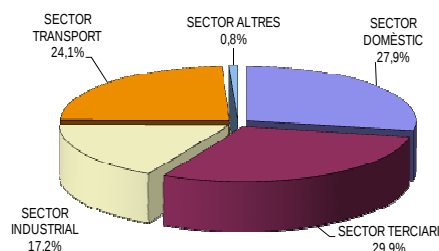
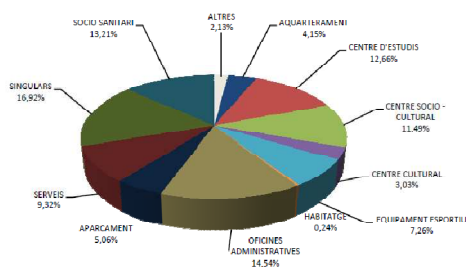


Fig. 11 Consum d'energia a Barcelona, l'any 2007. Font: Agència de l'energia

Consum d'Electricitat



Consum de Gas Natural

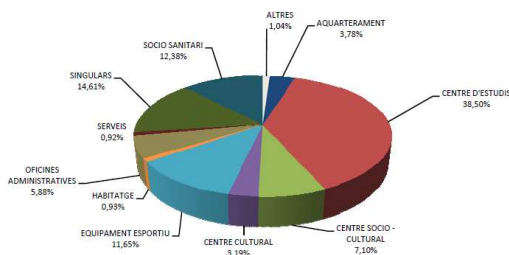


Fig. 12 i 13 Distribució del consum d'energia en els edificis municipals de Barcelona, l'any 2008, segons usos. Font: Agència de l'energia

4.5 L'estratègia energètica de l'Ajuntament de Barcelona

En el cas de la ciutat de Barcelona, tot i tenir uns consums en comparació amb altres capitals europees prou ajustats, les estratègies s'han plantejat des de fa anys amb la redacció de documents, informes i memòries de seguiment que han permès avançar en la reducció de consums energètics des de diferents fronts: la mobilitat a l'interior de

la ciutat; la qualitat de l'aire; els incentius fiscals per a la millora de les condicions dels habitatges, etc.

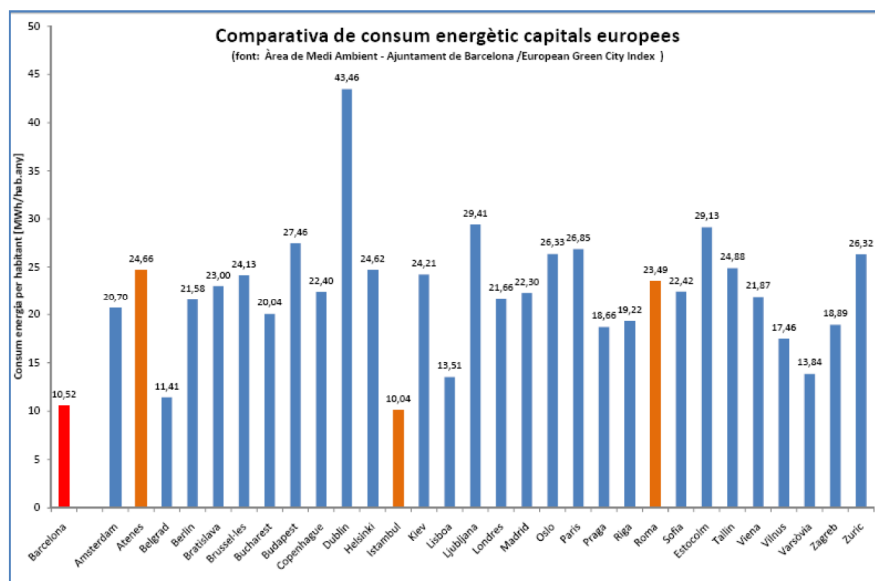


Fig. 14 Consum d'energia per habitant en les capitals europees: en vermell, Barcelona, i en taronja les tres capitals europees amb una climatologia comparable a la de la nostra ciutat. Del document PMEIM, Agència d'Energia 2011.

Seguint un ordre cronològic s'exposen a continuació els tres documents bàsics que han definit aquestes estratègies: el Pla de Millora Energètica de Barcelona 2002, el Pla de Millora Energètica dels Edificis Municipals 2009-2011, i el Pla d'Energia, Canvi Climàtic i Qualitat de l'Aire de Barcelona 2011-2020.

4.5.1 El Pla de Millora Energètica de Barcelona (PMEB) (2002)¹⁴

El PMEB 2002 és un Pla d'acció que es desenvolupa com a marc global de la ciutat per visualitzar les polítiques energètiques, orientat a "promoure l'ús de fonts d'energia netes i renovables (...), aconseguir l'eficiència en la producció d'energia final i reduir el consum a partir de la introducció de millores tecnològiques i de pràctiques d'ús conscient", i es desenvolupa en: una sèrie de capítols introductoris; un Estudi de base i Diagnosi de la situació Energètica a Barcelona (EDEB) per sectors i amb la definició de diversos escenaris i simulacions; i el Pla d'acció per a l'estalvi d'energia i la reducció de les emissions a l'atmosfera (PAE) que es focalitza en un total de 55 projectes que impliquen, des de petites modificacions en l'ús de les energies, fins a grans canvis en els seus sistemes de producció i distribució.

Tot i que els capítols relacionats amb els escenaris de futur i les simulacions són de molt interès, per als interessos d'aquest projecte de tesi el més interessant era detectar quins eren els objectius del Pla als que podem donar resposta des de la nostra proposta de recerca i verificar si la nostra línia de treball escau en el panorama de futur esperat. Val a dir que el Pla, presentat l'any 2002 ja està superat per una nova versió que inclou específicament accions dirigides a l'eficiència energètica en edificis

¹⁴ Ajuntament de Barcelona. *Pla de millora energètica de Barcelona* [en línia]. [Consulta: 13 febrer 2011]. Disponible a: <http://www.barcelonaenergia.cat/document/PMEB_integre_cat.pdf>

municipals en el *Pla de millora energètica dels edificis municipals (2009-2011)*, però aquest document l'analitzarem més endavant.

D'entre els objectius generals del PMEB està: definir una estratègia energètica en l'àmbit de la ciutat de Barcelona per tal de tendir a un estat de ciutat sostenible, a partir de la planificació energètica i el foment de l'eficiència energètica, de les energies renovables i de la qualitat dels serveis energètics.

Donat que, segons el propi Pla, el concepte Ciutat Sostenible implica “un balanç dinàmic entre tres elements mútuament independents: la protecció i cura d'ecosistemes naturals; la productivitat econòmica; i la provisió d'infraestructures socials com llocs de treball, cases, educació, salut i cultura”, el Pla busca un equilibri entre aquests elements “depenent de la localització geogràfica, de les condicions de l'entorn i dels valors de la comunitat” i pretén assolir, en conseqüència una sèrie d'objectius relacionats:

- Determinar i definir les actuacions a realitzar en temes energètics.
- Determinar les energies i tecnologies a fomentar.
- Impulsar les accions necessàries derivades dels objectius i compromisos de la ciutat de Barcelona alineades amb els acords de Heidelberg, Klimabündnis, Kyoto, etc.
- Estimular la reducció en el consum energètic.
- Elaborar les eines i obtenir les dades per tal d'estructurar el model energètic de Barcelona i fer-ne un seguiment.

La Planificació energètica que proposa l'Ajuntament com a “Pla energètic local” (LEP Local Energy Pla en anglès), respon a un model assajat per altres ciutats i que consisteix en un procés iteratiu de llarg termini (learning by doing) i en el qual les fases d'estudi i d'avaluació i decisió (EDEB) han d'alimentar-se de la informació que es desprèn del seguiment de les accions i projectes definits en el Pla d'acció (PAE) segons es mostra en la fig. 15

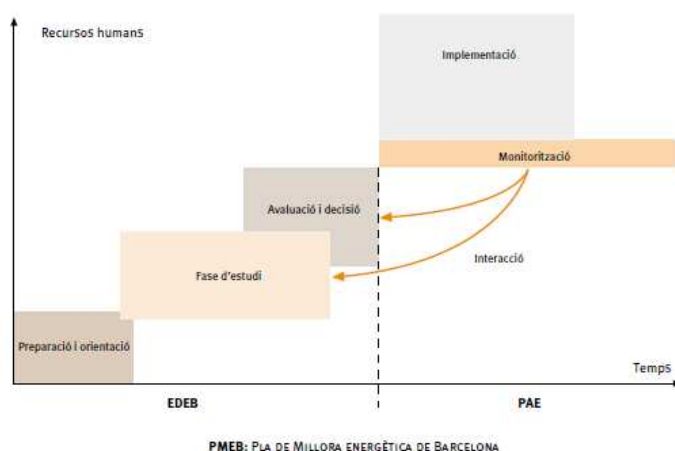


Fig. 15 Esquema de funcionament del Pla de millora. Font PMEB.

D'entre els objectius relacionats volem destacar el que fa referència a “estimular la reducció del consum energètic”, considerat pel propi document com a un tema clau, i en el que creiem encaixa la nostra proposta de recerca, en quant a que elaborem una eina centrada en el consum energètic d'edificis municipals que gestiona la pròpia administració. Aquest objectiu, segons el Pla, ha d'implicar “canvis d'estils de vida o costums de la societat enfront a l'ús de l'energia (...) i establir una reflexió entre la societat i els seus costums per conscienciar-la a fer un bon ús de l'energia”, plantejament que compartim des de l'experiència i la convicció.

Si ens detenim en les estratègies definides en el Pla d'Acció, aquestes es classifiquen en quatre apartats:

- Estratègies de gestió: relacionades amb la forma i processos de gestió tant en l'àmbit municipal com en l'àmbit extern;
- Estratègies de subministrament i consum, relacionades amb les mesures que cal prendre en relació a l'eficiència i sostenibilitat de la generació, distribució i consum de l'energia;
- Estratègies en l'àmbit social i de la comunicació, que defineixen el marc d'actuació en els aspectes socials, d'imatge, de comunicació, d'educació i d'impacte ciutadà;
- Estratègies econòmiques i legals, que emmarquen les propostes que es faran en l'entorn econòmic i legal.

La nostra línia de treball dona resposta directa a dues línies estratègiques del Pla: la del subministrament i consum ja que està directament relacionada amb la reducció de consums energètics en equipaments municipals, i l'estratègia de l'àmbit social i de la comunicació, ja que el fet d'actuar sobre edificis escolars i educatius implica a un sector de la ciutadania molt extens i marca unes pautes de comportament en els ciutadans de futur. Tanmateix també podem considerar que el nostre projecte està relacionat amb les altres dues estratègies, ja que fa referència a la gestió dels recursos energètics en edificis gestionats per l'administració, i com a conseqüència, també té a veure amb l'estratègia econòmica de reducció de la despesa.

A continuació es mostra la taula completa d'estratègies definides en el Pla i amb un símbol s'assenyalen aquelles amb les quals es troba més directament implicat el nostre projecte, amb dos graus d'intensitat, i en la que es pot comprovar que ens movem en tres dels apartats i que, en tots tres, podem aportar la recerca, la transferència de tecnologia i la docència, que a fi de comptes són els objectius fundacionals de la Universitat i que, com a institució pública al servei de la societat, està obligada a col·laborar en l'establiment de les línies de futur pel desenvolupament de l'activitat d'un país.

ESTRATÈGIES DE GESTIÓ	
Liderat de l'Ajuntament de Barcelona	★
Definir l'estructura de gestió del Pla	
Coordinació i col·laboració amb altres organismes públics	★★★
Col·laboració del món professional i empresarial	
Estructuració del Pla	
Desenvolupar els sistemes d'informació	★
ESTRATÈGIES DE SUBMINISTRAMENT I CONSUM	
Promoure a Barcelona el consum energètic dins d'un model sostenible	★★★
Potenciar l'ús d'energies verdes i/o renovables	★
Millorar la qualitat de productes i serveis energètics a Barcelona	
Adequació de la generació i distribució del subministrament elèctric	
Promoure la generació d'energies renovables	
Actualització del Pla i desenvolupament de les eines de mesura i control	★
Reducció del consum intern de l'Ajuntament de Barcelona	★★★
Compromís de consum d'energies renovables	★
ESTRATÈGIES EN L'ÀMBIT SOCIAL I DE LA COMUNICACIÓ	
Impulsar un nou model de consum	
Difusió i comunicació	★
Crear un identificador i segell de qualitat	★
Difondre l'aplicació de noves tecnologies	
Estimular les actuacions de l'àmbit educatiu	★★★
Aprofitar els grans projectes actuals	
ESTRATÈGIES ECONÒMIQUES I LEGALS	
Mantenir el creixement i desenvolupament de Barcelona	★
Promoure la competència i qualitat en el subministrament energètic	
Promoure les activitats i noves ubicacions a Barcelona d'empreses del sector	
Buscar la col·laboració de tercers a través del patrocini en els projectes adients	
Estudiar l'impacte econòmic general	
Adaptar les actuacions a l'evolució previsible del marc legal	
Adaptar les normatives i ordenances a les propostes del pla	

Fig. 16 Taula d'estratègies definides pel PMEB i marcat amb un símbol el grau d'implicació de la nostra línia de treball.

Com hem dit prèviament, el Pla d'Acció del PMEB defineix, finalment, 55 projectes impulsats des de l'Ajuntament i que en el seu moment es van classificar per sectors:

- Residencial (RES), compost per tots els edificis d'habitatges
- Edificis i instal·lacions públiques exteriors (PUB), on s'hi contempla tot el conjunt d'il·luminació i senyalització públiques així com altres elements urbanístics
- Industrial (IND), un sector que no va tenir cap projecte definit en el PMEB per ser considerat aquest com a una primera fase
- Xarxes (XAR), que inclou les xarxes de distribució energètica de la ciutat
- Serveis i comercial (S&C), en el que entra tot el sector terciari
- Oficines (OFI), on s'inclouen tant les oficines ubicades en edificis exclusivament per a aquest ús, com aquelles que es troben aprofitant edificis d'habitatges.
- Transport (TRA) en el que s'inclouen tots els projectes relacionats amb el transport

- Residus (RSU) en el que s'inclouen tant els projectes relacionats amb els residus urbans com les instal·lacions en les que es tracten o transformen.

Els projectes es van classificar també dins dels anomenats programes, que els agrupaven segons l'àmbit d'actuació: Energies renovables (REN), Eficiència energètica (EFI), Estalvi de consum (EST), Gestió (GES), Revisió de l'estructura legal actual (LEG), Informació i comunicació (I&C), i Educació (EDU).

Cal destacar que en aquest darrer programa (EDU) es consideren els projectes d'educació amb l'objectiu clau d'educar, conscienciar i introduir a les escoles o centres de formació la filosofia del “consum energètic sostenible (...) i els programes per ajudar a canviar els hàbits de les persones cap a un estil de vida més eficient energèticament”. Així mateix, també es contempla “l'educació necessària per al coneixement i ús en temes de tecnologies de generació energètica renovable, mobilitat sostenible, alternatives al consum energètic, etc.” Creiem doncs que la recerca que plantejem pot donar resposta a ambdues línies de treball, des de la conscienciació ciutadana centrada en els escolars i equips docents, i des de la formació universitària vinculant aquest projecte amb els Projectes Finals de Grau de les diferents titulacions relacionades amb la construcció, l'edificació, l'arquitectura i l'energia.

Finalment, analitzats els 55 projectes que contempla el Pla, hem realitzat la següent taula en la que només es recullen aquells clarament relacionats amb el contingut d'aquest treball i en els quals es poden cercar les referències i, sobretot, es pot fer el seguiment dels resultats per tal d'actuar a partir de la informació recollida, tenint en compte quins han estat els punts forts i febles de cadascun dels projectes, si s'han pogut dur a terme, i quantificar el seu grau de compliment.

Sectors/Programes	Eficiència EFI	Gestió GES	Legal LEG	Informació i Comunicació I&C	Educació EDU
Residencial RES	Millora de les fusteries i vidres de les finestres Millora en els aïllaments dels habitatges actuals Calderes d'alt rendiment en habitatges Enllumenat de baix consum en habitatges i bones pràctiques d'ús Adequació de la massa tèrmica en habitatges nous		Millora de l'eficiència energètica en edificis residencials	Revisió dels estàndards energètics en la construcció d'obra nova i rehabilitació integral en habitatges	Energia fotovoltaica a les escoles
Instal·lacions Públiques PUB		Millorar i actualitzar la gestió energètica de l'enllumenat i edificis públics Estàndards en edificis i instal·lacions municipals Programes de gestió energètica pública a escoles i universitats			
General GEN	Auditories energètiques a les empreses i l'aplicació de mesures d'estalvi	Certificació energètica d'edificis Agència de l'Energia de Barcelona Observatori de l'energia Sistemes d'informació per a la Gestió Energètica		Informació i comunicació Ecotiqueta energètica Pàgina web de l'energia a Barcelona Proves pilot d'últimes tecnologies en el sector energètic i ambiental Premis anuals "Nit de l'Energia"	Difondre continguts pedagògics en centres educatius Promoció de la formació en eficiència i gestió energètica per a professionals

Fig. 17. Taula de projectes definits al PMEB, que tenen relació amb aquest projecte de tesi. Elaboració pròpia.

Tot i que no és objecte d'aquest treball el seguiment dels projectes que es poden relacionar amb la nostra proposta de treball, sí creiem que per donar resposta al postulat d'aquest projecte de tesi “Cal conèixer l'estat del parc escolar edificat per dimensionar les oportunitats de millora i identificar les línies d'actuació”, caldrà verificar quines actuacions s'han dut a terme, quina ha estat la resposta, com s'han fet els seguiments de compliment, quins objectius s'han assolit i quins han estat els resultats.

Finalment, i en relació al Pla de Millora de l'energia de Barcelona, cal destacar que del parc edificat analitzat, les escoles han estat específicament excloses de l'anàlisi en quant al seu comportament energètic, els seus consums associats, les seves oportunitats de millora o fins i tot les previsions en els escenaris de futur. El propi Pla explica que el sector de salut (clíniques, hospitals, ambulatoris) no s'ha considerat perquè ja s'han fet estudis des de l'ICAEN i l'IDAE i que a partir d'aquests estudis ja s'han realitzat alguns projectes. Pel que fa als edificis d'ús educatiu, no s'han fet estudis detallats perquè segons el Pla, “la problemàtica d'aquests edificis és coneguda (...) i per aquest motiu es considera que amb els estudis d'edificis d'altres usos, creuats amb la informació del consum energètic de les escoles (coneguda per l'anàlisi

- Característiques d'equipaments: implantació i tipus de sistemes de cobriment de la demanda d'ACS, implantació i tipus de sistemes de cobriment de la demanda de calefacció, implantació i tipus de sistemes de cobriment de la demanda de refrigeració, implantació de sistemes d'energia solar tèrmica, implantació i tipus d'equipament domèstic en l'habitatge (en el nostre cas en cuines i serveis del centre educatiu), implantació i tipus d'equipament domèstic/ofimàtic en oficines, implantació i tipus de sistemes d'il·luminació.

4.5.2 El Pla de millora energètica dels edificis municipals (PMEIM) (2009-2011)¹⁵

El Pla de Millora Energètica dels edificis i Instal·lacions Municipals, aprovat el juny de 2009 i elaborat per l'Agència d'Energia de Barcelona, pretenia dur a terme durant el període 2009-2011, en les fases inicials de desenvolupament, "la localització d'edificis a estudiar, la coordinació amb els districtes, els anàlisis tècnics, econòmics i de viabilitat previs a l'impuls de diferents projectes i a la realització de projectes pilot que permetessin replicar experiències durant els propers anys. D'altra banda, en coherència amb els objectius del PMEIM, integrar en el mateix aquelles actuacions relacionades de l'anterior mandat pendents de finalització (la instal·lació de sistemes fotovoltaics en equipaments municipals) o que pel seu caràcter tenien continuïtat en el temps, com ara el monitoreig d'instal·lacions d'energies renovables".

En el seu Plantejament global i per tal d'aconseguir els objectius previstos es determinaven certes actuacions i projectes d'inversió a implementar durant el període com ara:

- Identificar els edificis municipals amb un potencial de millora que els fessin susceptibles d'incloure'ls en el Pla
- Determinar els aspectes a analitzar en els edificis i, del paquet de propostes de millora, quines podien implementar-se en el PMEIM
- Realitzar una auditoria a mode de prova pilot en un edifici municipal que permetés obtenir un protocol d'actuació per a la millora energètica de l'edifici, replicable en altres edificis municipals
- Realitzar estudis de viabilitat per a la implantació de sistemes solars tèrmics per a la producció d'ACS i climatització per reduir els consums d'energia, combinat amb la reducció de la demanda de calor i fred actuant sobre els tancaments de l'edifici o altres mesures.
- Execució de les instal·lacions fotovoltaïques ja estudiades en alguns centres cívics.
- Implantar nous sistemes de monitoreig a partir de l'estàndard definit per l'Agència d'Energia de Barcelona, en dos edificis municipals concrets.
- Implantar sistemes de monitoreig del consum mitjançant la telemesura
- Ajudar a la implantació de sistemes d'alta eficiència de generació de clima i electricitat (cogeneració) en edificis singulars.

Veiem doncs que les línies de treball objecte d'aquest projecte de tesi s'ajusten molt bé a les voluntats que des del propi consistori es consideren clau per a la reducció del consum energètic en els edificis municipals, i que es consideren com a estratègiques perquè comporten noves sinergies en aquest camp.

¹⁵ Ajuntament de Barcelona. *Pla de millora energètica dels edificis municipals 2009 – 2011* [en línia].

[Consulta: 20 febrer 2011]. Disponible a:

<http://www.barcelonaenergia.cat/document/actuacions/Memoria_PMEB_2009_v2.pdf>

La nostra experiència desenvolupada al llarg de més de 10 anys de treballs en eficiència energètica i reducció de consums en edificis escolars, es veu confirmada per les actuacions previstes en el Pla: identificar i conèixer els potencials d'estalvi; realitzar auditories energètiques; monitoritzar els consums, i realitzar estudis de viabilitat de propostes.

Volem destacar que algunes d'aquestes accions ja s'han dut a terme en els darrers anys dins l'àmbit de la Universitat Politècnica de Catalunya, i en són exemple el SIRENA¹⁶, l'eina desenvolupada pel Centre Interdisciplinari de Tecnologia, Educació i Innovació per a la Sostenibilitat (CITIES) dins el Marc del Pla UPC Sostenible 2015, o el Pla d'Eficiència en el Consum de Recursos (PECR) de la UPC i en el qual vàrem participar tutorant més de 25 projectes finals de carrera consistents en la realització d'auditories energètiques d'alguns edificis universitaris¹⁷, i del que se n'han derivat diverses publicacions, a destacar l'article "*Involvement of final architecture diploma projects in the analysis of the UPC buildings energy performance as a way of teaching practical sustainability*", en la Revista "*Journal of Cleaner Production*"¹⁸, i que han estat mostrats en diferents congressos internacionals a Dubrovnik (Croàcia, 2007), Tallin (Estònia, 2008), Varadero (Cuba, 2008)¹⁹.

També és cert que la nostra experiència ens ha mostrat que, per exemple, la instal·lació de sistemes d'ACS en els edificis escolars o universitaris no és una línia de treball altament rentable donada la poca despesa en aigua calenta sanitària que es produeix en aquest tipus d'edificis (al voltant del 8% del consum total de recursos energètics, amb l'excepció dels que disposen de piscina), i com ja vàrem constatar en el seu dia a partir de la signatura d'un conveni amb l'Ajuntament per fer els estudis de viabilitat de les instal·lacions solars d'ACS en edificis escolars.

El Pla mostra en un esquema (Fig. 19), els actors que han d'intervenir en el desenvolupament del Pla i pel que fa al sector Educació, identifica l'Institut Municipal d'Educació de Barcelona (IMEB) com a responsable de 69 centres mentre que el Consorci d'Educació gestiona 450 centres educatius.

¹⁶ CENTRE per la Sostenibilitat. Universitat Politècnica de Catalunya. *Sirena* [en línia]. [Consulta: 17 febrer 2011]. Disponible a: <<http://www.upc.edu/sirena/>>

¹⁷ Bosch, M.; López, F.; Rodríguez Cantalapiedra, I.; Ruiz, G. *Avaluació energètica d'edificis : l'experiència de la UPC, una metodologia d'anàlisi*. Barcelona: Edicions UPC, 2006.

¹⁸ Cantalapiedra, I.; Bosch, M.; López, F. Involvement of final architecture diploma projects in the analysis of the UPC buildings energy performance as a way of teaching practical sustainability. *Journal of Cleaner Production*. 2006, vol. 14, núm. 9-11, p. 958-962. També disponible a: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652606000345>>

¹⁹ En el Capítol 7 es troben relacionats tots els congressos en els que hem participat fent difusió de les tasques realitzades.

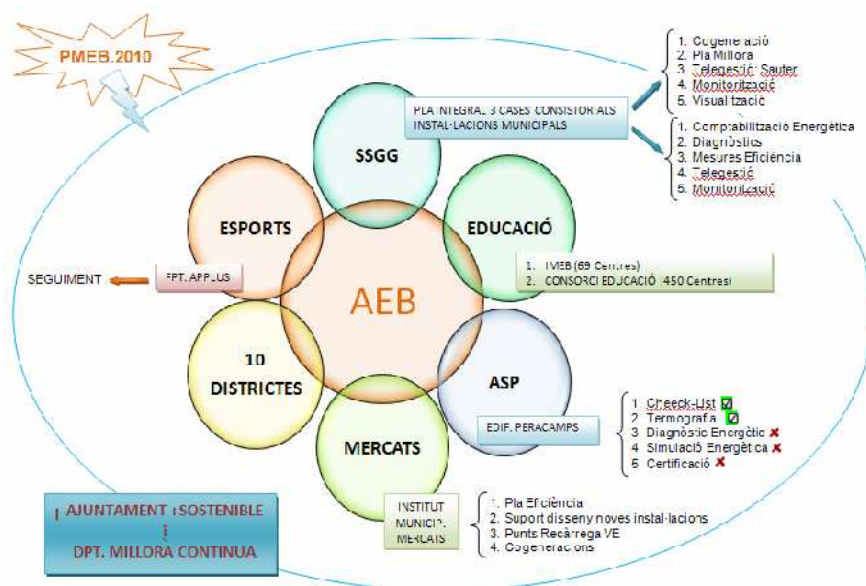


Fig. 19 Agents i operadors implicats en el PMEB 2010

Finalment el Pla facilita unes fitxes resum dels treballs i encàrrecs que té previst realitzar en les quals es recullen la descripció de la tasca i els motius:

- Monitoreig de consums energètics
- Millora de l'eficiència energètica en l'enllumenat interior
- Millora en l'eficiència energètica de les instal·lacions tèrmiques en edificis existents
- Rehabilitació energètica de l'envolvent dels edificis existents (tancaments)
- Inversió en instal·lacions de cogeneració
- Implantació d'Energies renovables en edificis i instal·lacions municipals

Ens interessa comprovar quines són les consideracions que fa l'Agència d'Energia en quant a les quatre primeres tasques, que coincideixen amb els motius d'aquest projecte de tesi:

 Agència d'Energia de Barcelona Ajuntament de Barcelona Medi Ambient Energia i Qualitat Ambiental	
Codi intern	FITXA - 1
Nom treball	Monitoreig de consums energètics
TASQUES DESCRIPCIÓ: El monitoratge és l'eina imprescindible per a controlar els consums energètics. Si s'estima que un control efectiu dels consums energètics pot reportar entre el 5 i el 10% d'estalvi. La visualització dels consums és també una eina útil per a la conscienciació del ciutadà motiu pel qual es proposa la instal·lació d'alguns monitors en aquells edificis més concorreguts. EXPOSICIÓ DE MOTIUS: El comptatge i control del consum d'energia és l'eina imprescindible per a la correcta gestió de l'energia. És el pas previ a qualsevol inversió ja que és el sistema de control que permet dissenyar indicadors d'estalvi. Així mateix, un sistema centralitzat de comptatge energètic permet disposar d'històrics i consums instantanis que faciliten la tasca de detecció de fuites d'energia. Addicionalment, el monitoratge permet la visualització de consums no només per part del gestor energètic de l'edifici sinó també per altres institucions com ara l'Agència d'Energia que podria fer un seguiment precís de l'estalvi obtingut mitjançant les inversions en millora. Es proposa que la visualització d'alguns dels paràmetres de consum sigui accessible a la ciutadania, sia mitjançant monitors instal·lats als edificis públics sia via Internet. Es presenta la següent tipologia de monitoratge: Comptatge centralitzat d'energia (electricitat i gas) podent ampliar a lectura del consum d'algua Un cop implantat el sistema de monitoratge, amb molt poca inversió addicional es poden afegir sondes de control de temperatura, humitat, concentració de CO ₂ , etc. d'una zona en particular o de tot l'edifici. Es proposa realitzar una implantació del monitoratge en edificis de Serveis Generals i de l'Àrea de Medi ambient que presenten un elevat consum elèctric. L'Agència d'Energia de Barcelona proposa aportar una ajuda a la inversió que oscil·la entre el 10% i el 100% del cost total (IVA inclos). La resta de la inversió, cas que l'Agència no cobreix la seva totalitat, anirà a càrrec del gestor de l'edifici o la instal·lació.	

 Agència d'Energia de Barcelona Ajuntament de Barcelona Medi Ambient Energia i Qualitat Ambiental	
Codi intern	FITXA - 2
Nom treball	Millora eficiència energètica en l'enllumenat interior
TASQUES DESCRIPCIÓ: Als edificis d'oficines el principal consum d'energia es troba en el sistema de climatització i en sistema d'il·luminació. Un bon control d'aquests sistemes consumidors pot reduir significativament el consum d'electricitat. EXPOSICIÓ DE MOTIUS: Actualment es coneixen diverses mesures d'estalvi actuant sobre la il·luminació: Instal·lació de reactàncies electròniques Instal·lació d'equips de Regulació de la intensitat lumínica Sectorització d'espais Canvi de làmpades convencionals per Enllumenat més eficient Instal·lació de detectors de presència i apagat automàtic Es proposa realitzar un esforç inversor en edificis, auditats amb anterioritat, en els que ja es coneix una necessitat de regular i controlar el sistema d'il·luminació interior. Així mateix es reserva una determinada partida per a analitzar d'altres edificis que a dia d'avui no s'està en disposició de determinar el nivell exacte d'inversió. L'Agència d'Energia de Barcelona proposa aportar una ajuda a la inversió que oscil·la entre el 10% i el 100% del cost total (IVA inclos). La resta de la inversió, cas que l'Agència no cobreix la seva totalitat, anirà a càrrec del gestor de l'edifici o la instal·lació.	

 Ajuntament de Barcelona Medi Ambient Energia i Qualitat Ambiental	
Codi intern	FITXA - 3
Nom treball	Millora eficiència energètica instal·lacions tèrmiques en edificis existents
TASQUES	
DESCRIPCIÓ:	
Als edificis d'oficines el principal consum d'energia es troba en el sistema de climatització i en sistema d'il·luminació. Un bon control d'aquests sistemes consumidors pot reduir significativament el consum d'electricitat i combustible (en tots els casos gas natural).	
EXPOSICIÓ DE MOTIUS:	
Actualment es coneixen diverses mesures d'estalvi actuant sobre la climatització:	
- Canvi Generadors de calor - Alliament canonades i equips - Equips eficients de climatització - Accions de manteniment sobre Climatització	
Es proposa realitzar un esforç inversor en edificis, auditats amb anterioritat, en els que ja es coneix una necessitat de regular i controlar el sistema de climatització. Així mateix es reserva una determinada partida per a analitzar d'altres edificis que a dia d'avui no s'està en disposició de determinar el nivell exacte d'inversió.	
L'Agència d'Energia de Barcelona proposa aportar una ajuda a la inversió que oscil·la entre el 10% i el 100% del cost total (IVA inclos). La resta de la inversió, cas que l'Agència no cobreix la seva totalitat, anirà a càrrec del gestor de l'edifici o la instal·lació.	

 Ajuntament de Barcelona Medi Ambient Energia i Qualitat Ambiental	
Codi intern	FITXA - 4
Nom treball	Rehabilitació energètica de l'evolvent tèrmica dels edificis existents (tancaments)
TASQUES	
DESCRIPCIÓ:	
L'estalvi energètic es resultat d'actuacions realitzades sobre els equips de generació d'energia (substituït-los per una de major eficiència) o per actuacions sobre el consum. Un bon aïllament de l'edifici repercutirà notablement sobre el consum d'energia. La revisió de sistemes de tancament en edificis auditats amb anterioritat en els que s'ha detectat mancances en aquest àmbit, és una actuació que es recupera amb poc temps.	
EXPOSICIÓ DE MOTIUS:	
Actualment es coneixen diverses mesures d'estalvi actuant sobre l'evolvent de l'edifici:	
- Rehabilitació de Tancaments (finestres) - Instal·lació de doble vidre - Implantació de nou aïllament a les façanes	
Es proposa realitzar un esforç inversor en edificis, auditats amb anterioritat, en els que ja es coneix una necessitat de millorar els tancaments. Així mateix es reserva una determinada partida per a analitzar d'altres edificis que a dia d'avui no s'està en disposició de determinar el nivell exacte d'inversió.	
L'Agència d'Energia de Barcelona proposa aportar una ajuda a la inversió que oscil·la entre el 10% i el 100% del cost total (IVA inclos). La resta de la inversió, cas que l'Agència no cobreix la seva totalitat, anirà a càrrec del gestor de l'edifici o la instal·lació.	

Fig. 20 a 23 Fitxes de tasques a realitzar, Descripció i exposició de motius. Font PMEIM

Podem concloure doncs, que el PMEIM estableix una sèrie d'accions a realitzar sobre els edificis municipals però que, ara per ara, es circumscriuen a un número molt limitat d'equipaments en els quals, a més ja s'ha realitzat alguna intervenció prèvia encara que només sigui per avaluar un consum excessiu en relació a altres equipaments similars.

Creiem que la metodologia per a la rehabilitació energètica que aquí presento, centrada en edificis escolars, pot ser una bona eina per a que les administracions coneguin l'estat actual dels equipaments escolars, puguin avaluar quins són els objectius que pretenen complir en quant a reducció de consums i compliment dels protocols i directives d'eficiència energètica, i puguin actuar a partir "d'edificis diana", altament consumidors i amb un potencial de millora i reducció de consums molt elevat. Una bona difusió de les accions que es duguin a terme hauria de permetre avançar en la conscienciació ciutadana, l'estalvi quantificat que es produeixi en consums podria servir per a noves inversions, les experiències es podrien traslladar a altres tipologies d'equipaments municipals i, finalment, mantenir una acció continuada hauria de permetre avançar envers una ciutat certament més sostenible.

4.5.3 El Pla d'Energia, Canvi Climàtic i Qualitat de l'Aire de Barcelona (2011-2020) (PECQ)²⁰.

Finalment, per saber quin és l'estat de la qüestió en quant a estratègies i plans desenvolupats per l'Ajuntament de Barcelona des de les seves agències d'energia, analitzaré el PECQ, que és un document de futur, que planifica les accions fins l'any 2020, i del que caldrà fer-ne un seguiment constant i estar-ne atents, ja que les noves polítiques municipals que es derivaran del canvi de tendència en el govern de la ciutat poden significar canvis d'estratègia o d'objectius.

La primera novetat que incorpora el Pla respecte als anteriors és la incorporació dels conceptes "Canvi climàtic" i "Qualitat de l'aire" en el propi títol del document, justificat per una nova consideració cultural del que significa la despesa energètica i quantificant des de bon principi l'impacte de les actuacions en quant a la reducció de consum energètic que significarà el desenvolupament del pla i també la mesura de la reducció d'emissions associades de gasos amb efecte hivernacle que es derivaran de la seva aplicació.

²⁰ Ajuntament de Barcelona. *Pla d'Energia, canvi climàtic i qualitat atmosfèrica de Barcelona 2010 – 2020* [en línia]. [Consulta: 25 febrer 2011]. Disponible a:
http://www.barcelonaenergia.cat/document/actuacions/Nou_PECQ.pdf

El Pla es desenvolupa a partir d'un esquema amb 4 objectius: la reducció del consum energètic, la reducció de les emissions de CO₂, la millora de la qualitat de l'aire i la millora de la qualitat del subministrament i té un abast de 108 projectes distribuïts en diversos sectors com poden ser el residencial, la indústria, les xarxes, el transport o la generació eficient. Val a dir que aquest és un programa d'intencions a mig termini i que el document disponible des de l'Agència d'Energia de Barcelona no explica en detall en què han de consistir aquests programes ni projectes. No s'hi ha trobat enlloc un pla d'actuacions en edificis municipals, per exemple, i per tant, del que recull el PECQ només podem tractar de relacionar aquest projecte de tesi amb les actuacions dirigides al sector residencial.

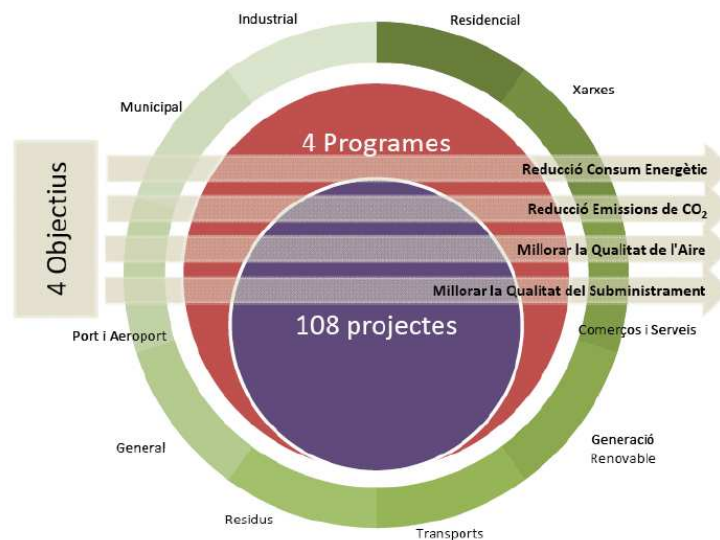


Fig. 24 Esquema de treball del PECQ- 2011-2020

En el sector residencial, el Pla proposa fer actuacions en dues direccions:

- Visualitzadors de consums a les llars
- Millora de l'eficiència energètica en la reforma d'habitatges

El fet de fer visible el consum de les llars és una mesura en la qual existeix un elevat consens en quant a la seva efectivitat, ja que quan es coneix en què es gasta l'energia és més fàcil prendre mesures de contenció i introduir noves cultures d'estalvi i actituds més responsables. En aquest sentit, la mesura hauria d'estendre's al parc edificat d'equipaments públics, com ja s'ha fet en alguns sectors i con ve fent la UPC des de fa uns anys.

Aquesta proposta d'acció contrasta amb la tendència que s'ha dut a terme en els darrers anys en quant a la centralització dels consums en factures úniques per a diversos equipaments. Molts dels centres educatius amb els que s'ha contactat al llarg dels darrers anys per fer-ne les auditories energètiques, ens han informat que ja fa temps que l'Ajuntament o darrerament el Consorci d'Educació s'ocupen de gestionar les factures de consums energètics i que, en conseqüència desconeixen quina és la seva despesa energètica. Aquesta és una pràctica que va en la direcció oposada a totes les estratègies de contenció de consums, i en conseqüència, caldria com hem dit, estendre la proposta de visualització d'aquests consums, de manera individualitzada i detallada, també a l'àmbit dels edificis gestionats per les administracions.

Per altra banda, la qüestió d'incorporar les exigències en eficiència energètica en les reformes del sector residencial també és una acció ben dirigida però que creiem que

encara és difícil de implementar degut a la conjuntura econòmica, a la manca de consciència ciutadana que encara no dona valor a les inversions que suposen estalvis energètics i, fins i tot, a la manca d'ambició que mostra l'administració a l'hora de legislar i redactar normes d'obligat compliment en el sector de l'edificació.

En aquest sentit, creiem que pot servir d'exemple l'aprovació, per part del Govern de la Generalitat, el passat 23 de novembre de 2010, del Decret 187/2010²¹ de les Inspeccions Tècniques d'Edificis, que és la revisió obligatòria que hauran de passar tots els edificis d'habitatges plurifamiliars segons la seva antiguitat.

Aquest document estableix una inspecció visual a realitzar per un tècnic competent, qui ha de documentar, amb l'ajut d'un formulari, les següents característiques i condicions de l'edifici:

- Descripció de l'edifici, a partir de fotografies, un text, i un esquema que indiqui façanes, mitgeres i patis
- La relació del nombre d'entitats que conformen l'edifici
- La descripció del sistema envolupant, a partir de text i fotografies
- La descripció del sistema estructural distingint entre el sistema horitzontal, el vertical i l'escala
- La descripció dels sistemes d'instal·lacions: xarxa de sanejament, instal·lació d'aigua, instal·lació d'electricitat, instal·lació de gas i altres fonts energètiques i ascensor
- Relació de deficiències detectades: amb una localització, descripció de la deficiència i fotografia
- Qualificació de les deficiències: que poden ser considerades greus o lleus

Finalment, el tècnic signa l'Informe d'Inspecció declarant l'estat general de l'edifici segons les deficiències detectades com a Molt greus, greus, lleus o sense deficiències, segons l'extracte del document que es mostra en la fig. 25.

Estat general de l'edifici segons les deficiències detectades	
☐ Molt greu:	Existència generalitzada de deficiències que per la seva importància afecten greument l'estabilitat de l'edifici i representen un perill per a la seguretat de les persones. Cal adoptar amb caràcter immediat les mesures de seguretat corresponents.
☐ Amb deficiències greus:	Existència de deficiències que per la seva importància cal estenar en els terminis indicats. Si les deficiències comporten risc per a les persones, cal adoptar mesures urgents de seguretat, prèvies a l'execució de les obres.
☐ Amb deficiències lleus:	Existència de deficiències produïdes per manca de conservació. Cal efectuar treballs de manteniment per evitar el deteriorament de l'edifici o d'una part.
☐ Sense deficiències:	No s'aprecien deficiències en la inspecció ocular.
Signatura del/de la tècnic/a Col·legi professional	
Data:	

Fig. 25 Document de la ITE per a edificis d'habitatges plurifamiliars. Font GC.

Així mateix, el document indica, en una taula el Termini màxim que té un edifici per passar la inspecció segons l'Antiguitat i que és la següent:

²¹ Departament de Medi Ambient i Habitatge. Generalitat de Catalunya. DECRET 187/2010, de 23 de novembre, sobre la inspecció tècnica dels edificis d'habitatges. *Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya* [en línia]. 2010, núm. 5764, p. 86763-86781 [Consulta: 26 febrer 2011]. Disponible a: <<http://www.gencat.cat/eadop/imatges/5764/10322147.pdf>>. ISSN 1988-298X.

Anteriors a 1930	Fins al 31 de desembre de 2012
Entre 1931 i 1950	Fins al 31 de desembre de 2013
Entre 1951 i 1960	Fins al 31 de desembre de 2014
Entre 1961 i 1970	Fins al 31 de desembre de 2015
A partir de 1971	Fins al 31 de desembre de l'any en què l'edifici Assoleixi els 45 anys d'antiguitat

Com podem observar més endavant en aquest mateix text, i a partir d'una experiència consistent en realitzar la certificació energètica d'edificis en diversos països de la Unió Europea, l'edat de l'edifici es pot relacionar amb les transmitàncies tèrmiques de l'envolvent i per tant, la data de construcció de l'edifici es pot usar com a un indicador del seu comportament energètic, bàsicament perquè les diferents solucions de façana i coberta venen donades per factors com l'evolució tecnològica, l'aparició de normativa o el desenvolupament de nous materials.

Tot i que entenem que la prioritat per a l'administració sigui la seguretat dels ciutadans i que l'esperit del Decret rau en la necessitat d'inspeccionar els edificis per evitar accidents degut al mal estat de l'estructura o l'envolvent, considerem que hagués estat interessant permetre una recollida d'informació relacionada específicament amb el comportament energètic de l'edifici, encara que fos de manera annexa i amb voluntat només que informativa. Avaluar si existeixen sistemes de climatització, o si les fusteries exteriors tenen infiltracions d'aire excessives, es pot fer de manera visual i permet avaluar l'envolvent de l'edifici en clau energètica.

Així mateix, seria bo fer extensiva l'obligatorietat d'inspeccionar els edificis de caire públic, administratiu, docent, sanitari, etc., al marge de per motius de seguretat, perquè precisament aquest tipus d'edificacions són les que presenten, sovint, manteniments més precaris i gestions poc acurades, donada la manca d'implicació dels usuaris amb l'estat de conservació dels edificis.

4.6 Les estratègies per reduir el consum energètic associat a l'edificació

Sembla clar doncs, i de fet les polítiques energètiques dels països de l'entorn així ho consideren, que cal definir unes estratègies per a reduir el consum energètic associat a l'edificació, i en concret a la ja existent. El potencial d'estalvi energètic en aquest sector ha estat avaluat per l'ECOFYS²² entre el 30% i el 45% (veure fig. 3), i en conseqüència s'ha d'encertar en les estratègies a adoptar per tal de poder reduir aquests consums de manera eficaç.

En paral·lel, els Organismes Internacionals²³ revisen periòdicament les diverses estratègies desenvolupades pels diferents països i avaluen aquelles que es considera que són altament efectives en quant a reducció de consums i la relació cost/efecte. Entre d'altres, destaquen: l'establiment de criteris revisats periòdicament, el control dels consums i de les emissions, la informació, la comunicació i l'educació; els reglaments i codis en edificació si són d'obligat compliment; l'obligatorietat i l'establiment de quotes d'eficiència energètica; les auditories energètiques si van acompanyades d'incentius financers; l'ús de programes de gestió de consums,

²² Klessmann, C. [et al.]. *Making energy-Efficiency happen: from potential to reality*. Netherlands: Ecofys, 2007.

²³ *Assessment of policy instruments for reducing greenhouse gas emissions from buildings: Report for the UNEP-Sustainable Buildings and Construction Initiative*. Budapest: Central European University, 2007.

sobretot en el sector comercial i serveis; o la reducció i les exempcions fiscals per accions d'estalvi energètic.

Les estratègies desenvolupades no sempre són traslladables però a la realitat del nostre entorn, i l'estudi d'estratègies d'intervenció ha de tenir en compte també aquells factors associats al territori que incideixen en el consum energètic final, i que dificulten la importació directa de les conclusions extretes d'estudis i experiències llunyanes. Aquests factors no només poden estar relacionats amb la climatologia o amb la tipologia arquitectònica de cada lloc, sinó també amb els aspectes culturals i de comportament propis de cada territori i de cada moment històric, que incideixen de forma determinant en els hàbits de consum en general, i per tant, també en el consum energètic dels edificis²⁴.

D'entre les propostes presentades en el Pla de l'energia a Catalunya 2006-2015²⁵, cal destacar la de "Promoure la construcció de nous edificis i la rehabilitació d'existents per assolir una alta qualificació energètica (es proposa que el 17% de la superfície construïda sigui d'alta qualificació energètica, classe A o B)". Aquesta aposta quantificada ens ha de servir per centrar els objectius de la metodologia de treball per a aquest projecte de tesi: si apostem per actuar sobre els edificis escolars que estan més a prop d'aconseguir qualificacions energètiques A o B serà més fàcil arribar al percentatge que es proposa. Però també cal actuar sobre els edificis més ineficients i "energívors" per a que es produeixen majors reduccions de consums. En conseqüència necessitem definir els indicadors que ens serviran per establir l'escenari de sortida i focalitzar els escenaris de futur.

4.6.1 La gestió energètica dels edificis:

Hi ha però altres estratègies que queden definides en el propi PEC-2015, entre elles la d'avançar per a la gestió energètica i "el desenvolupament de sistemes de gestió integral dels edificis, que facilitin les tasques de gestió i de manteniment, tot racionalitzant-ne la seva despesa energètica, i que alhora promoguin un ús eficient de les instal·lacions limitant i controlant les actuacions manuals que tendeixen a un ús ineficient de les instal·lacions".

Certament, la gestió dels edificis, principalment els d'ús públic, s'ha vist que té una importància cabdal en les estratègies de reducció de consums energètics en l'edificació existent. De fet, el 68% de l'energia consumida per un edifici al llarg de la seva vida útil està associada al seu període d'ús, per tant aquesta és una línia de treball que s'ha vist molt efectiva i que implica, a més, als usuaris, portant l'edifici d'una manera activa i dinàmica cap a paràmetres d'eficiència cada vegada més alts.

²⁴ Lazzarini, B.; Cendra, J. Innovación tecnológica y cultura del consumo: la necesidad de una aproximación sistémica. *II Congreso UPC sostenible 2015* [en línia]. [Consulta: 5 març 2011]. Disponible a: http://upcommons.upc.edu/revistes/bitstream/2099/8155/1/47_lazzarini.pdf

²⁵ Departament de Treball i Indústria. Generalitat de Catalunya. *Pla de l'energia de Catalunya 2006 – 2015* [en línia]. [Consulta: 12 març 2011]. Disponible a: http://www.gencat.cat/economia/doc/doc_68879950_1.pdf

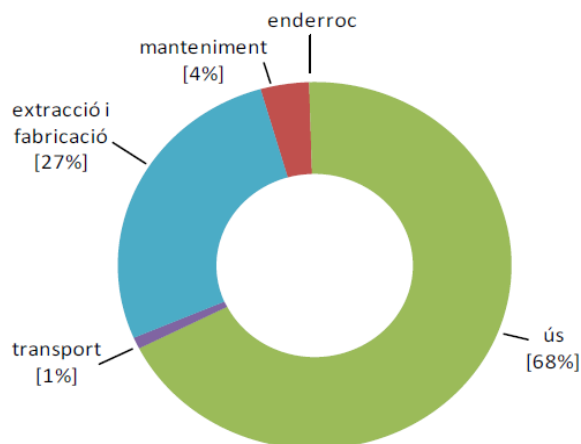


Fig. 26 Consum d'energia d'un edifici terciari tipus al llarg del seu cicle de vida. Font: López (2009)

En aquesta línia s'han presentat, en els darrers anys, a la pròpia UPC, diversos treballs i Tesi doctorals que profunditzen en aquests aspectes. López, F. (2006)²⁶ estableix que en edificis d'ús terciari, el malbaratament energètic associat a una gestió deficient pot arribar al 40% del total de l'energia consumida al llarg d'un any. Mata²⁷ posa com l'exemple un cas d'optimització de la gestió d'un edifici existent (concretament, la gestió de la calefacció a l'Escola Tècnica Superior d'Arquitectura del Vallès, ETSAV-UPC) per mostrar que és possible aconseguir estalvis reals i significatius (fins al 40% de reducció del consum de gas) sense modificar l'envoltant ni l'eficiència energètica de les instal·lacions. Les mesures realitzades afectaven únicament a la utilització de l'edifici (l'ús dels seus espais i la programació de la seva ocupació) i la gestió del sistema de calefacció, mitjançant un protocol d'encesa i apagada del sistema.

En aquest mateix aspecte ha treballat Ruiz, G.²⁸, que en les conclusions de la seva proposta de recerca aposta per *“encetar una recerca que adopti com a punt de partida el canvi de percepció de l'edifici com a base per al disseny de noves estratègies de reducció d'emissions del sector. Una perspectiva que substitueixi la metàfora de l'edifici com a “màquina d'habitar” adoptada per Le Corbusier a principis del segle passat, per la de l'edifici com a “sistema viu”(…) format per una interfície (envoltant i sistemes) i per una comunitat viva que l'habita. Una perspectiva orgànica, integral, on dintre dels edificis hi ha la gent, en el convenciment que no comprendrem en profunditat el consum d'energia i la generació d'emissions en els edificis si no és com a part del seu comportament metabòlic com a sistemes vius (consum de recursos i generació de residus)*

En paral·lel, i a partir del Pla d'Eficiència en el Consum de Recursos de la UPC, la creació de sistemes de gestió energètica com el SIRENA s'ha convertit, en els darrers anys, en un altre exemple a seguir que permet, entre altres, conèixer en temps real els diferents consums dels edificis universitaris i els consums històrics, avaluar els estalvis aconseguits a partir de les millores que s'hi realitzen, o identificar disfuncions dels

²⁶ López, F. *Sobre el uso y la gestión como los factores principales que determinan el consumo de energía en la edificación*. Tesis Doctoral, UPC, març 2006.

²⁷ Mata, E. Optimization of management of building stock. *Energy and Buildings*, 2009, núm. 41, p. 1334-1346.

²⁸ Ruiz, G. *Bases per a la recerca en reducció d'emissions de CO2 en edificació des de la perspectiva dels “edificis vius”*. Projecte de Tesi, UPC, març 2010.

sistemes, la qual cosa la converteix en una eina molt útil per als gestors i encarregats del manteniment dels edificis.

Hi ha també veus que aposten per l'externalització de la gestió energètica. En aquesta línia han treballat, per exemple, l'Ajuntament de Barcelona i el de Sabadell, centralitzant les factures dels consums dels centres educatius en un únic client. Però ja hem dit en altres punts d'aquest mateix document que aquesta estratègia pot tenir efectes contraris als que es pretenen.

D'altra banda, també voldríem destacar, entre les moltes iniciatives existents que cerquen el canvi de comportament dels usuaris respecte al consum energètic, tres que pertanyen al programa IEE (*Intelligent Energy Europe*):

*IDAE: "Cambiando los hábitos de consumo energético"*²⁹.

Un document publicat l'any 2000 per l'*Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía* i co-finançat per la Comissió Europea que tenia per objectiu extreure conclusions a partir de l'avaluació de 41 programes de modificació dels hàbits de consum d'energia duts a terme en diferents països europeus, combinar-les amb models teòrics, oferir una visió general de les millors pràctiques i generar noves directrius per al desenvolupament i l'adopció de polítiques exitoses dirigides als consumidors.

En les seves conclusions el document afirma, 8 anys després d'haver introduït les modificacions d'hàbits, que entre altres realitats:

- Els projectes de canvis d'hàbits funcionen
- El diagnòstic previ és poc comú
- L'avaluació i valoració dels hàbits són poc comunes
- Pocs projectes de canvi d'hàbits donen lloc a activitats continuades
- I que encara es comparteixen poc les experiències entre els projectes

*Energy Trophy*³⁰

Es tracta d'una competició de caràcter europeu que pretén aconseguir estalvis mitjançant únicament el canvi de comportament dels treballadors d'edificis d'oficines. En la primera edició de 2004/2005, amb la participació de més de 38 empreses i institucions de 6 països, es van aconseguir estalvis efectius d'un 7% de mitjana, i una reducció de 1.885 tones de CO².

*C. Euronet 50/50*³¹

Aquest és un projecte que té com a objectiu l'estalvi d'energia a les escoles de tot Europa i com a mínim 50 (9 de la província de Barcelona per iniciativa de la Diputació de Barcelona) ja han aplicat la metodologia del 50/50. Nascuda a Alemanya la metodologia és basa en que el 50% d'estalvi d'energia obtingut a l'escola, torna al centre com a transferències econòmica, mentre que l'altre 50% es per a qui paga el subministrament (normalment els ajuntaments). Amb aquesta estratègia l'escola obté un incentiu per estalviar energia i els ajuntaments redueixen els seus costos energètics, alhora que es redueix l'impacte ambiental de l'edifici

²⁹IDAE. *Cambiando los hábitos de consumo energético: directrices para programas dirigidos al cambio de comportamiento* [en línia]. [Consulta: 26 març 2011]. Disponible a:

<http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_10457_BEHAVE_c_ambiando_habitos_consumo_09_bbf93f25.pdf>

³⁰ CAIXA terrassa. Obra social. *Competición en ahorro energético Energy Trophy + 2007/2008* [en línia]. [Consulta: 27 març 2011]. Disponible a: <<http://www.energytrophy.org>>

³¹ DIPUTACIÓ de Barcelona. *Euronet 50/50* [en línia]. [Consulta: 27 març 2011]. Disponible a: <<http://www.euronet50-50.eu/>>

Comprovem doncs que les estratègies d'implicació dels usuaris en els programes de reducció de consums són cada dia més habituals, en general exitoses, i impliquen un canvi d'hàbits i una nova cultura de l'energia que, en el cas de les escoles, té un doble valor, al ser a més, una aposta de futur.

4.6.2 La fiscalitat energètica:

Hi ha també l'estratègia d'augmentar el preu de l'energia amb la imposició de taxes que gravin el seu consum. En el nostre entorn existeix una estratègia similar de l'any 2000 ³² però només aplicada al consum d'aigua, tant domèstic com industrial (el conegut com a *cànon de l'aigua*), que estableix trams de consum en funció del tipus d'usuari, i que penalitza els consums desproporcionats.

En un recent informe del programa UNEP SBCI³³ es recullen algunes experiències realitzades als EEUU sobre imposició de taxes sobre el consum energètic o sobre la aplicació de deduccions a l'estalvi, concloent que les taxes tenen una sèrie d'avantatges: influeixen directament durant tot el cicle de vida dels edificis; poden reforçar l'impacte que puguin tenir altres instruments o mesures com les ajudes econòmiques o els cànon fent que siguin més efectives; finalment, els diners que es recapten a partir d'aquests impostos poden retornar cap a nous programes d'eficiència energètica.

Que l'estratègia més eficaç per aconseguir la millora del comportament dels usuaris en el consum d'energia passa per augmentar el seu preu, és un convenciment força comú entre experts i no experts en estalvi energètic. En aquest sentit, en el mateix informe de la UNEP SBCI s'afirma que "el preu és el factor més decisiu a l'hora de fer ús (o d'estalviar) energia".

³² GENERALITAT de Catalunya. *Agència Catalana de l'Aigua (ACA)* [en línia]. [Consulta: 2 abril 2011]. Disponible a: <<http://aca-web.gencat.cat/aca/appmanager/aca/aca/>>

³³ Sustainable Buildings and Climate Initiative. *Buildings and Climate Change. Summary for Decision-Makers* [en línia]. [Consulta: 4 abril 2011]. Disponible a: <<http://www.unep.org/sbci/pdfs/SBCI-BCCSummary.pdf>>

4.6.3 La Rehabilitació energètica dels edificis

Sembla que avui en dia, finalment, ja hi ha un consens en el nostre país que la rehabilitació és el futur immediat en el sector de la construcció. Al marge de la conjuntura econòmica i la impossibilitat de continuar urbanitzant el territori com s'ha fet fins ara³⁴, les qüestions mediambientals i diversos estudis realitzats per tècnics i experts han posat de manifest que la rehabilitació del parc edificat és necessària, sostenible, i la millor eina per reduir els consums de recursos associats a l'edificació³⁵.

Aquesta és també una de les conclusions del Congrés Internacional "Rehabilitació i Sostenibilitat. El futur és possible" celebrat a Barcelona el darrer mes d'octubre de 2010³⁶, i en el qual es van definir les següents estratègies:

- Assumir políticament un canvi de model
- Crear l'Agència per a la Regeneració Urbana (ARU)
- Desenvolupar un "Estatut de la Regeneració Urbana"
- Articular un marc econòmic específic per a la rehabilitació
- Crear l'Observatori de la ciutat i de l'edificació existent
- Crear una certificació de "Perfil de qualitat dels edificis existents"
- Programar i desenvolupar un Pla Estatal de Regeneració Urbana

I, tal i com es declara en l'Annex **Conclusiones del Bloque B. El compromiso sostenibilista desde la rehabilitación**, "Que el uso de energía en los edificios es uno de los mayores responsables de las emisiones de GEI en la economía nacional, e intervenir sobre el parque edificado para reducirlas será una necesidad ineludible, lo que supone una oportunidad para convertir la rehabilitación en la principal actividad del sector de la edificación".

En el cas del nostre país caldrà fer un esforç afegit si es vol reorientar el sector, ja que si bé a Europa la rehabilitació representa més d'un terç de la producció del sector de la construcció i en alguns dels països de l'entorn és de l'ordre de la meitat, a Espanya i Catalunya no arribava, fins fa poc, al 10%³⁷. Cal repensar la rehabilitació també en termes d'estalvi energètic, per la qual cosa, considerem que és l'administració qui ha de liderar aquesta nova tendència des de la rehabilitació energètica dels seus propis edificis.

En la línia de les oportunitats de millora del parc edificat s'han donat ja algunes experiències. Per exemple, segons un estudi sobre les possibilitats de reducció d'emissions de CO₂ en habitatge social, finançat pel Departament de Medi ambient i Habitatge del Govern català, dirigit per J. Sabaté i A. Cuchí, i amb la participació de diversos col·laboradors, si les emissions d'un habitatge anterior a l'any 2007 eren de 58,9 kg de CO₂/m² a l'any, fent una rehabilitació d'alta eficiència energètica i baixa

³⁴ En el període 1990-2005 la superfície construïda va augmentar en un 51% mentre que la població només va créixer un 11%. Referència: Solanas, T.; Calatayud, D.; Claret, C. *34 kg de CO₂*. Barcelona : Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient i Habitatge, 2009.

³⁵ Cuchí, A. *Informe Mies*. Barcelona: UPC, 1999.

³⁶ *Congreso Rehabilitación y Sostenibilidad. El futuro es posible* [en línia]. [Consulta: 12 abril]. Disponible a: <http://www.rs2010.org/files/u1/Conclusiones_finales.pdf>

³⁷ La situació econòmica ha canviat aquesta situació fins el punt que, segons dades del Col·legi d'Aparelladors, Arquitectes Tècnics i Enginyers en Edificació, Demarcació Girona, l'any 2010 les rehabilitacions d'habitatges van suposar el 24% del total dels projectes visats.

energia incorporada, consistent en reduir les transmissibilitats tèrmiques dels tancaments i eliminant els ponts tèrmics, millorant les proteccions solars i incorporant espais exteriors, incorporant energies renovables i sistemes energètics amb un Coeficient d'eficiència energètica (COP Coefficient Of Performance) superior a 6, es podien reduir les emissions fins als 15,3 Kg de CO₂ (un 74% menys).

Altres dades (teòriques), també relacionades amb la rehabilitació d'habitatge social i proporcionades per ADIGSA, acosten la reducció de la demanda en calefacció per l'aplicació de millores en l'aïllament de façanes i cobertes al 28%.

Caldria extrapolar aquests estudis a l'àmbit dels edificis del sector terciari, i creiem que el Projecte de Tesi que es presenta en aquest document va en aquesta línia, ja que permetrà recollir la informació, fer una diagnosi acurada del parc escolar edificat i dissenyar les estratègies d'actuacions per a reduir els consums energètics, amb la mirada posada a que la metodologia pugui ser traslladada a altres ciutats de l'entorn amb situacions climatològiques i estructurals similars.

A Espanya, els edificis d'ús terciari poden emetre fins a 170 Kg de CO₂/m² en un any en relació al condicionament i serveis que ofereix l'edifici (il·luminació, climatització, aigua calenta, cocció, aparells elèctrics, etc)³⁸. Les estratègies en el sector passen doncs per rehabilitar el parc edificat per reduir les emissions associades a l'ús dels edificis i actuar sobre els edificis existents amb una millora continuada de la seva eficiència.

Cal doncs potenciar la rehabilitació energètica en qualsevol actuació de rehabilitació o millora de l'edifici, i en aquest sentit cal incentivar i promoure mesures d'estalvi i eficiència que involucrin al mercat, als usuaris, i en el cas d'edificis públics, als gestors.

Es fa necessària també una Normativa específica per a rehabilitació, tècnics especialitzats i formats en rehabilitació energètica, conèixer l'estat del parc edificat i atorgar ajuts a la rehabilitació, promoure estudis i diagnosi tècniques i socials i invertir en R+D+i. I per al personal tècnic que actuï en rehabilitació, donar la importància que es mereix la diagnosi (*"altrament el que es fa és opinar"*, com diu el professor Rosell) ja que el màxim coneixement de l'edifici comportarà la rehabilitació més acurada.

Hi ha una extensa bibliografia relacionada amb la rehabilitació d'edificis, que durant molts anys s'ha basat en actuacions relacionades, bàsicament i des de la construcció, en: el manteniment o substitució dels elements estructurals per garantir el compliment dels valors de seguretat exigibles als edificis actuals; la millora de prestacions en quant a estancitat, ventilació i altres paràmetres de salubritat i confort; redistribucions per adaptar els espais als nous usos; o adequació dels sistemes d'instal·lacions (electricitat, serveis i escomeses, climatització, ascensors, xarxes de comunicació, etc.).

A l'Eixample de Barcelona, per posar un exemple proper i del qual es disposen de dades, s'ha realitzat en els darrers anys un esforç per augmentar els espais verds amb la recuperació i enjardinament dels patis interiors d'illa per a ús públic o semiprivat. L'empresa mixta ProEixample³⁹, ha canalitzat i articulat la major part d'aquestes actuacions seguint l'eslògan "Barcelona posa't guapa" als inicis de les campanyes i que va evolucionar cap al "Barcelona posa't guapa i segura" després de comprovar

³⁸ Solanas, T.; Calatayud, D.; Claret, C.: 34 Kg de CO₂. *Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient i Habitatge, Barcelona 2009.*

³⁹ AJUNTAMENT de Barcelona. *ProEixample* [en línia]. [Consulta: 15 abril 2011]. Disponible a: <http://www.proeixample.cat/>

que algunes de les actuacions s'havien limitat a un “maquillatge” de les façanes sense intervenir de manera decidida en la consolidació estructural dels paraments, dels elements en voladís, de les peces ornamentals, o dels propis revestiments que s'estaven restaurant.

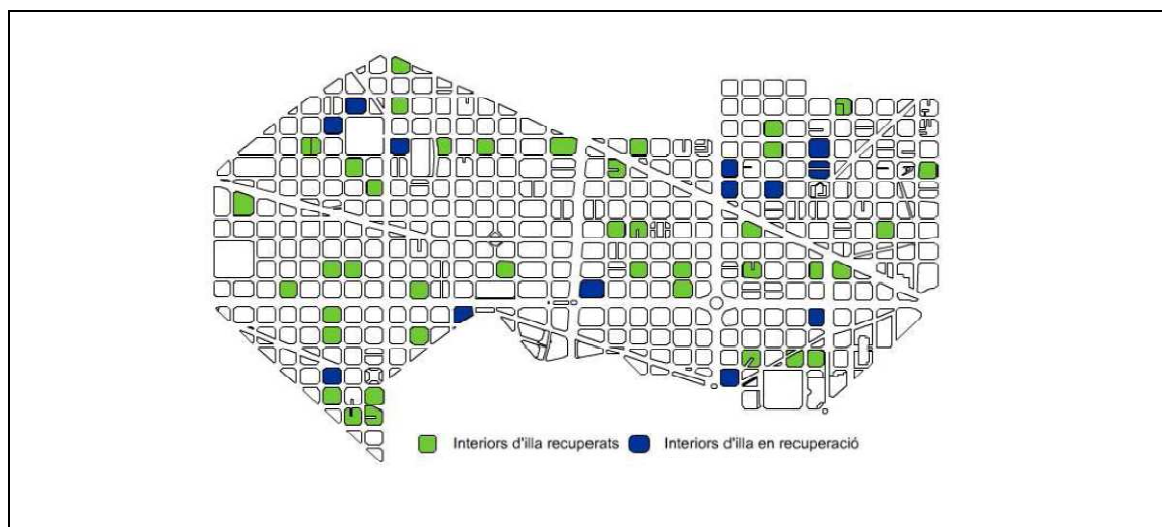


Fig. 27. Plànol de l'Eixample amb les actuacions de recuperació de patis interiors realitzades i en curs l'any 2010. Font: ProEixample.

De les 32.663 actuacions que té documentades ProEixample (que no vol dir que siguin totes les realitzades al barri), i segons les dades aportades des de la seva pròpia pàgina web, el 49% de les intervencions estan relacionades amb les envoltants dels edificis (façanes exteriors, interiors, mitgeres, i cobertes), mentre que només un 20% de les actuacions s'han considerat de millora de l'aïllament tèrmic i acústic. A partir d'aquestes dades es poden constatar dues realitats: per una banda que la reducció de la demanda energètica dels edificis aconseguida a partir de la millora de les prestacions tèrmiques de la pell, no es considera intrínseca a l'actuació de rehabilitació de façanes i cobertes; i a més, que precisament aquest tipus d'actuacions han estat les menys. És hora doncs de realitzar actuacions que comportin també l'eficiència energètica i la reducció de la demanda com a exigència bàsica dels projectes de rehabilitació, en el que podríem resumir amb el nou eslògan “Barcelona posa’t guapa, segura i eficient”.

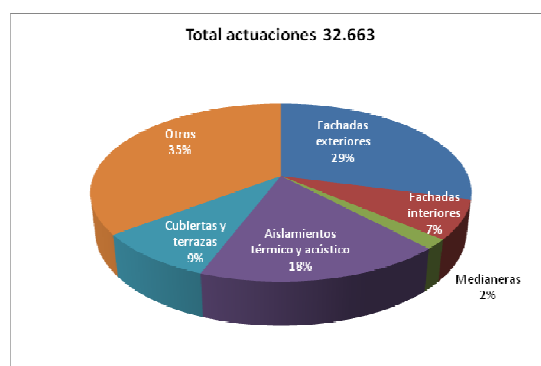


Fig. 28. Actuacions en edificis de l'Eixample gestionades per ProEixample des de l'any 2003.

Darrerament i en resposta a aquesta necessitat, s'han publicat diverses guies, experiències i catàlegs de solucions constructives, i des de la Universitat s'han dirigit

diferents treballs per tal d'avançar en el coneixement de les carències, les possibilitats de millora i les actuacions més encertades per tal de millorar les prestacions dels edificis existents, conservar el patrimoni edificat, i treballar per una edificació més sostenible també des de la rehabilitació energètica.

Per la seva banda, les administracions han legislat abastament per tal d'exigir als edificis un comportament energètic adequat a les necessitats i usos però dins la contenció en la despesa energètica, en una espècie de cascades de lleis, codis, normatives, recomanacions, decrets, etc que van des de les directives europees als decrets d'ecoeficiència⁴⁰ o ordenances solars⁴¹. També han desenvolupat diverses línies en qüestions com la fiscalitat o els ajuts econòmics, aplicats de manera directa o indirecta, per tal de facilitar i potenciar actuacions en clau energètica a l'hora de construir nous edificis o rehabilitar els existents.

Finalment, també s'han preocupat en desenvolupar, en col·laboració amb les agències d'energia, els col·legis professionals i les empreses públiques o mixtes, eines per als professionals per tal de facilitar-los la seva tasca. En són exemples molt destacables la "Guía de Rehabilitación energética de edificios de viviendas" editada per la Comunitat de Madrid⁴² o bé la "Guía de la renovación energética d'edificis d'habitatges. Envolupant tèrmica i instal·lacions"⁴³, editada per la Generalitat de Catalunya (Departament de Medi Ambient i Habitatge, Secretaria d'Habitatge), i que tot i ser dues guies centrades en els edificis d'habitatges, es poden usar a manera d'exemple per als edificis del sector terciari, en el nostre cas, les escoles i altres centres educatius.

Donat que la nostra proposta metodològica per a la rehabilitació energètica dels edificis escolars se centrarà, a més de en la gestió dels recursos i el comportament dels usuaris, en la reducció de la demanda a partir de la millora de les condicions tèrmiques de l'envoltent, hem centrat la proposta de recerca en aquest àmbit, i que, avui dia passa, bàsicament per:

- La millora de l'aïllament en façana per:
 - l'exterior
 - l'interior
 - omplint la cambra d'aire
- La millora de l'aïllament en coberta:
 - per l'interior sota coberta
 - per l'exterior

⁴⁰ Departament de Medi Ambient i Habitatge. Generalitat de Catalunya. DECRET 21/2006, de 14 de febrer, pel qual es regula l'adopció de criteris ambientals i d'ecoeficiència en els edificis. (Correcció d'errades en el DOGC núm. 4678, pàg. 31460, de 18.7.2006). (Pàg. 7567). *Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya* [en línia]. 2006, núm. 4574.[Consulta: 26 febrer 2011]. Disponible a:
<<http://www.gencat.cat/diari/4574/06033084.htm>>

⁴¹ La primera Ordenança Solar a Catalunya va ser la de Barcelona, publicada l'any 1999, després diversos ajuntaments han dictat les seves ordenances pròpies tenint en compte les possibilitats climatològiques i estructurals de cada municipi.

Procediment d'aplicació de l'ordenança solar de Barcelona [en línia]. [Consulta: 12 maig 2011].

Disponible a:

<http://www.barcelonaenergia.cat/gestorost/documents/tecnica/1%20OST_Barcelona2006_Comentada.pdf>

⁴² Consejería de Economía y Consumo de Madrid. *Guía de rehabilitación energética de edificios de viviendas* [en línia]. [Consulta: 15 abril 2011]. Disponible a:

<<http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-de-rehabilitacion-energetica-de-edificios-de-viviendas-fenercom.pdf>>

⁴³ Generalitat de Catalunya. *Guia de la renovació energètica d'edificis d'habitatges* [en línia]. [Consulta: 15 abril 2011]. Disponible a:

<http://www20.gencat.cat/docs/habitatge/Home/Secretaria%20dhabitatge/publicacions2/20%20Guia%20renovacio%20energetica/Guia%20RE_CTPb.pdf>

- La millora dels elements de fusteria: criteris d'elecció en fusteries
substitució de vidres
proteccions solars

Tot i que podria semblar senzill actuar sobre les envoltants dels edificis per tal de millorar les seves prestacions tèrmiques, i que és ben veritat que existeix al mercat un ampli ventall de materials amb característiques tècniques específiques i adequades a les diverses solucions, la realitat i l'experiència mostren que actuar sobre les façanes, mitgeres i cobertes significa una intervenció de gran impacte que, sovint s'ha de coordinar amb altres tasques de rehabilitació per resoldre lesions existents en l'edifici o millorar-ne l'aspecte, per exemple.



Fig. 29 Humitats a l'interior dels habitatges en edificis de recent construcció, per condensacions intersticials (esquerra) o condensacions superficials (dreta) degudes a problemes termohigromètrics en les solucions de façanes. Fonts ADIGSA i pròpia.

La rehabilitació energètica de les envoltants dels edificis és una qüestió en la que ja fa anys que treballem, i segons la nostra experiència cal ser metòdic en els plantejaments si el que es pretén es fer propostes d'intervenció generals però que permetin, a partir del creuament de diferents factors, fer la tria de la solució més adient per a cada cas. En aquest sentit, podem mostrar algunes de les feines realitzades des de l'Escola Politècnica Superior de l'Edificació de Barcelona (EPSEB), en catalogació, anàlisi i tractament dels elements de pell dels edificis.

Totes les referències bibliogràfiques dels Treballs i Projectes Finals de Carrera relacionats o utilitzats per a la realització d'aquest projecte de tesi estan disponibles a través de la Biblioteca de la Universitat i es troben breument citats en el capítol 7 *Publicacions relacionades i altres resultats del projecte de Tesi*.

Fig. 30 Taula "Anàlisi de solucions" constructives identificades a l'Eixample de Barcelona", segons l'època de construcció dels edificis. Font pròpia a partir de documents diversos.

Fig. 31 Anàlisi de solució de coberta existent en un edifici d'habitatges, segons diferents normatives, i proposta de millora per garantir el compliment de la normativa actual (CTE). Font Aina Palma, Joan Olona.



Fig. 32 Diferents solucions de cobertes i façanes en edificis escolars de Barcelona i Sabadell. Font pròpia



Fig. 33 Diferents proteccions solars en façana derivades de les propostes de Le Corbusier per al Carpenter Center (1959-1963, Cambridge, Massachusetts, Estats Units). Font pròpia i Internet.



Fig. 34 Estudi d'incidència solar al llarg de l'any i del dia, sobre la façana de la Biblioteca Vapor Bada de Sabadell, per tal de proposar una solució de protecció solar per millorar el confort tèrmic a l'interior de les sales de lectura. Font. Jordi Martí.

DIAGNOSI EN REHABILITACIÓ	AVALUACIÓ ENERGÈTICA D'EDIFICIS
Alguns exemples:	
• Làmines adhesives de protecció solar	1% estalvi energètic (3 anys)
• Cortines metàl·liques de protecció solar	3% estalvi energètic (6 anys)
• Canvi de lluminàries	4% estalvi (3 anys)
• Control d'encesa	1% estalvi (immediat)
• Programació de les temperatures	10% a 45% (immediat)
• Desconnexió de termos elèctrics	17% (immediat)
• Tapar forats es espais contacte ext.	25% consum en gas (immediat)
• Aïllar l'envolvent	Fins a un 25% consum en gas
	Fins a un 12% electricitat (5 anys)
• Canviar finestres	Fins a un 24% electricitat (9 anys)
• Dividir circuits	8% de gas (15 anys)
• Aïllar conductes	4% de gas (3 anys)
• Canvi de caldera	12% (4 anys)
• Canvis il·luminació aules	20% (més de 15 anys)
• Modificar horaris d'encesa i apagat	12% (immediat)
• Plaques solars (atenció tipus edificatori)	60% (15 anys)

Fig.35 Taula de possibles accions en edificis escolars amb l'impacte energètic que signifiquen i els períodes de retorn de la inversió, realitzada a partir de diferents auditories energètiques. Font pròpia

Donat que les estratègies per actuar sobre aquestes envoltants passen per solucionar molts aspectes (protegir, reflectir, aïllar, captar, acumular, distribuir, ventilar, dissipar i garantir l'estanquitat), l'estudi de les solucions actuals per a rehabilitar-les s'hauran d'avaluar, també, sota aquestes premisses, i per aquest motiu cal conèixer bé les possibilitats tant dels sistemes existents, de les propostes tecnològiques, com de les circumstàncies específiques dels règims d'ús i explotació dels edificis.

Així mateix, una bona diagnosi de l'estat actual dels edificis, a partir d'assaigs, registres de dades, captació d'imatges termogràfiques, anàlisi de factures, etc. exigeix una certa qualificació científico-tècnica pròpia d'una enginyeria en edificació, que és la

nova titulació adaptada a l'Espai Europeu d'Educació Superior (EEES), i en la que estem format als nous graduats.



Fig. 36 Diferent maquinari per a la lectura de calor superficial en una façana mitjançant càmera termogràfica, o lectures de velocitat de circulació d'aire per l'interior de cambres d'aire. Font ADIGSA

També caldrà ampliar els catàlegs de solucions constructives a noves propostes com poden ser les façanes ventilades amb vegetació incorporada, que a més dels avantatges tèrmics que proporcionen, es poden utilitzar com a element estètic renovador amb un valor afegit pels factors mediambientals que la massa verda aporta a la ciutat.



Fig. 37 Solució de façana ventilada per aplacar sobre façana existent amb la incorporació d'elements vegetals (en aquest cas garrofers) com a filtre solar i element ornamental. Gentilesa de Max Volckaert.

4.6.4 Altres experiències i recerca en eficiència energètica en edificis públics

Hem analitzat fins ara les qüestions de caire legislatiu, comprovant com, totes les administracions, des de la Comunitat Europea fins als municipis, passant pels ens estatals i autonòmics, han elaborat les directives, programes i plans d'actuació per tal de reduir la despesa energètica a partir d'estratègies diverses. En aquest escenari hem ubicat la nostra proposta de recerca, amb la intenció de participar en les polítiques de reducció de consums des de la rehabilitació energètica, actuant sobre un conjunt d'edificis escolars que tenen característiques similars (o no), i hem decidit centrar les actuacions en la millora de l'envolvent, per tal de reduir la demanda, sense

oblidar la importància cabdal que té una bona gestió de l'edifici i el compromís de l'usuari en fer un ús de l'edifici en clau d'eficiència energètica.

La nostra experiència en rehabilitació energètica d'edificis no passa de ser teòrica: hem participat en diferents projectes liderats per l'administració i, en general, sota encàrrecs dels Ajuntaments, com és el cas del de Barcelona i Sabadell, segurament perquè des de la proximitat del que significa la gestió municipal, és més fàcil focalitzar les actuacions que es suposen més eficients i a l'hora serveixen com a laboratoris d'assaig.

Val a dir que no hem anat més enllà: no hem fet el seguiment pel que fa a verificar si s'han dut a terme les propostes de millora en aquells edificis en els quals s'han fet estudis o auditories energètiques, en alguns casos perquè el devenir polític i el canvi d'equip consistorial han aturat les línies de treball dels equips precedents. En altres casos, tot i que la voluntat política s'ha mantingut, és cert que la conjuntura econòmica i la situació en la que es troben totes les administracions han deturat totes les iniciatives en una actitud, que al nostre parer, ens sembla miop: treballar en eficiència energètica, rehabilitar els edificis existents, i en conseqüència reduir la despesa, és una estratègia que només comporta que beneficis en tots els aspectes.

Hem volgut veure també quines línies de treball es duen a terme des d'altres grups de recerca, intentant acotar els camps d'investigació a les experiències més properes geogràfica i tipològicament, però val a dir que, avui dia, les universitats xineses mantenen un altíssim nivell de producció científica i, davant la seva incorporació al model capitalista, i el seu creixement econòmic, han començat a actuar en estratègies de reducció de consums per qüestions obvies. Hem consultat, per a la redacció d'aquest projecte de tesi, alguns articles (s'han descartat els que estan en xinès) relacionats amb els índexs i mètodes d'avaluació d'eficiència energètica en edificis⁴⁴; l'anàlisi dels potencials de millores energètiques en edificis residencials a Wuhan (Xina)⁴⁵; en modelització de consums energètics⁴⁶ i supervisió de la gestió de recursos⁴⁷ a gran escala d'edificis públics; o fins i tot treballs específics en edificis universitaris pel que fa als consums d'energia i climatització interior⁴⁸. També han estat consultats alguns articles dels Estats Units d'Amèrica i algunes experiències realitzades des de diverses Universitats d'Amèrica Llatina, però hores d'ara encara s'haurà d'aprofundir més en aquesta cerca i en la lectura de la literatura científica existent, que en aquests moments es troba a uns nivells de productivitat molt elevats.

⁴⁴ Wang, Jiang-Jiang. [et al.]. Evaluation Indexes and methods of energy-efficient buildings. A: *Proceedings of the ASME 3rd International Conference on Energy Sustainability 2009*, 2009.

⁴⁵ Ye, X. [et al.]. Investigation for energy consumption and analysis for energy-efficient buildings. A: *Proceedings of 2009 US-EU-China Thermophysics Conference-Renewable Energy Sustainability 2009*. 2009.

⁴⁶ Ma, Yuan. [et al.]. Study on power energy consumption model for large-scale public building. A: *Proceedings 2010 2nd International Workshop on Intelligent Systems and Applications*. 2010.

⁴⁷ Ma, Xudong. [et al.]. Supervisor and energy management systems of large public buildings. A: *IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA)*. 2010.

⁴⁸ Tian, P. [et al.]. Survey on energy consumption and indoor thermal environment of University Building in Changsha, Xina. A: *Proceedings 6th International Symposium on Heating, Ventilating and Air Conditioning, (ISHVAC)*. 2009.

També hem limitat el buidat de les revistes científiques relacionades amb sostenibilitat, eficiència energètica i edificació, als darrers tres anys, ja que el sistema de referències d'articles relacionats i la disposició de la majoria d'ells en xarxa, permet fer la consulta de documents previs o antecedents de manera fàcil, i també perquè ha estat en els darrers anys en els quals les línies de recerca en aquests àmbits s'han intensificat.

Hem consultat, per a la redacció d'aquest projecte de tesi, articles relacionats amb les propostes legislatives de diferents països, dins el marc de la Unió Europea i bàsicament de l'arc mediterrani, per tal de poder contrastar-les amb les del nostre país, tenint en compte les similituds i diferències estructurals com poden ser el clima, els paràmetres de confort exigibles en els edificis, la gestió dels edificis públics, etc.

En aquesta línia, es troben articles dins l'àmbit de la Mediterrània que investiguen en com acotar o regular les condicions de climatització per estalviar energia a Romania⁴⁹; o les característiques del comportament energètic dels edificis residencials existents a Xipre, de cara al compliment de la Directiva Europea del 2002⁵⁰.

A França, s'ha treballat en sistematitzar la gestió dels sistemes energètics en els edificis⁵¹, en mostrar el desenvolupament urbà de les ciutats mediterrànies com una lliçó de sostenibilitat⁵², o en el desenvolupament d'eines multicritèria per optimitzar les rehabilitacions d'edificis⁵³.

Les experiències consultades pel que es fa a Itàlia passen per l'aplicació de test per detectar les possibilitats de millora dels edificis⁵⁴, avaluar l'impacte que tenen les polítiques en clau energètica⁵⁵, treballar en casos concrets per avaluar l'eficiència energètica com a actuació urbana⁵⁶, o el desenvolupament de metodologies per a una correcta i eficient gestió energètica per part de les administracions públiques⁵⁷.

Dels grups de recerca espanyols, podem fer referència, entre altres, als treballs que es duen a terme en la reglamentació dels requeriments dels sistemes de calefacció, ventilació i condicionament climàtic HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning) en edificació, realitzats pel Grup de Termotècnia de l'Escola Superior d'Enginyers de la

⁴⁹ Poputoaia, D.; Bouzarovski, S. Regulating district heating in Romania: Legislative challenges and energy efficiency barriers. *Energy Policy*, 2010, vol. 38, núm. 7, p. 3820-3829.

⁵⁰ Panayiotou, G.P. [et al.]. The characteristics and the energy behaviour of the residential building stock of Cyprus in view of Directive 2002/91/EC. *Energy and Buildings*, 2010, vol. 42, núm. 11, p. 2083-2089.

⁵¹ Paris, B. [et al.]. Heating control schemes for energy management in buildings. *Energy and Buildings*, 2010, vol. 42, núm. 10, p. 1908-1917.

⁵² Salat, S.; Nowacki, C. The Mediterranean urban development: a Lesson of sustainability for the world. *International Journal of Sustainable Development*, 2011, vol. 14, núm. 1-2, p. 3-15.

⁵³ Chantrelle, F. [et al.]. Development of a multicriteria tool for optimizing the renovation of buildings. *Applied Energy*, 2010.

⁵⁴ Tronchin, L.; Fabri, K. A Round Robin Test for buildings energy performance in Italy. *Energy and Buildings*, 2010, vol. 42, núm. 10, p. 1862-1877.

⁵⁵ Arbolino, R.; Rostirolla, P. *International Journal of Sustainable Development*, 2010, vol. 13, núm. 1-2, p. 31-44.

⁵⁶ Massimo, D.E. Valuation of urban sustainability and building energy efficiency: A case study. *International Journal of Sustainable Development*, 2009, vol. 12, núm. 2-4, p. 223-247.

⁵⁷ Capobianchi, S. [et al.]. Methodology development for a comprehensive and cost-effective energy management in public administrations. A: *Proceedings of the 4th Asian Conference on Power and Energy Systems (AsiaPES)*, 2010.

Universitat de Sevilla⁵⁸; o des de la recerca en edificació, els treballs que es desenvolupen en l'avaluació i selecció de les millors solucions de coberta⁵⁹ des del punt de vista del seu comportament enfront les precipitacions⁶⁰ o l'ús de materials amb canvi de fase per a rehabilitació de façanes⁶¹.

En aquest darrer camp de recerca, he de destacar que recentment, el Ministerio de Ciencia e Innovación ens ha concedit, dins el Plan Nacional de I + D+ i (2008-2011), l'ajut per desenvolupar el projecte "*Mejora de la eficiencia energética en edificios mediante el almacenamiento de energía térmica*" (IEEB-TES), liderat per Ana Inés Fernández Renna, de la Universitat de Barcelona (UB) i en el que participo com a membre investigador per part de la UPC.

Hi ha també una abundant literatura científica relacionada amb l'objecte de la nostra recerca desenvolupada en altres països de la Unió Europea que ens serviran com a referents, tenint en compte que el compliment de les Directives europees ens són comuns, però que tenen factors estructurals com el clima, els models edificatoris o les estratègies de desenvolupament sostenible o de rehabilitació del parc existent, molt diferents a les del nostre entorn més proper. És el cas dels treballs duts a terme a Bèlgica, Regne Unit, Hongria o Suècia, entre altres, i que tracten des de les mesures polítiques en qüestions d'eficiència energètica, a les ciutats "verdes", l'ús de sistemes intel·ligents de monitorització i mesura, modelització de consums en el sector domèstic; etc.

⁵⁸ Pérez-Lombard, L. A review of HVAC systems requirements in building energy regulations. *Energy and Buildings*, 2010. Article en premsa.

⁵⁹ Machado, M.; Brito, C; Neila, J. La cubierta ecológica como material de construcción. *Informes de la construcción*, 2000, vol. 52, núm. 467, p.15-29

⁶⁰ Farreny, R. Roof selection for rainwater harvesting: Quantity and Quality assessments in Spain. *Water Research*, 2011.

⁶¹ Cabeza, L. Thermal energy storage with phase change materials in building envelopes. *Contributions to Science*, 2007, vol. 3, núm. 4, p. 501–5102007. Disponible a: <http://repositori.udl.cat/handle/10459.1/41470>

5 Metodologia

5.1 Plantejament del problema, postulats i hipòtesi

Tal i com hem vist en l'estat de l'art, l'eficiència energètica en edificació existent és una preocupació d'abast global que, en el cas dels països altament dependents com són els de la ribera nord de la Mediterrània (amb consums molt elevats en el cas d'Itàlia i Espanya, per exemple, i també és cert que amb altes exigències de confort) es mostra amb més intensitat. Les estratègies dels governs, tant estatals com municipals, se centren en la reducció dels consums a partir de millorar l'eficiència energètica dels edificis, potenciar l'estalvi, limitar la demanda i premiar les actituds sostenibilistes.

Però per implementar aquestes estratègies cal focalitzar el problema, anar de la situació general a les accions concretes (i a l'inrevés) i definir les línies d'actuació més eficaces per assolir els objectius proposats. És en aquesta direcció que es presenta aquest projecte de tesi, circumscriuint el problema als edificis escolars existents, construïts en moments en que la tecnologia edificatòria i els sistemes energètics no eren tan exigents ni eficients com els actuals, la consciència de l'impacte ambiental no era una prioritat en la presa de decisions i que, en conseqüència, mostren unes deficiències i també unes possibilitats de millora que, en alguns casos poden significar estalvis de fins al 50% en els consums energètics.

Per aconseguir doncs els objectius de reducció del consum energètic associat a l'edificació existent i en el nostre cas en els edificis d'ús docent de Barcelona, hem utilitzat l'anàlisi sistèmica, entenent el sistema com el "conjunt d'elements que relacionats entre si contribueixen a determinat objectiu"⁶² i entenent l'anàlisi sistèmica com "la comprensió d'un problema complex des de l'enteniment dels components particulars i els patrons relacionats entre ells"⁶³.

Aquest és un mètode d'anàlisi especialment adequat per a la resolució dels problemes relacionats amb la sostenibilitat des de les seves dimensions social, econòmica, ambiental i institucional, ja que es generen fortes interrelacions entre les diferents dimensions del problema (usuaris/consum, per exemple) a més de les dificultats per avaluar el punt òptim dels sistemes (forçar l'estalvi energètic sense comprometre el confort, en el nostre cas)⁶⁴.

A partir d'aquest posicionament de treball, es defineixen els postulats del projecte de tesi

⁶² *Diccionario de la Lengua Española* [en línia]. [Consulta: 23 maig 2011]. Disponible a: <http://www.rae.es>

⁶³ Villate, C.; Tamayo B. *La práctica de la arquitectura como racionalización sistémica*. 2010 [en línia]. [Consulta: 13 maig 2011]. Disponible a: <http://dearg.uniandes.edu.co>

⁶⁴ Felipe de, J. J.; Sureda, B. *La medida y modelización de la sostenibilidad: Caso de estudio "La huella ecológica y los escenarios de futuro de la ciudad de Terrassa"* [en línia]. [Consulta: 27 maig 2011]. Disponible a: <http://upcommons.upc.edu/revistes/handle/2099/9518>

Cal conèixer l'estat del parc escolar edificat per dimensionar les oportunitats de millora i identificar les línies d'actuació.

En el nostre cas cal començar recollint tota la informació disponible des de les diferents institucions que gestionen els edificis escolars de la ciutat i que en el cas de Barcelona es troben mancomunades en el Consorci d'Educació de Barcelona (CEB) que és "un instrument de cogestió i descentralització, en un marc de col·laboració institucional, que representa la voluntat de la Generalitat de Catalunya i l'Ajuntament de Barcelona de treballar plegats per a la millora dels serveis als centres educatius i a la ciutadania a través d'una única xarxa educativa"⁶⁵ constituït legalment pel Decret 84/2002 del Govern de la Generalitat del 5 de febrer de 2002 i que funciona segons el següent organigrama:

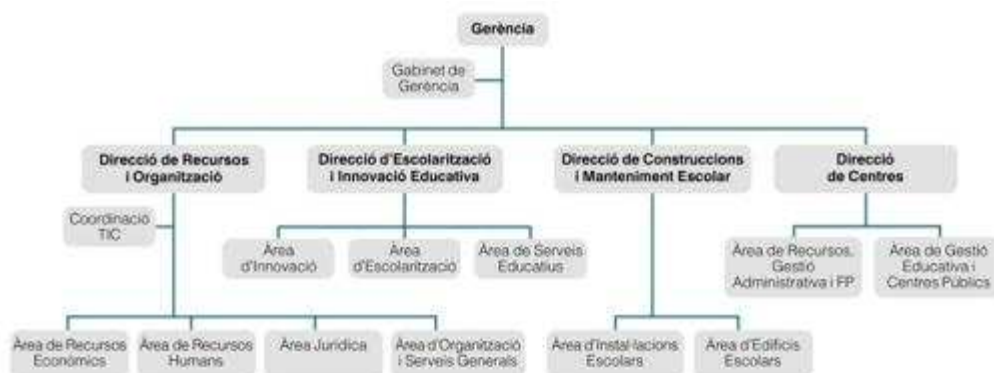


Fig. 38 Organigrama del Consorci d'Educació de Barcelona. Font CEB.

En l'organigrama s'observa que existeix una Direcció de Construccions i Manteniment Escolar que es desplega en dues Àrees: l'Àrea d'Instal·lacions Escolars i l'Àrea d'Edificis Escolars que són les que disposen del cens escolar de la ciutat i, en teoria, dels reculls històrics de consums. Per experiències prèvies, s'ha comprovat que les dades que es proporcionen des del CEB no estan encara uniformades, són disperses, difícilment comparables i en conseqüència cal fer un treball metòdic de gestió.

Després de la sol·licitud realitzada a l'Agència d'Energia de Barcelona de les dades necessàries per a dur a terme el projecte de tesi, la resposta rebuda va introduir algunes noves variables: les dades que l'agència té actualment en quant a consums energètics es van recollir en el seu dia per a l'elaboració del Pla d'Energia, Canvi Climàtic i Qualitat de l'Aire de Barcelona (PECQ) i el Pla d'Estalvi i Millora Energètica d'Edificis i Equipaments Municipals (PEMEEM), inclòs en el PECQ, això vol dir que són dades de l'any 2008.

Són dades de facturació, ja que els edificis escolars de Barcelona no disposen de comptadors addicionals als de companyia. En alguns casos faltaven lectures d'alguns mesos per la qual cosa els valors de consum d'aquests mesos es van fer estimativament per tal d'acabar tenint valors de consums anuals.

Alguns centres educatius no disposen de dades i en el document no està clar que hi figurin la totalitat de centres que hi ha a Barcelona per la qual cosa caldrà contrastar-ho amb el Consorci d'Educació de Barcelona. També podria ser que, en alguns casos,

⁶⁵ GENERALITAT de Catalunya. *Consorci d'Educació de Barcelona* [en línia]. [Consulta: 25 abril 2011]. Disponible a: <http://www.edubcn.cat/ca/el_consorci/que_es_el_ceb>

el consum no es pugui assignar a un sol equipament ja que alguns edificis i equipaments municipals comparteixen escomesa i, del consum assignat a un CEIP, una part s'ha d'imputar, posem per cas, a un IES que està al costat amb la dificultat afegida que no hi ha manera de saber quina part va a cada equipament. Per solucionar aquest problema existeix, per part de l'Agència d'Energia, el projecte de monitoratge energètic d'edificis municipals que s'està portant a terme i pel qual s'estan instal·lant comptadors elèctrics addicionals per discriminar els consums entre equipaments en casos com els esmentats.

Les dades de les superfícies dels edificis no estan identificades amb un any de referència, i pot haver hagut ampliacions o reformes que hagin modificat aquesta dada; en els casos en que es comparteix escomesa, sovint no hi ha indicacions de quina part de la superfície és d'un equipament i quina de l'altre.

Finalment, segons ens ha informat l'Agència d'Energia de Barcelona, les adreces que figuren en el document subministrat són les que figuren en les pòlisses de gas natural i/o electricitat i no tenen perquè coincidir amb l'adreça de correu postal de l'equipament ja que, a vegades, les escomeses entren a l'edifici per un carrer que no és el de l'entrada principal; els edificis s'identifiquen amb el BIM que és el número de Bé Inmoble Municipal, i és una espècie de DNI per identificar els edificis dins l'Ajuntament.

En total, el document subministrat per l'Agència recull informació de consums de 237 centres escolars, entre CEIPs (Centre Educatiu Infantil i Primària) i IESs (Institut Estudis Secundaris) i altres 112 centres dels quals no es disposa de suficients dades o aquestes es troben incompletes o confoses. El full de càlcul recull informació sobre els següents valors: el codi BIM (Bé Inmoble Municipal); el codi d'ús que diferencia entre CEIPs i IESs; el nom del centre, l'adreça, qui gestiona l'edifici, el districte en el que es troba, la superfície en m², el consum d'electricitat en kWh i el consum de gas en kWh.

Seria bo poder arribar a disposar d'informació detallada dels edificis escolars en els que es detectin els consums relatius més alts, a partir de les lectures mensuals i, si és possible amb lectures horàries si es disposa dels aparells necessaris o si l'escola disposa d'un sistema de monitorització de consums. A partir d'aquestes dades es poden realitzar taules de consums diàries, setmanals i mensuals, i d'aquesta manera identificar de manera precisa les possibles disfuncions o sobreconsums.

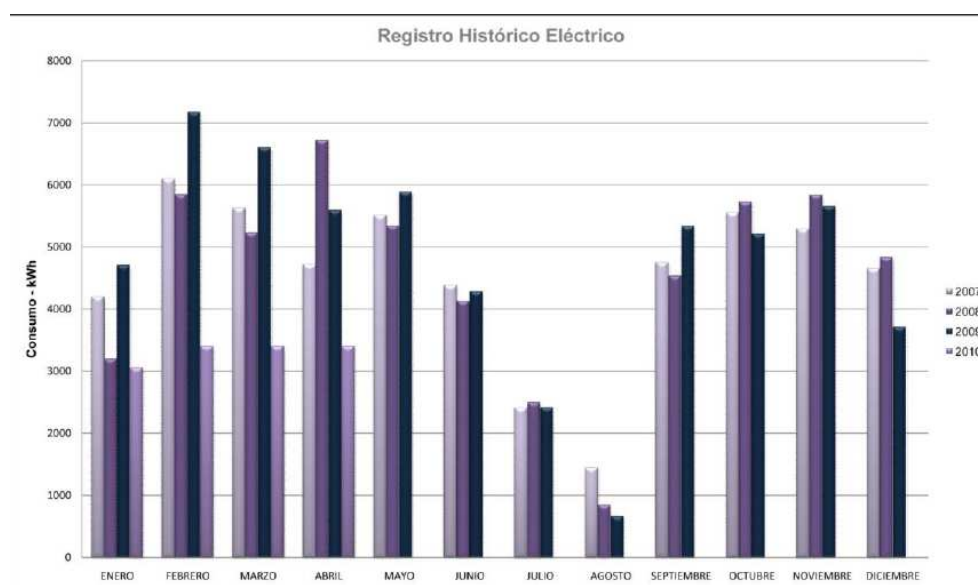


Fig. 39 Registres de consums mensuals dels darrers tres anys en el CEIP "La Sedeta". Font Di Pizzo

Per altra banda està la necessitat de definir totes les dades arquitectòniques i edificatòries en quant a les transmissiòniques dels diferents elements de l'envolvent, els percentatges de forats per a cadascuna de les orientacions, les càrregues internes dels espais interiors, així com la classe d'higrometria, etc.

Coefficient de transmissió tèrmica, segons el CTE

W/m ² · k	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E
Façanes	1,22	1,07	0,95	0,86	0,74
Terres	0,69	0,68	0,65	0,64	0,62
Cobertes	0,65	0,59	0,53	0,49	0,46
Obertures	5,7 a 3,4	5,7 a 2,7	4,40 a 2,2	3,5 a 1,9	3,1 a 1,9
Mitgeres	1,22	1,07	1,0	1,0	1,0
Interiors	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2

Fig. 40 Taula resum de les transmissiòniques a complir pels elements de l'envolvent que, en el cas de Barcelona corresponen a la Zona Climàtica C2

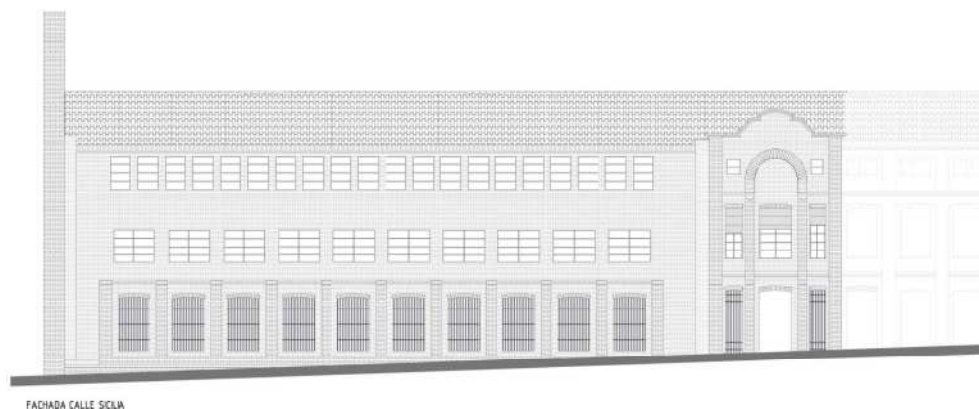


Fig. 41 Exemple d'aixecament planimètric per a caracteritzar la façana del Centre Educatiu "La Sedeta". Font: Di Pizzo

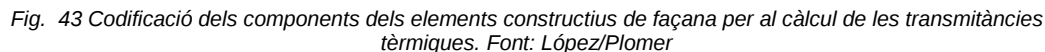


Fig. 44 Codificació dels elements de forats en façana i verificació de les transmissàncies tèrmiques, factors solars i factors solars modificats. Font López/Plomer

55

consums excessius dels edificis escolars i es vol aprofundir en la despesa energètica discriminant els usos. En molts dels edificis analitzats i auditats energèticament, s'han detectat problemes en la sectorització dels sistemes de calefacció, que impedeixen regular les temperatures de manera diferenciada en diferents espais que disposen d'unes condicions ambientals molt diverses. Per exemple, i com es mostra en la fig. 45 la Biblioteca Vapor Badia de Sabadell tenia una zona de lectura amb una càrrega interna elevada degut a l'afluència d'usuaris i a la qual s'afegia la incidència solar durant moltes hores del dia degut a la seva ubicació tocant a la façana oest. El fet de no tenir separada la gestió de temperatures entre aquesta zona i la resta generava problemes de desconfort i una despesa excessiva en aire condicionat.



Fig. 45 Anàlisi de les condicions de confort en la Biblioteca Vapor Badia de Sabadell. Font Jordi Martí.

Una tercera línia de treball obliga a la recollida de dades dels elements d'enllumenat, que sovint també tenen problemes de sobredimensionat. Per a dur a terme aquestes lectures reals dels nivells d'il·luminació es pot fer ús de luxòmetres, que registren els lux sobre les superfícies de treball de les aules i altres estances i, a partir d'aquestes lectures, realitzar els plànols de corbes d'intensitat o a partir d'escapes de color.

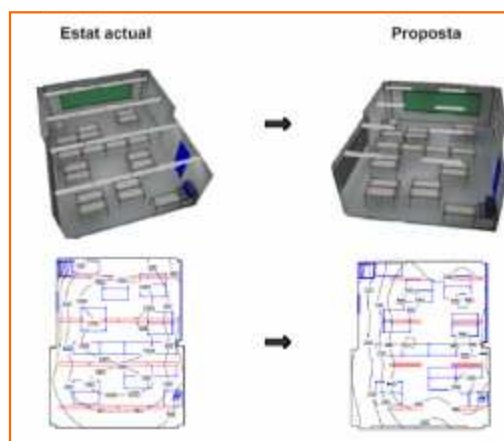


Fig. 46 Exemple d'aula sobre il·luminada en la qual es pot reduir el nombre de làmpades a la meitat amb el consegüent estalvi energètic. Font pròpia.

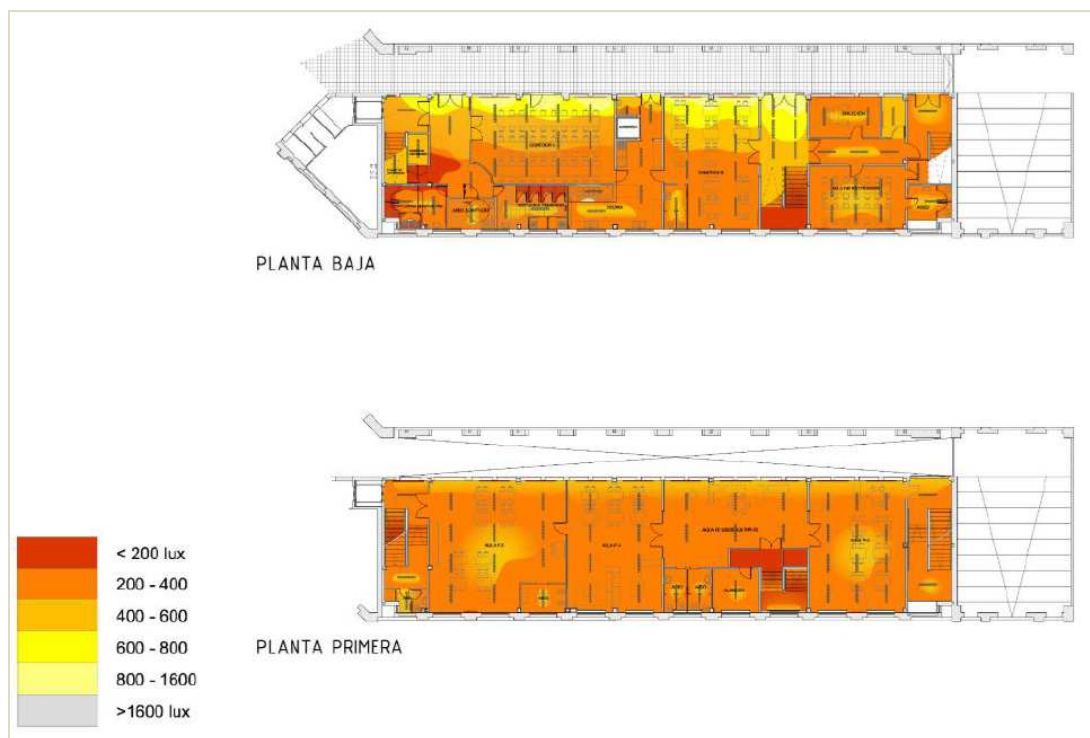


Fig. 47 Plànol amb nivells d'il·luminació a partir d'una escala de color en dues plantes del CEIP "La Sedeta". Font Di Pizzo

Finalment hi ha una informació que s'ha de verificar en visites al propi centre educatiu i que fan referència als usos dels espais, les percepcions de confort dels usuaris del centre, les pautes de gestió dels sistemes, la implicació dels caps de manteniment dels edificis, etc. Part d'aquesta tasca implica una recerca d'informació que s'obté a partir d'enquestes als diferents usuaris del centre, i que es discriminarà entre professorat, alumnat i personal d'administració i serveis.

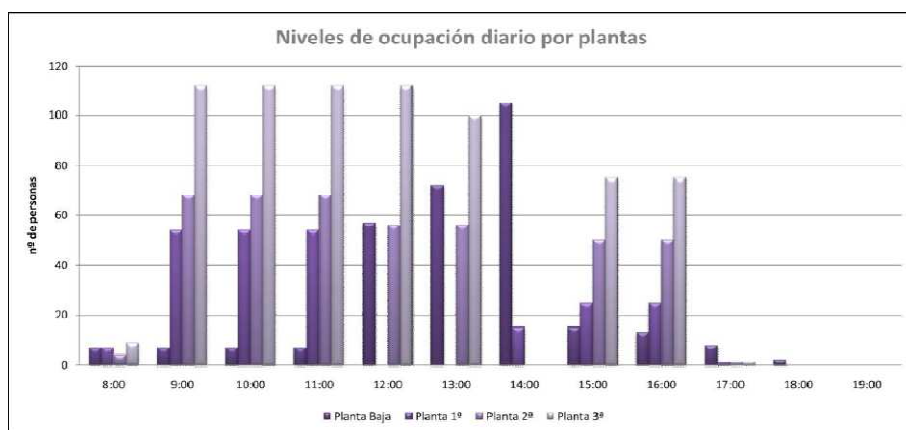


Fig. 48 Nivells d'ocupació de les diferents plantes de l'edifici escolar "La Sedeta". Font Di Pizzo.

ESCOLA BRESSOL ESPRONCEDA						
Qüestionari avaluació del confort en l'ús	😊	😐	☹️	?	comentaris	
La climatització a l'espai de treball						
Existeix termostat en el espai						
La temperatura a l'estiu està a 25°C						
La temperatura a l'hivern està a 20°C						
A l'hivern cal obrir finestres per excés de calor						
L'espai s'escalfa amb radiació solar						
L'espai s'escalfa amb combustible gas						
L'espai s'escalfa amb energia elèctrica						
Les finestres són estanques						
La finestra està encarada a sud						
La finestra està encarada a nord						
La finestra està encarada a est						
La finestra està encarada a oest						
Les finestres disposen de persianes						
La caixa de persiana està aïllada i és estanca						
Les persianes es poden pujar/baixar per l'usuari						
Les finestres disposen de cortines						
A l'estiu cal portar jaqueta						
L'espai disposa de ventilador de sostre						
L'espai disposa de ventilador de peu o de taula						
La calefacció és centralitzada de gas						
Els radiadors tenen claus pròpies						
Els radiadors tenen vàlvules termostàtiques						
Els radiadors estan coberts pel mobiliari						
Es disposa de calefacció elèctrica						
Es disposa de calefacció per terra radiant						
La il·luminació de l'espai de treball						
Existeixen bombetes d'incandescència						
Les bombetes d'incandescència es canvien per bombetes de baix consum						
Existeixen làmpades de fluorescent compacte						
Existeixen tubs fluorescents						
S'apaguen les llums quan no són necessàries						
S'apaguen els aparells elèctrics quan no es fan servir						
Es fa un manteniment o neteja d'aparells						
La qualitat ambiental						
L'espai disposa de ventilació natural						
Es té cura de ventilar l'espai (10 minuts/dia)						
Els residus						
Separes els residus						
Paper i cartró						
plàstic, metall						
tintes d'impressores						
piles						
Dónes un segon ús al material d'oficina						
Utilitzes els sobres de correu intern						
Es gestiona el retorn dels sobres de correu intern						
Els aparells electrònics						
S'utilitzen aparells a piles						
Els ordinadors són portàtils						
Els ordinadors estan sempre encesos						
Les impressores són làser						
Les impressores són de gotes de tinta						
Els desplaçaments						
Fas servir l'ascensor per a 1 o 2 plantes						
El desplaçament al lloc de treball el fas a peu						
El desplaçament al lloc de treball el fas en bici						
El desplaçament al lloc de treball el fas en transport públic						
El desplaçament al lloc de treball el fas en cotxe						
El trajecte en cotxe és inferior als 3-5 Km						
El desplaçament al lloc de treball el fas en moto						
El desplaçament al lloc de treball el fas en cotxe						

Fig. 49 Exemple de qüestionari per als usuaris dels centres educatius realitzat per l'estudi dels CEIPs de Sabadell.
Font pròpia.

Com es pot comprovar, el volum de dades a recollir pot desbordar els objectius del projecte de tesi, i en conseqüència, és imprescindible realitzar, a partir d'una primera lectura bàsica dels edificis el que anomenem el prediagnòstic, que és la primera fase de tot el procés, i que està orientat a descobrir les disfuncions energètiques presents en un edifici de manera ràpida i orientativa a partir de l'anàlisi comparat.

Es el cas dels equipaments municipals de Sabadell, per exemple, es va realitzar el prediagnòstic en funció de la informació disponible.

- **Nivell 1:** Anàlisi del consum de recursos a partir de les dades proporcionades per l'Ajuntament de Sabadell
- **Nivell 2:** Anàlisi del consum de recursos per tipologies d'ús
- **Nivell 3:** Anàlisi del consum de recursos per edificis.

D'acord amb la valoració de cadascun dels nivells analitzats es poden definir possibles línies d'actuació "genèriques":

- Actuacions relacionades amb el tipus de recurs energètic que es consumeix:
 - o Substitució de fonts energètiques.
 - o Incorporació d'energies renovables.
- Actuacions relatives a la gestió dels recursos:
 - o Xarxa de seguiment del consum de recursos.
- Actuacions específiques en els edificis:
 - o Auditories energètiques
 - o Anàlisi de la qualitat de l'aire interior

Caldrà doncs fer aquest pre-diagnòstic a partir de les dades que proporcioni el CEB i de les polítiques energètiques que tinguin definides les administracions i els propis centres educatius.

A partir d'aquest moment s'inicia el procés pròpiament dit de l'anàlisi de dades, que és la primera fase de tot l'exercici procedimental, i de la qual depèn el bon resultat i la fiabilitat que se'n puguin derivar en les següents fases del treball. Així, seria bo que l'accessibilitat a les diferents fonts d'informació sigui facilitada al màxim pels gestors i diferents usuaris dels edificis.

En relació a la qualitat de la informació que es podrà recollir hem considerat que es poden establir tres tipus d'accessibilitat:

- **Accessibilitat a nivell bàsic NB:** pels edificis amb escassa informació o dades que cal verificar.
- **Accessibilitat a nivell mitjà NM:** pels edificis amb disponibilitat de dades parcial i de les que ha de millorar-se la quantitat i la qualitat.
- **Accessibilitat a nivell detallat ND:** pels edificis amb gran disponibilitat de dades, de bona qualitat, i que només cal constatar.

També s'han de diferenciar els tipus de dades recollides com a "**dades estàtiques**" i "**dades dinàmiques**" segons les modificacions que registren al llarg del temps. Així, tenim les característiques arquitectòniques de l'edifici, que en principi no variaran i que es consideren "estàtiques", mentre que la intensitat d'ús o les condicions de confort d'un edifici es consideren "dinàmiques". Fem aquesta diferenciació perquè cadascuna

d'aquestes dades necessita d'un treball de camp diferent i haurà de reflectir-se, també, en uns formats de documents específics.

Com ja ha estat exposat, el procés d'aixecament de dades té com a objectiu recollir tota aquella informació de l'edifici que ens permeti entendre com funciona, en quines condicions es troba, i quins consums de recursos està generant. Per aquest motiu hem de distingir clarament el que seran: “**dades arquitectòniques**”, que ens ajudaran a entendre com funciona l'edifici envers l'entorn (l'orientació, el volum, o les ombres que es produeixen sobre la façana, per exemple); “**dades constructives**”, que han de donar-nos la informació sobre com treballa l'edifici per si sol i quin paper té l'envolvent en el balanç energètic (la disposició de les obertures, els tipus de tancaments, els materials que hi intervenen...); i les “**dades referides a les instal·lacions**”, com els tipus de sistemes de refrigeració i calefacció, si existeix sectorització de xarxes, o la qualitat lumínica assolida, etc.

Finalment hi ha una valoració de les dades que es recullen que nosaltres diferenciem entre **quantitat** i **qualitat**. Per tal d'implementar la quantitat de dades, sota criteris raonables, es pot: millorar la informació que ofereixen els plànols disponibles de l'edifici, realitzar seccions constructives, fer fotografies, i en casos concrets realitzar cales. Un cop s'ha tingut accés al màxim de dades cal millorar-ne la qualitat, el que aconseguirem transformant a formats digitals els plànols en suport paper, fent enquestes als usuaris de l'edifici per a detectar conflictes o desconforts, etc.

Cal senyalar que, la diversitat d'edificis i per tant de realitats no és una dificultat, ans el contrari, és un condicionant ineludible que permet ampliar les metodologies d'anàlisi i a la vegada enriqueix les propostes d'actuació.

Les dades que recollim en origen i les que puguem aconseguir durant els aixecaments que calgui realitzar són determinants ja que marcaran la direcció en que hem d'enfocar el procés d'anàlisi complet, la direcció de les nostres conclusions i ens permetran també albirar les propostes d'intervenció que se'n puguin derivar. Cal, això sí, ser realistes i procurar ajustar-se a les possibilitats i peculiaritats de l'edifici a estudiar per tal d'extreure'n el màxim profit de les seves singularitats.

Per poder realitzar un estudi de detall de les condicions i consums d'un conjunt d'equipaments públics, com són els edificis escolars, cal fer una sistematització de la informació dels consums energètics i d'aigua seguint les següents actuacions:

1. establiment del criteri de recollida de dades;
2. sistematització de la recollida de dades mitjançant la definició d'un procediment de gestió de la informació adient;
3. i creació d'una base de dades que subministra i permet la consulta de la informació.

A partir del tractament de les dades es pot fer l'estudi comparatiu de consums pels diferents edificis i, tenint en compte que tots es troben ubicats dins un mateix municipi, amb condicions climàtiques molt similars, es pot establir uns criteris generals d'avaluació i diagnosi dels edificis així com detectar quins d'ells han de ser estudiats amb més detall.

Com a exemple, presentem la comparativa que, entre els Centres Educatius Infantil i Primària CEIPs de Sabadell (Vallès Occidental), es va fer a partir de les lectures de consums proporcionades per la Regidoria de Medi Ambient i Sostenibilitat del propi Ajuntament i que queden resumides en les següents taules que recullen, per una banda els consums en kWh dels diferents Centres educatius en la Taula de la fig. 50, i

la repercussió de consum per m² en la taula de la fig. 51. Aquesta segona taula permet comparar més objectivament els consums ja que, és evident que un edifici més gran ha de consumir més energia per garantir els paràmetres de confort.

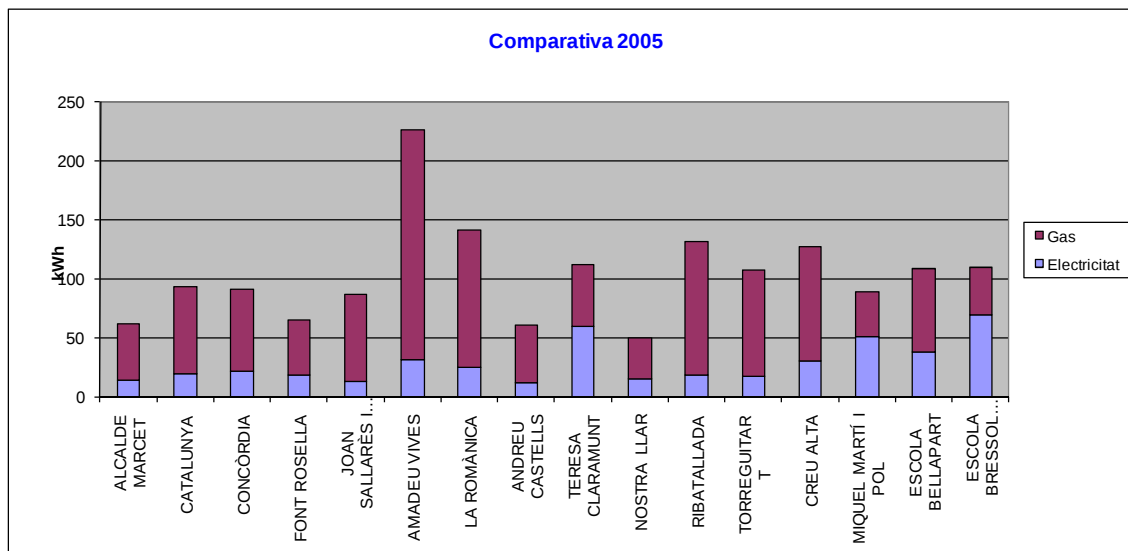


Fig.50 Comparativa de consums de diferents CEIPs de Sabadell. Font pròpia

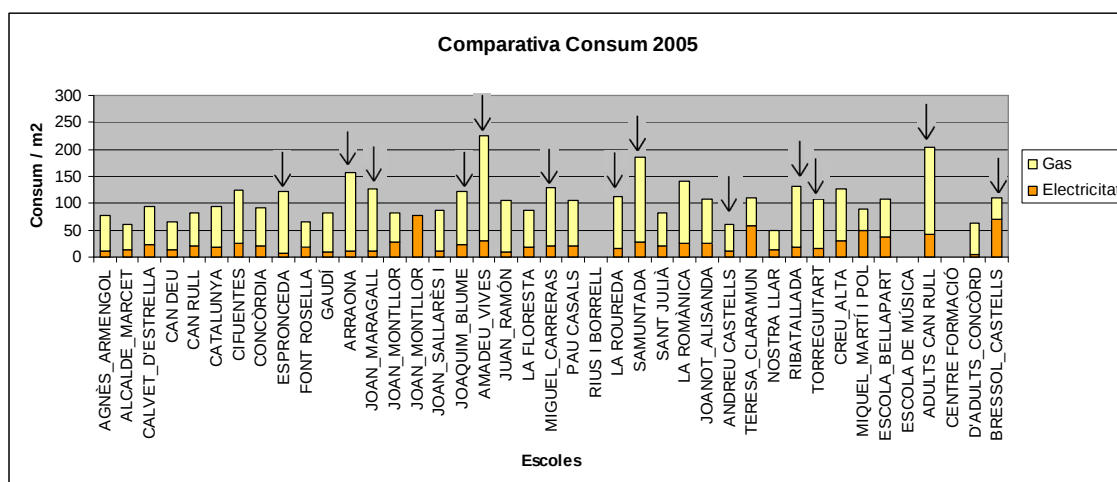


Fig. 51 Comparativa de consums de diferents CEIPs de Sabadell, en la que s'indiquen els estudiats en detall. Font pròpia

Les taules comparatives es van realitzar per diferents anys (2002 fins 2006) ja que es disposava d'aquestes dades, i aquesta lectura per antiguitats també va permetre detectar si algun edifici havia canviat les seves pautes de consum de manera significativa i, quan era així, si hi havia algun motiu justificat per a que així fos.

D'aquestes primeres gràfiques comparatives i de la seva anàlisi, es poden establir els criteris per identificar els diferents edificis que han de ser objecte d'una lectura més detallada de la informació, així com d'una visita exhaustiva per tal de determinar els factors que intervenien en la seva singularitat. En la Taula de la fig. 51 estan senyalats els CEIPs que es van detectar, en el seu moment, com a necessitats d'una anàlisi més detallada.

Procediment

Si seguim la metodologia descrita anteriorment, i centrant-nos en l'exemple dels edificis escolars de Sabadell, el nivell d'accessibilitat a les dades dels diferents edificis es va considerar, en general, com de Nivell Mitjà, ja que les dades disponibles eren parcials i calia millorar-ne la quantitat i la qualitat. Les dades estàtiques, entre les que es contemplen les arquitectòniques i constructives, eren en molts casos d'un nivell bàsic: jocs de plànols incomplets o inexistents, en format còpia paper de baixa qualitat, i sense seccions constructives ni memòries de qualitats.

Aquest fet és habitual quan abordem treballs d'actuacions en edificis públics, tant siguin municipals com de qualsevol altra administració, ja que la informació es troba dispersa entre els diferents equipaments municipals, alguns jocs de plànols es conservaven en els arxius dels propis edificis, altres són còpies antigues que no recullen les diferents reformes, modificacions o ampliacions dutes a terme en el decurs dels anys, etc. Sovint, aquestes reformes i intervencions han anat canviant la fisonomia i l'ús dels espais dels edificis i aquest fet comporta molt sovint canvis també en les necessitats de confort d'espais rehabilitats o d'ampliació de sistemes energètics per donar servei a nous espais.

Així doncs, una primera tasca és l'ordenació dels documents gràfics, i en alguns casos una visita concertada al propi edifici per tal de comprovar i contrastar la informació disponible. Val a dir que les dades arquitectòniques i constructives són fonamentals a l'hora d'establir prioritats d'actuació en els edificis existents, ja que és per l'envolvent que l'edifici es mostra eficient o no, en quant a protecció de la intempèrie i per tant en quant a l'estalvi en el consum de recursos.

A partir de la lectura dels plànols i de les visites realitzades als centres, es pot complimentar de forma bàsica una fitxa de característiques generals de cada edifici.

CARACTERÍSTIQUES GENERALS DE LES EDIFICACIONS

Data:
 Avaluat per:

EDIFICI:

DADOS GENERALS

Tipus:	Superfície total:	Edifici:
--------	-------------------	----------

INFORMACIÓ PLANNÈTICA

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

CARACTERÍSTIQUES DE L'ÚS

Tipus	% del total
Ús principal	0,00%
Ús secundari	0,00%
Ús terciari	0,00%

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet	Observacions
Plànols			
Seccions			
Documentació			
Altres dades			

ANEXES

Tipus	Complet	Incomplet</
-------	---------	-------------

Un cop recollides aquestes dades relacionades amb els consums, també s'ha de caracteritzar, quan sigui possible, els sistemes i aparells que consumeixen energia i amb els que es cobreix la demanda de climatització i il·luminació dels diferents edificis. Així mateix s'ha de distingir entre aquells edificis que consumeixen energia activa i reactiva, o que tenen comptadors diferenciats. etc.

Format d'inventari d'instal·lacions i equips



Ajuntament de Sabadell



UPA

REFICI:

Tipus:

Codi IP:

CDR Seguretat

Bateu reals:

Tipus:

Característiques de les instal·lacions

Element	Quantitat	Potència (W)	Tipus/Model
1. Il·luminació			
a. Il·luminació			
b. Il·luminació			
c. Il·luminació			
d. Il·luminació			
e. Il·luminació			
f. Il·luminació			
g. Il·luminació			
h. Il·luminació			
i. Il·luminació			
j. Il·luminació			
k. Il·luminació			
l. Il·luminació			
m. Il·luminació			
n. Il·luminació			
o. Il·luminació			
p. Il·luminació			
q. Il·luminació			
r. Il·luminació			
s. Il·luminació			
t. Il·luminació			
u. Il·luminació			
v. Il·luminació			
w. Il·luminació			
x. Il·luminació			
y. Il·luminació			
z. Il·luminació			
Potència total		0.000W	

Element	Quantitat	Potència (W)	Tipus/Model
1. FORÇA			
a. FORÇA			
b. FORÇA			
c. FORÇA			
d. FORÇA			
e. FORÇA			
f. FORÇA			
g. FORÇA			
h. FORÇA			
i. FORÇA			
j. FORÇA			
k. FORÇA			
l. FORÇA			
m. FORÇA			
n. FORÇA			
o. FORÇA			
p. FORÇA			
q. FORÇA			
r. FORÇA			
s. FORÇA			
t. FORÇA			
u. FORÇA			
v. FORÇA			
w. FORÇA			
x. FORÇA			
y. FORÇA			
z. FORÇA			
Potència total		0.000W	

2. ACONDICIONAMENT CLIMÀTIC - Generació de Calor

Element	Quantitat	Potència (W)	Tipus/Model
a. Generació de Calor			
b. Generació de Calor			
c. Generació de Calor			
d. Generació de Calor			
e. Generació de Calor			
f. Generació de Calor			
g. Generació de Calor			
h. Generació de Calor			
i. Generació de Calor			
j. Generació de Calor			
k. Generació de Calor			
l. Generació de Calor			
m. Generació de Calor			
n. Generació de Calor			
o. Generació de Calor			
p. Generació de Calor			
q. Generació de Calor			
r. Generació de Calor			
s. Generació de Calor			
t. Generació de Calor			
u. Generació de Calor			
v. Generació de Calor			
w. Generació de Calor			
x. Generació de Calor			
y. Generació de Calor			
z. Generació de Calor			
Potència total		0.000W	

3. ACONDICIONAMENT CLIMÀTIC - Generació de Froid

Element	Quantitat	Potència (W)	Tipus/Model
a. Generació de Froid			
b. Generació de Froid			
c. Generació de Froid			
d. Generació de Froid			
e. Generació de Froid			
f. Generació de Froid			
g. Generació de Froid			
h. Generació de Froid			
i. Generació de Froid			
j. Generació de Froid			
k. Generació de Froid			
l. Generació de Froid			
m. Generació de Froid			
n. Generació de Froid			
o. Generació de Froid			
p. Generació de Froid			
q. Generació de Froid			
r. Generació de Froid			
s. Generació de Froid			
t. Generació de Froid			
u. Generació de Froid			
v. Generació de Froid			
w. Generació de Froid			
x. Generació de Froid			
y. Generació de Froid			
z. Generació de Froid			
Potència total		0.000W	

Pla d'Eficiència en el Consum de Recursos a la URC - PECR

Fig. 53 Fitxa d'inventari d'instal·lacions i equips. Font pròpia

Pla d'Eficiència en el Consum de Recursos. **PECR**

64

CARACTERÍSTIQUES DE LES INSTAL·LACIONS
 Il·luminació.

Ajuntament
de Sabadell

EDIFICI:	CEIP Espinosa
----------	---------------

CARACTERÍSTIQUES DE LÀMPARA

1. INCANDESCENTS					
Tipus	Potència	Flux	Número	Potència Total	Flux Total
TOTAL INCANDESCÈNCIA					

2. FLUORESCENTS					
Tipus	Potència	Flux	Número	Potència Total	Flux Total
TOTAL FLUORESCENTS					

3. HALÒGENS / ALTRES					
Tipus	Potència	Flux	Número	Potència Total	Flux Total
TOTAL ALTRES					

ANÀLISIS DEL SISTEMA

NIVELL D'IL·LUMINACIÓ					
Zona	Superfície m ²	Nivell E. Existent	Nivell E. Recomanat	Qualitat	Observacions

Pla d'Eficiència en el Consum de Recursos de la UPC/PECR

Fig. 55 Fitxa d'inventari de les instal·lacions d'il·luminació. Font pròpia

Característiques dels punts de consum

Tipus	Quantitat	Caudal	Coefficient de simultaneïtat	Caudal simultani

Característiques dels dipòsits d'acumulació

Tipus	Quantitat	Volum	Volum total

Característiques d'elements generadors de calor.

Tipus	Quantitat	Potència	Potència Kw	Potència Total

Règim d'utilització

Tipus de servei	Quantitat	Volum d'aigua/ús	Utilització /hora	Volum aigua /hora	Utilització / Dia	Volum aigua /dia

Fig. 56 Fitxa d'inventari de les instal·lacions de subministrament d'aigua calenta sanitària. Font pròpia

I a partir d'aquí es procedeix a extreure uns índex o valors significatius que es concreten en les diferents taules realitzades per a cadascun dels edificis estudiats en detall. Aquests gràfics es poden realitzar de diverses maneres tenint en compte els criteris d'ordenació i els objectius del tractament de les dades, i així, podem realitzar gràfics individuals per edifici o, quan es té la informació de qualitat del conjunt d'equipaments, es poden realitzar els gràfics a partir dels indicadors energètics que s'han definit.

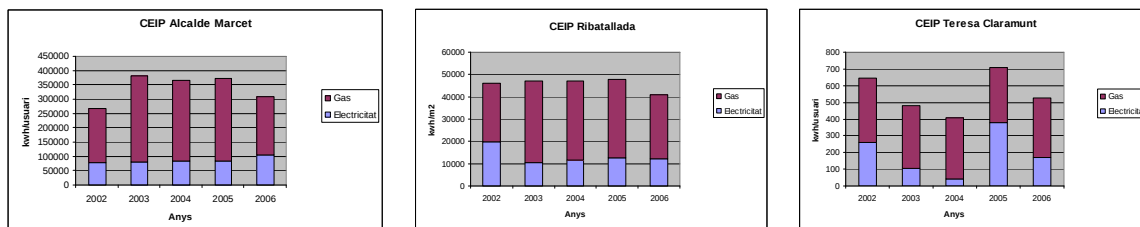


Fig. 57 Exemple de gràfics dels índexs significatius de consum per a un període de 5 anys de diferents centres

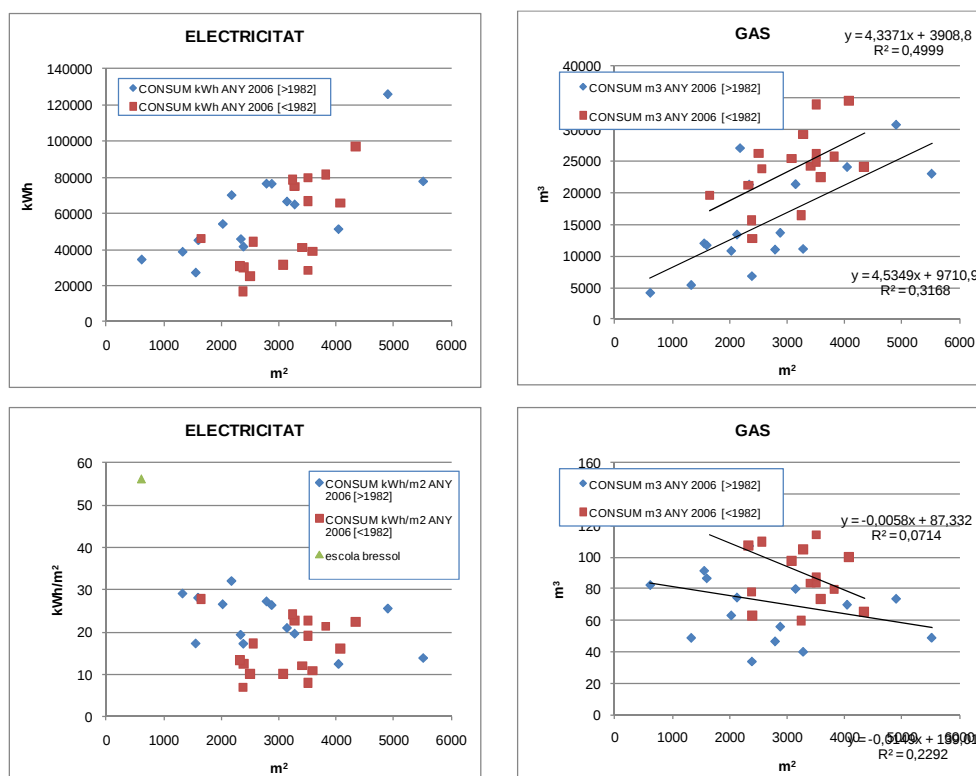
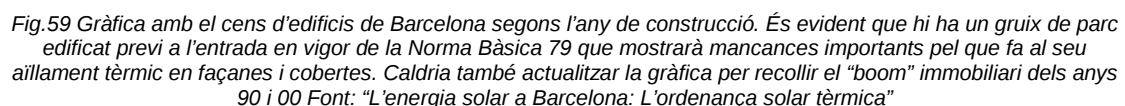


Fig. 58 Consum energètic dels centres educatius de Sabadell en relació a la seva superfície construïda diferenciant els edificis construïts abans de 1982 i els de després per una qüestió de canvi de normativa tèrmica.

Per poder fer una diagnosi de les possibles causes dels consums excessius d'alguns edificis es pot fer a partir de les visites als propis centres per una banda i de les lectures i anàlisi de les dades de consum per l'altre costat. Cal subratllar que, les comparatives s'han de realitzar tenint en compte les diferents tipologies constructives però també tenint en compte que els paràmetres de confort han de ser molt similars, i que les condicions climàtiques i de l'entorn han de ser pràcticament iguals. En el cas dels Centres Educatius de Sabadell, per exemple, es van agrupar els edificis en dos conjunts a partir de l'any de construcció, ja que l'entrada en vigor de la Norma Bàsica

Per a la realització d'aquesta recerca i donat el context geogràfic en el que treballaré, caldrà fer el mateix a partir de l'any 88, ja que a Catalunya es va aprovar la Norma Reglamentària d'Edificació sobre Aïllament Tèrmic NRT-AT-87⁶⁷



1. demostració als gestors i responsables dels edificis de les eines de gestió de dades per tal que les incorporin als seus plans de manteniment;
2. recollida dels suggeriments dels usuaris i gestors dels edificis;
3. redacció d'un Informe Final.

[http://www.itec.es/nouPdf.c/pdfs/Norma%20reglament%C3%A0ria%20d'edificaci%C3%B3%20sobre%20a%C3%AFlament%20t%C3%A8rmic%20NRE-AT-87 ITeC 2004.pdf](http://www.itec.es/nouPdf.c/pdfs/Norma%20reglament%C3%A0ria%20d'edificaci%C3%B3%20sobre%20a%C3%AFlament%20t%C3%A8rmic%20NRE-AT-87%20ITeC%202004.pdf)

A partir dels resultats obtinguts de tota aquesta tasca de recollida metòdica de la informació es pot avançar cap al segon postulat:

Cal introduir els indicadors per analitzar les dimensions mediambientals i dels àmbits de la sostenibilitat

Els indicadors energètics són una eina emprada abastament en tota la literatura científica i ens les plans estratègics d'eficiència energètica que s'han consultat. Per a que una política sigui efectiva, cal definir uns objectius coneguts com a SMART (Specific, Mesurable, Appropriate, Realistic and Timed)⁶⁸ i mesurar el nivell de compliment en termes econòmics i administratius. Les polítiques energètiques i climàtiques han acordat definir els objectius d'eficiència en nivells màxims de consum o en emissions de CO² que s'han d'assolir en un període de temps determinat, i en aquest escenari, es defineixen dos tipus d'objectius:

- Valors absoluts: que defineixen un nivell màxim de consum o d'emissions que s'han d'assolir en un marc temporal determinat;
- Valors relatius: que defineixen el percentatge de reducció de consums o d'emissions que s'ha d'aconseguir en un moment futur en relació als nivells que s'han registrat en un any concret del passat.

Aquest darrer valor és el més utilitzat, i pel que fa a la Directiva 2006/32/EC⁶⁹ s'han establert uns objectius del 9% d'estalvi energètic en 9 anys pels països de la Unió Europea.

Segons l'E4 els principals indicadors utilitzats per analitzar el consum energètic del país, i a petita escala d'un edifici, són:

- El consum energètic: que permet observar l'evolució històrica, discriminar els consums per font energètica i per tant dona una informació comparable entre edificis de característiques i entorns climàtics similars.
- L'activitat: que quantifica el conjunt de necessitats personals i col·lectives; són indicadors d'activitat els usuaris d'un centre escolar o la superfície construïda.
- L'estructura: que defineix les condicions diferents de desenvolupament de l'activitat en un país o zona respecte d'un altre o en el temps, com per exemple, el clima, que afecta la necessitat de calefacció.
- La intensitat energètica, que és la relació entre el consum i l'activitat; és una primera aproximació a l'eficiència energètica ja que quan més petit és el consum pel mateix volum d'activitat o per mes de l'any, més gran sol ser l'eficiència. Aquest indicador cal utilitzar-lo amb una base comuna, per exemple una mateixa activitat (en el nostre cas centres escolars) i un mateix clima (ciutat de Sabadell, Barcelona, etc).
- Consum específic: que en el nostre cas no podem utilitzar perquè relaciona l'energia consumida amb la produïda, en el cas d'una escola hauríem de poder avaluar la qualitat de l'ensenyament, per exemple, per relacionar-la amb l'energia consumida per un centre educatiu.
- Comparació amb altres països, que segons el E4, en el cas de Catalunya són similars a la mitjana dels països de la Unió Europea però que en els últims anys, contràriament al que succeeix en la majoria dels països de l'entorn, ha variat de manera creixent.

⁶⁸ Rietbergen, M.; Bloka, K. Setting SMART targets for industrial energy use and industrial energy efficiency. *Energy Policy*, 2010, vol. 38, p. 4339-4354.

⁶⁹ Directive 2006/32/EC of the European Parliament and of the Council of 5 April 2006 on energy end-use efficiency and energy services and repealing Council Directive 93/76/EEC. *Official Journal of the European Communities*, 2006, vol. 27, p. 64-85.

Existeixen gran quantitat d'indicadors que s'han d'escollir segons l'objectiu de la recerca que s'estigui duent a terme, però segons "Towards a universal energy efficiency index for buildings"⁷⁰, els indicadors han de ser fàcils per a que els usuaris o els gestors en puguin fer ús. Els que existeixen són dispars segons els països, i en el cas d'Espanya, el programa CALENER és un indicador que inclou massa dades i que treballa sobre un edifici de referència fent simulacions. Nosaltres treballem sobre edificis existents, amb els consums reals i amb dades reals, verificades i que, per tant, podem mesurar a partir de:

$$SEC = C(\text{kWh})/A (\text{m}^2)$$

un indicador físic per a cada sector que relaciona el consum d'energia específic (SEC) com el consum (C) amb un indicador d'activitat A.

$$SEC = C(\text{kWh})/A (\text{€})$$

O un indicador monetari que pot servir per mesurar diferents escenaris.

Però aquests indicadors no es poden usar en anàlisi comparatius en eficiència energètica degut a les diferències estructurals (clima, sistemes constructius, etc), les seves variables en el temps i segons els països. En conseqüència cal un índex d'eficiència que relacioni les dades amb algun valor de referència:

$$EEI = SEC/SEC_{\text{Ref}} = C(\text{kWh})/C_{\text{Ref}}(\text{kWh})$$

El valor crucial d'aquesta fórmula és la definició del valor de referència, que sovint s'obté de les sèries històriques o bé dels valors d'eficiència energètica obtinguts a partir d'exemples de bones pràctiques.

Per exemple, amb les dades que es varen registrar i sistematitzar per a realitzar el *Pla d'Estalvi i Eficiència Energètica dels Equipaments Municipals (PE3)* de Sabadell (Bosch, Rodríguez 2006-2007), varem diferenciar els edificis escolars com ja hem dit anteriorment, en dos conjunts: els realitzats abans de l'any 1981 i els de després degut a que l'any 1979 va entrar en vigor la NBE-CT-79 i en conseqüència se suposa que els edificis fets després de l'entrada en vigor de la Norma havien de tenir millor comportament en quant a l'aïllament tèrmic de les seves envoltants. Analitzats els indicadors, es pot comprovar que hi ha línies de tendència diferenciades però podem buscar altres maneres de mesurar, a partir de la relació superfície específica, relacions m^2 d'envoltant/volum Volum/Superfície, Volum/ m^2 de coberta; transmitàncies/any de construcció etc.

Hi ha diversos autors que han definit índex d'eficiència energètica en edificis basats en els consums reals d'energia en comptes de mesures estimatives com les que s'obtenen dels programes de certificació energètica i que a més poden ser utilitzats en qualsevol zona climàtica⁷¹

⁷⁰ Rodríguez González, A. Towards a universal energy efficiency index for buildings. *Energy and Buildings*, 2011, vol. 43, núm. 4, p. 980-987. També disponible a:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778810004640>

⁷¹ Rodríguez González, A. Towards a universal energy efficiency index for buildings. *Energy and Buildings*, 2011, vol. 43, núm. 4, p. 980-987. També disponible a:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778810004640>

Fig. 102

Site:	kWh/a	kWh/m ² .a	kWh/user.a	kgCO ₂ /a	kgCO ₂ /m ² .a
School	546 701	136	1 095	146 183	36
Kindergarten	294 820	171	2 118	77 400	45
Hospital	1 345 095	363	4 017	385 105	99
Admin. building	211 882	110	1 367	62 137	32
Social building	588 046	113	4 400	116 407	22
Average for all types of buildings	597 307	179	2 599	153 446	47

Fig. 60 Taula d'indicadors per diferents tipus tipologies d'edificis públics: escoles, llars d'infants, hospitals, edificis administratius, habitatge social, i la mitjana. Font.: Projecte DATAMINE.

Però com hem apuntat anteriorment, l'anàlisi sistèmica de qualsevol problema relacionat amb la sostenibilitat ha d'incorporar altres indicadors que no es poden limitar a les dades relacionades amb els propis edificis o els seus consums associats. En el cas de les escoles, aquests indicadors poden ser molt diversos, ja que poden proporcionar una informació molt valuosa a l'hora d'identificar possibilitats de millora o disfuncions que amb una lectura simplement arquitectònica, per exemple, no es poden detectar. En aquest sentit he elaborat el següent quadre d'indicadors que incorporen qüestions socioeconòmiques i ambientals i que, en molts casos, tenen una relació directa amb la qüestió que plantegem.

Per exemple, el nombre d'infants que es queden a l'aula d'acollida per les tardes, en horari extraescolar, pot significar un augment de consums energètics; la qualitat de l'espai exterior per a ús de patis pot significar estalvis importants si es pot usar en diferents moments del dia; la generació d'energia solar tèrmica o fotovoltaica pot equilibrar la balança de despesa energètica; la temporalitat del personal docent pot afectar al grau d'implicació en les polítiques d'estalvi; la sensibilitat o conscienciació de l'Associació de Mares i Pares pot ajudar a establir pautes d'estalvi; o les piràmides de població poden donar informació sobre les diferents necessitats dels infants en relació als espais (espais per a migdiada, aules tecnològiques o d'informàtica).

En conseqüència, per poder avaluar energèticament els edificis però tenint en compte els valors mediambientals que cal incorporar a aquest treball, s'han definit una sèrie d'indicadors que s'endrecen a partir dels següents subsistemes: indicadors de fluxe, que ens permetran avaluar els balanços energètics dels edificis; indicadors institucionals, que proporcionaran la informació relacionada amb els usos dels edificis i els usuaris; el subsistema econòmic, que incorpora les variables relacionades amb el nivell econòmic dels usuaris, que pot tenir relació amb el districte en el que es troba ubicat el centre i en l'anàlisi de la població de l'àrea d'incidència; subsistema social, que incorpora algunes de les variables que poden incidir en els consums a partir dels diferents usos i necessitats de la població usuària; subsistema ambiental, que recull indicadors relacionats amb la qualitat de l'ambient pel que fa a confort acústics i de temperatura, per exemple i que hem acotat en 7 indicadors però que, òbviament poden ampliar-se a mida que avanci la recerca; subsistema edificatori, que recull totes les dades relacionades amb l'arquitectura i la construcció de l'edifici que poden influir en els consums energètics; subsistema d'indicadors energètics, que endrecen els valors relacionats amb les instal·lacions i els sistemes.

Subsistema Indicadors	Indicadors	Unitat de mes	Font d'informació
Indicadors de fluxe	consum d'energia elèctrica		
	consum de gas o altres combustibles		
	generació energia solar tèrmica		
	generació fotovoltaica		
	altres		
Indicadors institucionals	nom del gestor		
	nº d'usuaris		
	piràmides d'edat		
	fusos horaris d'ús		
	m2/usuari		
Indicadors econòmics	% de nens immigrants		
	nivell socioeconòmic del districte		
	escola pública/concertada		
Indicadors socials	nº de mestres/alumne		
	temporalitat del personal contractat		
	Cap de manteniment al centre		
	AMPA		
	% infants que arriben en transport públic		
	% infants que arriben a peu		
	% infants que arriben en transport particular		
	% de nens que es queden al servei menjador		
	% de nens que realitzen extra-escolars		
	% de nens en aula d'acollida		
Indicadors ambientals	Superfície de pati		
	Superfície de pati amb ombra		
	Superfície vegetal		
	Rati m2pati/infant		
	Temperatures exteriors		
	Nivell de soroll ambiental		
	Recollida aprofitament aigües pluvials		
Indicadors edificatoris	m2/planta		
	m2 totals		
	relació superfície/volum		
	superfície façanes/orientació		
	superfície coberta		
	% forats en façana		
	transmitàncies tèrmiques		
	existència proteccions solars		
	superfície aules ocupació fixa/superfície total		
	superfície serveis (menjador, gimnàs, biblioteca)/superfície total		
indicadors energètics	superfície espais distribució/superfície total		
	sistema de climatització calefacció		
	sistema de climatització refrigeració		
	enllumenat		
	altres		

Fig. 61 Taula d'indicadors, endreçats per subsistemes.

Amb tot, es fa evident que cal sistematitzar la recollida de dades i cal relacionar uns indicadors amb altres per avaluar les deficiències o oportunitats de millora dels centres educatius, i també cal poder comparar aquestes realitats amb altres properes geogràfica i socialment, amb el que he definit com a ciutats mediterrànies de la ribera nord o amb nivells socioculturals assimilables als de la ciutat de Barcelona.

Així s'arriba al tercer postulat:

Cal conèixer quines experiències similars s'han desenvolupat en els països de l'àrea mediterrània que mostren unes condicions estructurals similars, és a dir, climatologia, tecnologia edificatòria i paràmetres socio-econòmics.

El marc en el que es desenvolupa aquest projecte de tesi és la Unió Europea i més concretament l'espai que determinen els països de l'àrea mediterrània, per tenir unes condicions climàtiques similars i que en termes d'eficiència energètica la pròpia UE defineix com a l'"excepcionalitat de l'arc mediterrani". Cal entendre aquesta excepcionalitat per la resposta a les necessitats de climatització que han d'oferir els edificis d'aquesta zona, ja que el conjunt dels països europeus té unes mitjanes anuals de temperatura clarament inferiors a les de països com Grècia, Itàlia i Espanya.

A partir d'aquesta premissa, i per tal de veure quines eines s'han desenvolupat en el marc europeu per qualificar energèticament els edificis, i més específicament els ja existents, s'ha consultat el projecte "DATAMINE Collecting Data from Energy Certification to Monitor Performance Indicators for New and Existing buildings"⁷², que ha tingut per objectiu recollir la informació sobre comportament energètic dels edificis en 12 països de la UE (Alemanya, Polònia, Regne Unit, Holanda, Itàlia, Grècia, Bèlgica, Àustria, Eslovènia, Irlanda, Bulgària i Espanya).

Aquest projecte, basat en els diferents sistemes de certificació energètica sobre edificis existents, tracta de posar en comú les diverses eines de mesura dels diferents països i de facilitar el flux de coneixements adquirits, per la qual cosa es desenvolupa a partir d'un primer capítol en el que es recullen les experiències realitzades en cadascun dels països participants i en un segon capítol a comparar les dades recollides i analitzar els resultats obtinguts.

Per a la realització d'aquest projecte de tesi, el projecte DATAMINE proporciona una informació molt genèrica però que, traslladada a l'àmbit de treball específic dels edificis escolars en ciutats mediterrànies, pot ser perfectament assimilable a partir de les dades que obtinguem de la recerca sobre els consums i paràmetres característics i edificatoris dels edificis a estudi. Per exemple: el model de recollida de dades en quant a endreçar els edificis per edat (any de construcció) a l'hora de comparar els seus consums energètics o els valors característics de transmitàncies tèrmiques de parets i cobertes (U); o la classificació dels edificis per usos, distingint els edificis educatius i els universitaris com a grups amb condicionants específics.

La lectura d'algunes de les gràfiques i dades del projecte DATAMINE, ens permeten veure, per exemple, que en els edificis estudiats pel grup de recerca de Grècia, la construcció tradicional proporcionava unes transmitàncies tèrmiques en tancaments molt elevades ($U=2$) que a mida que avançava el segle XX anaven minvant, i que ja als anys 80, amb la incorporació massiva d'aïllaments tèrmics, es reduïen substancialment arribant a partir de l'any 2000, als seus valors mínims. Aquest processament d'informació seriada i endreçada és el que caldrà fer amb les solucions constructives dels centres educatius, ja que es pot comprovar que l'any de construcció

⁷² *Collecting DATA from Energy Certification to Monitor Performance Indicators for New and Existing buildings* [en línia]. [Consulta: 24 juny 2011]. Disponible a: <www.meteo.noa.gr/datamine>

és determinant en quant a comportament de l'edifici i la seva demanda energètica associada.

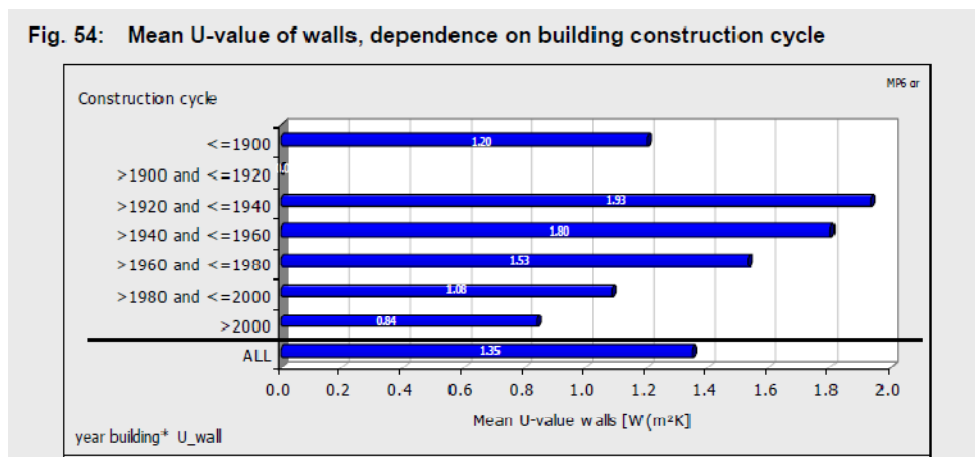


Fig. 62 Valors promig de les transmissibilitats tèrmiques de diferents solucions de façana, en edificis de Grècia, segons l'any de construcció. Font DATAMINE

També cal analitzar les tendències de consums diferenciant el recurs i la finalitat: si en general, un millor aïllament de l'envolvent de l'edifici, com és el cas dels edificis més recents, pot comportar menors despeses en climatització, aquests mateixos edificis acostumen a tenir una tendència a l'alça en quant a consums energètics en electricitat, recurs associat a l'enllumenat i als equipaments informàtics, o fins i tot, sistemes de refrigeració puntual tipus ventiladors o altres.

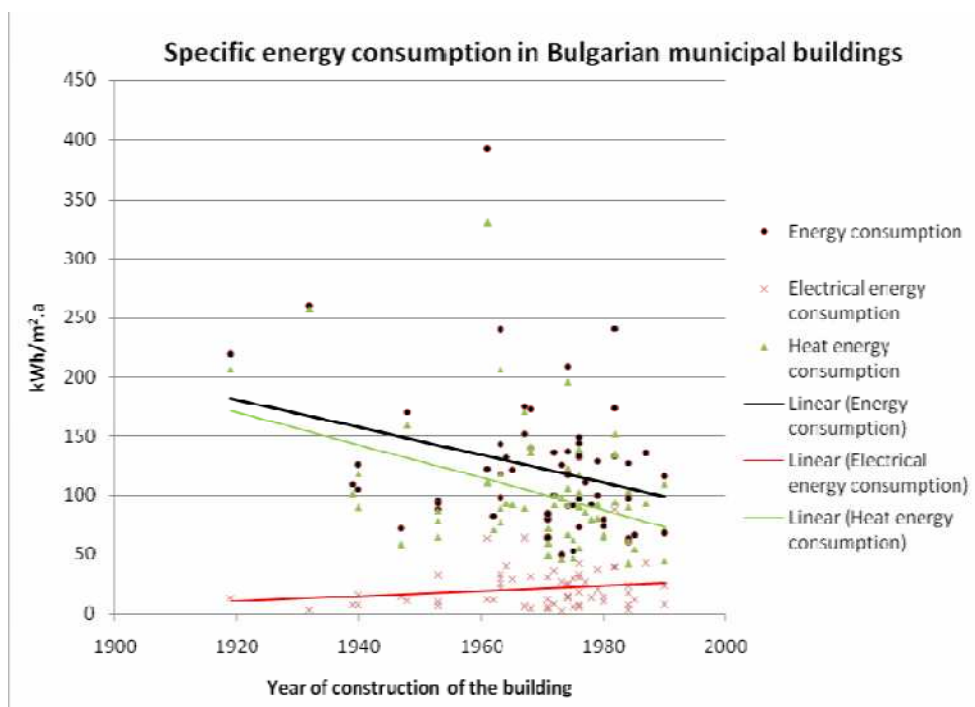


Fig. 63 En el cas dels edificis municipals estudiats a Bulgària, les tendències de consums relacionades amb l'any de construcció de l'edifici mostren comportament diferenciats. Font DATAMINE

De totes maneres, el projecte DATAMINE està centrat majoritàriament en edificis d'ús residencial: dels 18.793 edificis certificats, 17.727 pertanyen a aquest grup (el 94%) i, d'entre la resta, és a dir edificis no residencials, només s'han avaluat 712 edificis d'ús docent (597 escolars i 115 d'estudis universitaris) que signifiquen un 3,8% del conjunt. D'aquests, 445 edificis (el 62%) són escoles i llars d'infants d'un únic país, Bulgària,

que ha centrat el seu estudi en edificis municipals, el 16% són edificis universitaris estudiats a Itàlia i el 20% edificis escolars austríacs, és a dir el 98% dels edificis escolars estudiats pertanyen a tres únics països dels quals, Àustria ofereix una informació poc contrastable amb les dades que puguem obtenir de Barcelona per les raons climàtiques obvies, les dades d'Itàlia també són allunyades en la tipologia edificatòria pel que fa a usos dels edificis, i Bulgària és un dels països que més recentment s'ha incorporat a la Unió Europea (2007) i la comparativa s'ha de fer amb cautela degut a les diferències estructurals pròpies dels països de l'àrea d'influència soviètica.

Fig. 103: General statistics of the analysed data bases

Total number of collected datasets				18793
Certificate types		Utilisation types		
whole buildings	10625	residential buildings		17727
building parts	0	offices		56
apartments	8168	education		597
Rating types		higher education		115
only asset rating	17542	hospitals		34
only operational rating	810	hotels and restaurants		4
both asset and oper. rating	421	others		368
Considered energy uses		Buildings constructed ...		
heating	18751	1900 or earlier		160
hot water	18377	from 1901 to 1940		352
cooling / air conditioning	222	from 1941 to 1980		8616
lighting	10312	from 1981 to 2000		3920
others	10202	since 2001		4313
Contribution of the Model Projects				
MP 1 Germany	515	MP 7 Belgium		113
MP 2 Poland	133	MP 8 Austria		6715
MP 3 United Kingdom	0	MP 9 Slovenia		100
MP 4 The Netherlands	10109	MP 10 Spain		50
MP 5 Italy	188	MP 11 Ireland		126
MP 6 Greece	250	MP 12 Bulgaria		494

Fig. 64 Taula d'identificació d'edificis estudiats segons el país, l'any de construcció, i usos, entre altres. Font DATAMINE

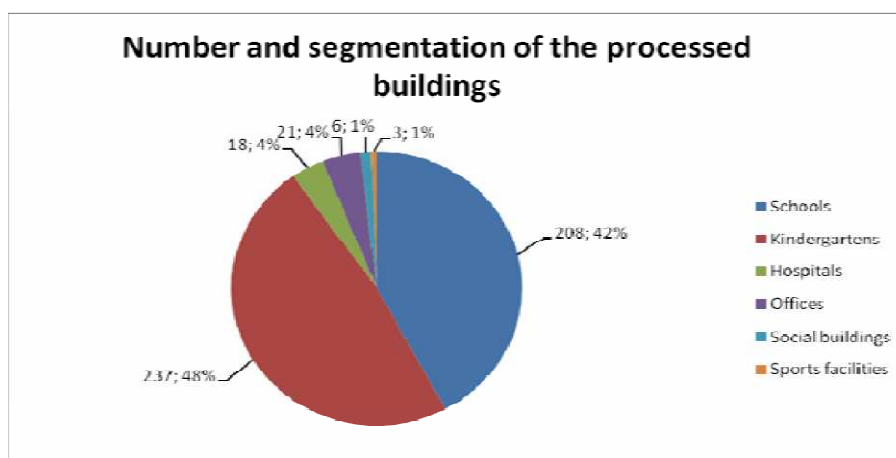


Fig. 65 Gràfic amb els percentatges d'edificis estudiats al projecte DATAMINE, segons els usos a que estan destinats. Font DATAMINE.

Hi ha altres experiències més centrades en la problemàtica específica dels edificis escolars, desenvolupades en l'àmbit anglosaxó en les que, a partir d'eines informàtiques de lliure accés i fàcils d'usar, es llisten les problemàtiques habituals en els edificis escolars que generen problemes d'ineficiència energètica i les possibles solucions avaluades, a més, a partir del període de retorn de la inversió que impliquen.

Aquesta eina anomenada REDUCE (Reduce Retrofitting in Educational Buildings) ⁷³, permet consultar experiències en edificis escolars de diversos països, ofereix recomanacions per solucionar problemes específics en els edificis, compara els edificis objecte d'estudi amb els referents nacionals, i avalua les millores que suposen les possibles intervencions en l'edifici, des de les actuacions sobre l'envolvent a la millora del rendiment dels sistemes energètics.

		Case Studies & Retrofit Measures					
Sorting of:							
Case Studies by		country					
Retrofit Measures by		Energy technologies					
Country		 Retrofit Measures  Case Studies					
			✓	✓	✓		✓
			✓	✓	✓		
			✓		✓		✓
					✓		

Fig. 66 Recollida bàsica de dades i representació esquemàtica dels conceptes estudiats. Font REDUCE

⁷³ <http://www.annex36.com/eca/uk/01start/menu.html>

Describe the existing building ? -

How to use this part -

The building, for which the possibilities for a energy efficient should be analysed, is defined in this section.
By choosing the basic values, a default building is created.
This building can be further defined in the lower part of this section.
Changes in the 'Further Refinement of the building' are reseted by changing the basic values!

Define key values for a default building

Basic Data

Building Type: school

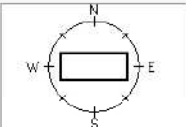
Construction year: 1970-1990

Type of Roof: pitched (heated attic)

Type of basement: slab on ground

Heated floor area [m²]: 5180,00

Number of storeys: 3

Orientation: 

Click on diagram to select orientation

Example buildings

Typology: Side corridor school

Click on picture to have a look at the case study!



Primary and Secondary School, Stuttgart-Pfeningen, Germany

Consumption of heat energy:

Energy source: Oil

Consumption: 374,00 kWh/m²a

Fig. 67 Exemple del projecte REDUCE amb la recollida de dades bàsiques d'identificació d'un edifici destinat a ús escolar. Font REDUCE

Cal doncs cercar altres experiències que hagin pogut dur-se a terme en els darrers anys, i un cop analitzades les experiències similars realitzades en altres països de la conca mediterrània i amb condicions estructurals assimilables a les de la ciutat de Barcelona, cal plantejar el darrer postulat:

S'han d'analitzar les possibilitats de traslladar a altres contextos geogràfics, climàtics i socioeconòmics similars la metodologia i demostrar la seva validesa

Per poder traslladar la metodologia que exposo en aquest projecte de tesi a altres espais assimilables cal fer prèviament una recerca multifactorial que permeti fer uns mapes de similituds i que, en el meu cas he basat en els sistemes d'Informació Geogràfica (SIG).

La primera dificultat ve donada per la discrepància de criteris de classificació climàtica que han establert els diferents països de la UE en els seus Codis Tècnics de l'Edificació com a transposició de la Directiva Europea 2002 i que caldrà consultar un a un per tal de determinar quines classificacions són assimilables a la zona climàtica de Barcelona (C2 a nivell del mar). Cal tenir en compte que les normatives dels diferents països tracen uns plànols de zones climàtiques molt generalistes, i que sovint aquests s'haurien de processar, a partir de la recollida de dades climàtiques reals, si es pretén ajustar els valors amb la realitat. Sense anar més lluny, la comarca del Barcelonès així com la del Maresme disposarien de dues "zones climàtiques" amb necessitats d'aïllaments diferents i que aquestes també varien en relació a l'altitud.

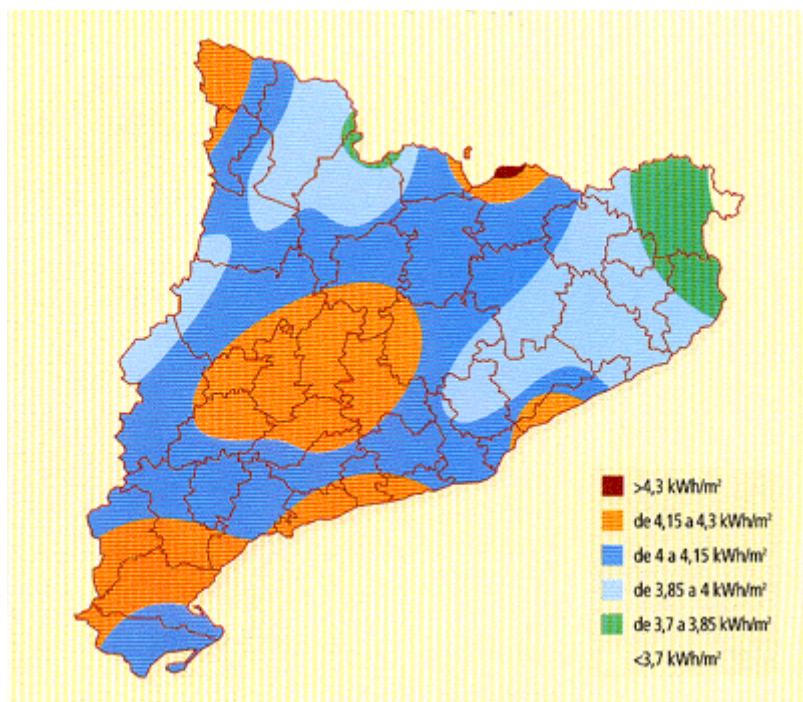


Fig. 68 Catalunya disposa de fins a 5 zones climàtiques diferenciades, que exigeixen solucions de façana amb transmissibilitats tèrmiques diferents segons el rigor tèrmic de la zona.

En resposta a aquesta diversitat de criteris, que la pròpia Comissió Europea ja ha detectat, es va dur a terme durant el període 2007-2010 la "Concerted Action (CA) EPBD"⁷⁴, impulsada per la comissió europea per promoure el diàleg, intercanviar les millors experiències realitzades i posar-les en comú. Es va generar un fòrum amb la participació dels experts de 29 països membres amb la intenció d'una millora de la legislació europea existent. D'entre els 27 membres de la UE participants en la cimera, es trobaven Espanya i altres països de la ribera mediterrània amb condicionants climàtics similars. I una de les conclusions adoptada era la necessitat d'uniformar els diferents requeriments dels països comunitaris que sovint divergeixen fins i tot entre països veïns en conceptes com la classificació dels usos dels edificis, les determinacions climàtiques, les bases de dades de solucions constructives, les tipologies edificatòries o les geometries, i fins i tot en qüestions tan bàsiques com el sistema de considerar els m² construïts.

Així doncs, davant aquesta situació verificada per la pròpia comissió de la Unió Europea, caldrà establir uns criteris de selecció de les dades a obtenir, definir-les acuradament i tractar d'obtenir la informació de les diferents fonts d'una manera metodològicament molt detallada.

⁷⁴ Supporting Transposition and Implementation of the Directive 2002/91/EC

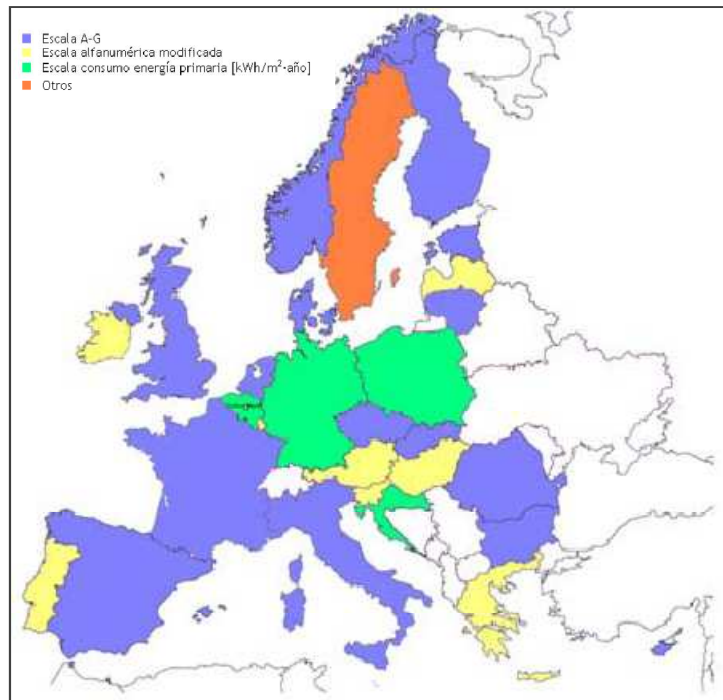


Fig. 69 Mapa dels països de la Unió Europea que disposen de sistemes de certificació energètica d'edificis, però amb diferents sistemes de mesura i qualificació. Font: Barriuso, Boned⁷⁵

Certament no n'hi haurà prou amb creuar dades climàtiques, o de sistemes de certificació ambiental, consums associats a les diferents tipologies edificatòries o usos dels edificis, ja que hi ha molts altres factors que cal comparar per poder exportar la metodologia que proposem a altres ciutats europees de la conca nord mediterrània, per exemple, la densitat de població de les diferents ciutats, el ràtio d'escoles per número d'habitants, el percentatge d'escoles gestionades per l'administració, concertades o privades, etc. Caldrà fer un processament de la informació que, a mida que avanci el projecte de recerca, s'anirà adaptant i ajustant.

⁷⁵ Barriuso, N; Boned, S. Estudio térmico del edificio de la EPSEB (UPC) mediante certificación con CALENER y estudio de eficiencia energética mediante LIDER [en línia]. 2010. [Consulta: 10 juny 2011]. Disponible a: <<http://hdl.handle.net/2099.1/10919>>

Hipòtesi

Les estratègies energètiques s'han plantejat en el nostre territori en el sentit de "dalt/baix" (Up/Bottom), a partir dels documents que publica l'administració, les directives, els Plans i Programes d'actuació, la legislació, les campanyes de comunicació, etc.

No posem en dubte l'eficiència del model, però la nostra proposta va més en la línia del Bottom to Up. Considerem que actuar sobre edificació existent permet utilitzar els edificis com a exemples reals sobre els que experimentar i centrar una recerca metodològica, i analitzant i enregistrant la informació cas a cas i amb actuacions singularitzades i acurades en el que hem donat per anomenar edificis diana, serveix per conèixer el parc edificat, processar i confrontar informació i, a la llarga extreure conclusions traslladables a altres àmbits, a més de , en el cas dels edificis escolars, crear consciència de grup i educar en sostenibilitat.

La ciutadania del futur és l'alumnat de les actuals escoles, actuar en els edificis que ocupen dia a dia, mostrar-los les accions que signifiquen estalvis energètics, que comprovin per ells mateixos els graus de confort i de desconfort que es produeixen actuant sobre les pells dels edificis, per exemple, o plantant vegetació caduca són ensenyances que perduraran en el seu esdevenir⁷⁶.

Per la seva banda, els edificis tenen la seva història, han donat resposta a diferents necessitats en moments determinats i les seves provables mancances o problemes no poden significar sistemàticament la seva desaparició en forma d'enderroc o declaració d'edifici obsolet. Hem vist i hem sentit les veus que indiquen que el camí cap a la sostenibilitat en edificació passa, sobretot, per la rehabilitació i el manteniment dels edificis. Qualsevol nou edifici, per eficient energèticament que sigui, amb un impacte associat als materials emprats, amb un ús intensiu de les energies renovables o fins i tot amb una certificació energètica òptima, és menys sostenible que la rehabilitació adequada d'un edifici existent. Cal optimitzar les actuacions en rehabilitació per a que siguin rentables i el retorn de la inversió, tot i que és un concepte que no volem considerar decisiu, sigui raonable i engrescador.

El que proposem és una metodologia d'anàlisi del parc escolar edificat que permeti, endreçar els edificis en quant a la seva bondat en clau energètica, de manera que es puguin prendre les decisions en quant a les intervencions que cal fer de manera acurada, documentada i optimitzada (Específica, Mesurable, Apropiada, Realista i Temporalitzada si volem ajustar-nos al concepte SMART). Cal doncs establir els indicadors que ens proporcionaran la informació i estudiar les possibles propostes per tal de facilitar la tria en cada cas concret. Nosaltres apostem per la limitació de la demanda a partir de la rehabilitació de l'envolvent dels edificis, façanes i cobertes, però sense obviar que hi ha altres mesures també eficaces, algunes fins i tot de costos molt minsos i que tenen un gran impacte.

Hem vist al llarg de la nostra experiència molts exemples de com una gestió en clau energètica dels edificis, amb un cost econòmic de 0 € o quasi, és una mesura amb estalvis que poden arribar al 20% de la despesa. També hem comprovat que la consciència ciutadana és una forma d'actuar sobre els edificis eficaç i instructiva, que

⁷⁶ Fulghum, R. *All I really need to know I learned in Kindergarten*. New York: Ballantine Books, 1986.

a més, comporta l'extensió de bones pràctiques a altres entorns de treball o de convivència⁷⁷.

Sabem i està mesurat, que la millora en l'eficiència dels sistemes (climatització, condicionament, refrigeració, ventilació, enllumenat, etc.) és una eina clau per a la reducció dels consums associats a l'ús dels edificis, però que nosaltres no contemplarem en aquesta recerca perquè caldria la participació dels experts en sistemes i instal·lacions, tot i que no renunciem a proposar algunes de les accions que se'ns han mostrat, després d'anys dedicats a fer auditories energètiques en edificis del sector terciari, més adequades com a estratègies d'eficiència energètica.

Si es volen reduir els consums energètics de l'edificació existent un 20% per l'any 2020, cal començar d'immediat a complir la recent aprovada Directiva Europea 2011 que exigeix actuar sobre el 3% dels edificis públics cada any, i en aquest sentit,

La hipòtesi d'aquest projecte de tesi és:

Cal una metodologia per a la rehabilitació energètica dels edificis que permeti triar aquells que mostrin un potencial d'estalvi més elevat (sigui perquè són els més ineficients, els que presenten més mancances, o fins i tot els que es mostren menys confortables) i que les escoles i centres educatius són un conjunt d'equipaments ideals per funcionar com a laboratori de pràctiques sostenibilistes i mediambientals. Si la metodologia es mostra adequada, l'experiència pot ser exportada a altres ciutats mediterrànies de característiques similars.

⁷⁷ "Qualsevol estratègia de canvi cap a la sostenibilitat en temes d'arquitectura (com en qualsevol altre) serà mol més difícil de dur a terme si es basa només en recursos -sobretot si són de caràcter estrictament tècnic o regulatiu- i no busca les complicitats socials. **Sense la gent no avançarem**" (Subirats, 2009 a **34 Kg de CO₂**, pp 60-61)).

5.2 Estratègia metodològica

L'estratègia metodològica consistirà en tractar de donar resposta a una sèrie de preguntes a partir dels diferents objectius plantejats en el projecte de Tesi, i que a mode de resum, i en el ben entès que molt probablement n'apareixeran de noves, serien les següents:

5.2.1 Preguntes relacionades amb els objectius del projecte de tesi

(OG1) Metodologia d'anàlisi del parc escolar edificat

Quin és el volum del parc escolar edificat?

Qui gestiona els edificis escolars?

Com es pot fer el cens d'edificis escolars?

Quins paràmetres cal conèixer?

Com els endrecem?

(OG2) Conèixer les eines actuals per a la presa de decisions en clau energètica

Quins són els plans estratègics per a edificis escolars?

Qui els proposa i com els implementa?

Quins són els beneficis de la reducció dels consums en edificis escolars?

Qui ha de prendre les decisions?

Quines decisions són les més encertades? I les més viables?

(OG3) Proposar una metodologia d'estudi energètic d'edificis escolars i validar-la

Quins són els paràmetres d'anàlisi d'edificis escolars que poden ser comuns a altres ciutats mediterrànies?

Quines ciutats s'han plantejat aquesta anàlisi del parc edificat en clau energètica?

De quines eines han fet ús?

Quins han estat els resultats?

És traslladable la metodologia proposada en aquesta tesina?

(OE1) Identificar i definir els indicadors d'eficiència energètica

OE1.1 Què són els indicadors energètics?

OE1.2 Qui els proposa?

OE1.3 Quines dades relacionen?

OE1.4 Per a què serveixen?

OE1.5 Com s'apliquen als edificis escolars?

(OE2) Parc escolar edificat i oportunitats de millora

OE2.1 Quina és l'antiguitat del parc escolar edificat?

OE2.2 Quins són els consums energètics del parc escolar edificat?

OE2.3 Quins són els valors de referència?

OE2.4 Quines són les oportunitats d'estalvi?

(OE3) La rehabilitació energètica com a prioritat

OE3.1 Per què és prioritari rehabilitar?

OE3.2 Què és la rehabilitació energètica?

OE3.3 Quines experiències tenim?

(OE4) Avaluació dels edificis escolars en clau energètica

OE4.1 Què és una auditoria energètica?

OE4.2 Quines eines d'avaluació energètica podem aplicar al parc edificat?

OE4.3 Quins indicadors podem aplicar

OE4.4 Com els apliquem?

(OE5) Les línies estratègiques d'actuació

OE5.1 Quines són les línies estratègiques d'actuació?

OE5.2 Quines poden aplicar-se, quan i com en els edificis escolars?

(OE6) L'objectiu de la reducció dels consums

OE6.1 Què podem estalviar si rehabilitem energèticament els edificis?

OE6.2 Quins són els objectius dels escenaris de futur?

5.2.2 Tècniques de recerca implementades

Com a conclusió de la metodologia, s'exposa a continuació el quadre resum de les activitats a realitzar per donar resposta a les preguntes que genera cadascun dels objectius generals i específics d'aquest projecte de tesi.

Objectius generals		
Objectiu	Pregunta	Tècniques de recerca
OG1	POG1.1	Demandar el cens al Consorci d'Educació de Barcelona, Ajuntament de Barcelona (escoles bressol, CEIPs), Generalitat de Catalunya (CEIPs IESS)
	POG1.2	Demandar dades del gestor al Consorci d'Educació de Barcelona, Ajuntament de Barcelona (escoles bressol, CEIPs), Generalitat de Catalunya (CEIPs IESS)
	POG1.3	Tècniques gestió de dades, infografia
	POG1.4	Código Técnico de la Edificación, Eines de Calificació energètica, Metodologia d'auditories energètiques
	POG1.5	Tècniques gestió de dades, infografia, anàlisi sistèmica
OG2	POG2.1	Consulta dels Plans d'Eficiència energètica de Catalunya i de Barcelona
	POG2.2	Agència de l'energia. Quadre organigrames temes energia
	POG2.3	Simulacions de càlcul de reduccions energètiques, càlcul de l'impacte ambiental de la reducció de consums, compliment de l'agenda 21, beneficis educatius.
	POG2.4	Enquestes als gestors dels edificis: administració autonòmica, ajuntament, consorci, directores de centres,
	POG2.5	Endreçar les dades per a detectar els centres educatius més consumidors, Càlculs i avaluació dels impactes a partir de les eines de simulació. Anàlisi de les realitats constructives dels edificis i de l'estat dels sistemes energètics.
OG3	POG3.1	Sistemes d'Informació geogràfica Eines SIG
	POG3.2	Cerca de literatura científica i Estratègies d'àmbit europeu i nacional
	POG3.3	Recerca bibliogràfica i recerca literatura científica. Experiències
	POG3.4	Recerca bibliogràfica i recerca literatura científica. Experiències
	POG3.5	Anàlisi sistèmica.
Objectius específics		
Objectiu	Pregunta	Tècniques de recerca
OE1	POE1.1	Recerca de literatura científica, lectura d'articles, plans estratègics. Bibliografia, cercadors en xarxa,
	POE1.2	Recerca de literatura científica, lectura d'articles, plans estratègics. Bibliografia, cercadors en xarxa,
	POE1.3	Recerca de literatura científica, lectura d'articles, plans estratègics. Bibliografia, cercadors en xarxa,
	POE1.4	Recerca de literatura científica, lectura d'articles, plans estratègics. Cerca d'exemples i experiències a Catalunya, Espanya i Europa. Bibliografia, cercadors en xarxa,
	POE1.5	Gestió de dades, elaboració de gràfics, anàlisi sistèmica
OE2	POE2.1	Demandar dades del gestor al Consorci d'Educació de Barcelona, Ajuntament de Barcelona (escoles bressol, CEIPs), Generalitat de Catalunya (CEIPs IESS)
	POE2.2	Demandar dades del gestor al Consorci d'Educació de Barcelona, Ajuntament de Barcelona (escoles bressol, CEIPs), Generalitat de Catalunya (CEIPs IESS)
	POE2.3	Consulta de valors de referència en altres àmbits. Institut Català de l'Energia.
	POE2.4	Càlculs i simulacions entre els edificis estudiats i els valors de referència
OE3	POE3.1	Cercar dades de l'impacte de nova edificació enfront rehabilitació. Consideracions de patrimoni edificat, ciutat i territori.
	POE3.2	Literatura científica, metodologies de rehabilitació energètica, aplicació de plans d'eficiència en edificació existent.
	POE3.3	Auditories energètiques UPC, Escoles de Sabadell, TFCs
OE4	POE4.1	Definicions en literatura científica
	POE4.2	Cerca d'estudis sobre edificació escolar,
	POE4.3	Aplicació dels indicadors identificats, comparatives de resultats, cerca de les raons matemàtiques, elaboració de gràfics.
	POE4.4	Gestió de dades,
OE5	POE5.1	Recerca en actuacions ja realitzades i impacte en quant a la reducció de consums aconseguida. Simulacions energètiques amb Programes CALENER i altres
	POE5.2	Anàlisi comparat de les línies d'actuació i les realitats constructives dels edificis.
OE6	POE6.1	Ús de les eines de simulació energètica
	POE6.2	Recerca dels escenaris de futur identificats per les administracions, verificació de les tendències de consums envers els escenaris de futur.

6. Publicacions relacionades i altres resultats del projecte de tesi

Des de l'EPSEB, des del Laboratori d'Eficiència Energètica, i recentment com a membre del Grup de Recerca GICITED (Grup Interdisciplinari de Ciència i Tecnologia en Edificació)⁷⁸, ja fa anys que treballo en assumptes relacionats amb l'ús i la gestió de recursos en edificis universitaris, l'eficiència energètica, l'estudi del parc edificat, i les possibilitats i oportunitats de la rehabilitació energètica com a eina per a un desenvolupament sostenible del sector de l'edificació.

També cal destacar la meua participació com a membre investigador per part de la UPC, en el projecte "*Mejora de la eficiencia energética en edificios mediante el almacenamiento de energía térmica*" (IEEB-TES), liderat per Ana Inés Fernández Renna, de la Universitat de Barcelona (UB), i que recentment ha estat acceptat i serà finançat pel Ministerio de Ciencia e Innovación, dins el Plan Nacional de I + D+ i (2008-2011).

A continuació es llisten les diferents publicacions en les que he participat relacionades específicament amb el contingut d'aquest Projecte de Tesi i que, o bé són treballs anteriors a la recerca però que han servit per traçar-ne els objectius com és el cas dels Treballs i Projectes Finals de Carrera, o bé són ja els primers resultats obtinguts i que s'han presentat en diferents congressos, que han estat publicats com a articles en revista indexada, o finalment en format llibre.

Publicacions d'investigació

LLIBRES

- Bosch, M.; López, F.; Rodríguez, I.; Ruiz, G. *Avaluació energètica d'edificis. L'experiència de la UPC, una metodologia d'anàlisi*. Barcelona: Edicions UPC, 2006. ISBN 84-8301-861-6.

CAPÍTOLS DE LLIBRE

- Bosch, M. Planificar la ciutat sostenible des de la Universitat. A: *I Jornada de reflexió sobre la docència i la recerca a la Universitat. El cas de l'EUPB*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, 2002.
- Bosch, M. Projectes Finals de Carrera i medi ambient. A: *I Jornada de reflexió sobre la docència i la recerca a la Universitat. El cas de l'EUPB*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, 2002.
- Bosch, M. Aprenentatge i sostenibilitat: el projecte final de carrera. A: *3r Congreso Internacional Docencia Universitaria e Innovación : Girona, Facultad de Lletres de la Universitat de Girona : Girona, 30 de junio, 1 y 2 de julio de 2004*. Girona : Facultat de Lletres, Universitat de Girona, 2004.
- Cantalapiedra, I.R.; Bosch, M.; López, F. Involvement of final architecture diploma projects in the analysis of the energy performance of UPC buildings as a way of teaching practical sustainability. A: Ferrer-Balas, D.; Mulder, K.F.; Bruno, J.; Sans, R. (ed.). *II International Conference on Engineering Education in Sustainable Development*. Barcelona: UPC, 2004, p. 161 - 162.
- Cantalapiedra, I.R.; Bosch, M.; López, F. Análisis de la eficiencia energética de Edificios públicos universitarios en el proyecto final de carrera de Arquitectura Técnica. A: *Proceedings de la IV*

⁷⁸ <http://gicited.upc.edu/>

Conferencia Internacional de Energía Renovable, Ahorro de Energía y Educación Energética. Cuba: Universidad de Matanzas, 2005, p. 1 - 6.

- Bosch, M.; Cantalapiedra, I. R.; López, F.; Ruíz, G. Final architecture diploma projects in the analysis of the UPC buildings energy performance A: U. Mander, C.A. Brebbia & E. Tiezzi (ed.). *The Sustainable City IV Urban Regeneration and Sustainability*. 2006, p. 541 - 548. També disponible a: <www.witpress.com>.
- Cantalapiedra, I. R.; Bosch, M.; Alavedra, P.; Calvet, M.D. Avaluació energètica d'edificis de la UPC com a eina d'educació en la sostenibilitat. A: *I Congrés UPC Sostenible 2015. Recull de ponències*. Barcelona: Centre per a la sostenibilitat de la UPC, 2007, p. 123 -125.
- Bosch, M.; Cantalapiedra, I. R. Teaching, Sustainability and Environment in UPC Buildings. A: *4th Dubrovnik Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems. Dubronik, Croàcia: University of Zagreb, 2004, p. 85 - 95.*
- Bosch, M.; Cantalapiedra, I. R. Energy savings in Sabadell (Spain) school facilities. A: *1st International conference on construction and building research*. Madrid, 2009, p. 1- 9.
- Cantalapiedra, I. R.; Bosch, M. Ahorro energético en centros educativos de Sabadell (España). A: *Rehabilitación y sostenibilidad. El futuro es posible*. Barcelona: Col·legi d'Aparellador, Arquitectes Tècnics i Enginyers d'Edificació de Barcelona, 2010, p. 187 - 188.
- Bosch, M.; Cantalapiedra, I. R. El ensanche de Barcelona: objeto y oportunidad. A: *Rehabilitación y sostenibilidad. El futuro es posible*. Barcelona: Col·legi d'Aparellador, Arquitectes Tècnics i Enginyers d'Edificació de Barcelona, 2010, p.1 -10.

DOCUMENTS TÈCNICS I INFORMES

- Cantalapiedra, I. R.; Bosch, M. *Manual d'auditories energètiques*. 2007.
- Cantalapiedra, I. R.; Bosch, M. *Estudi de detall dels Centres d'Educació Infantil i Primària (CEIPs) de Sabadell*. 2007 .

ARTICLES EN REVISTES

- Bosch, M.; Cantalapiedra, I. R.; López, F. Involvement of final architecture diploma projects in the analysis of the UPC buildings energy performance as a way of teaching practical sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 2006, vol. 14, núm. 9 – 11, p. 958 - 962. [Índex d'impacte de l'any de publicació: 0,762]

Publicacions de difusió i altres activitats

- Bosch, M. L'Ordenança Solar de Barcelona. *L'Informatiu*, 2000, núm 169, p. 11.
- Bosch, M. ARCHISUN: una eina informàtica que avalua el comportament tèrmic de l'edifici i permet l'aplicació d'energia solar. *L'Informatiu*, 2001, núm. 181, p. 16-17.
- Comissària de l' Exposició. *Aplicació de l'ordenança solar de l'Ajuntament de Barcelona en edificis públics*. [En col·laboració amb la Comissió de Sostenibilitat i Ecologia Urbana, del Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona, i l'EUPB]. Barcelona, 2001.
- Participació en el programa radiofònic "L'hora de les Bruixes" de Catalunya Radio, d' 1 hora de duració, sobre eficiència energètica i estalvi en edificis d'habitatges, 17 d'abril de 2008.
- Vuelve el frío invierno, *La Vanguardia*. 11/2008
- En busca del ahorro energético, *El País*. 02/2008

Tutoria de Treballs i Projectes Finals de Carrera i altres activitats acadèmiques

Dins la línia de Treballs i Projectes Finals de Carrera de la titulació d'Arquitectura Tècnica, he tutorat, en els darrers anys, una sèrie de projectes relacionats amb l'aplicació de l'Ordenança Solar de l'Ajuntament de Barcelona, dins el Conveni de col·laboració signat entre el Departament Construccions Arquitectòniques II i l'Ajuntament de Barcelona, l'any 2002, amb els següents estudis de cas:

Piscines Picornell, Poliesportiu del Nord, Escola Costa i Llobera, Poliesportiu Aiguajoc, Escoles Districte Ciutat Vella, Esportiu Claror, Piscines Bernat Picornell, CEIP M. Pau Vila, IES Joan Boscà, IES M. Ferran Tallada, IES Gal·la Plàcidia, IES Eugeni d'Ors, IES Narcís Monturiol, IES Manuel Zafra, CEIP Dolors Monserdà, IES Bosc de Montjuïc

A partir de l'acord intern de col·laboració pel desenvolupament del *Pla d'Eficiència en el Consum de Recursos en edificis existents de la UPC PECCR*: he tutorat, conjuntament amb la professora Inmaculada Rodríguez Cantalapiedra, els Projectes Finals de Carrera consistents en les auditories energètiques sobre edificis de la Universitat Politècnica de Catalunya, durant els anys 2003-2006, en els següents estudis de cas:

Edifici Vèrtex, Mòduls A-1, A-2,A-3,A-4, B-4, B-5, C-1, C-2, C-4, C-5, D-2, i D-5 del Campus Nord, Edifici Nexus 2 del Campus Nord, Facultat de Matemàtiques del Campus Sud, Edifici EPSEVG de Vilanova i la Geltrú, Edificis TR1 EUETIT, TR4 ETSEIAT, TR8 EUOOT, TR9, TR10 i Biblioteca de Terrassa, Edifici Poliesportiu Campus Nord, Edifici Coderch-ETSAB, Edifici EPSC, Castelldefels, Biblioteca Gabriel Ferrater, MN5 Centre Tecnològic de Manresa, i LTM Laboratori de Tecnologia de Materials LTM, Manresa

He participat en la Caracterització energètica per sectors i modelització de diversos punts de consulta del sector terciari, a partir d'un Conveni de col·laboració entre el Departament de Construccions Arquitectòniques II i l'Institut Català de l'Energia – ICAEN, signat l'any 2000, i amb la concessió d'una Beca per a projectes en l'àmbit energètic concedits per l'Institut Català de l'Energia (ICAEN) i orientada a promoure la realització de Projectes Finals de Carrera en aquest àmbit.

A partir de l'encàrrec per part de l'Ajuntament de Sabadell, hem participat en la realització de diferents auditories energètiques en edificis públics i amb usos diversos com :

La Biblioteca Vapor Badia, el CEIP Miquel Carreras, el Poliesportiu Can Balsach i l'edifici de serveis administratius municipals Can Marcet (Sabadell, 2006).

I en l'Avaluació, diagnosi i línies d'actuació dels següents Centres Educatius d'Infantil i Primària (CEIP's):

CEIP Arraona, CEIP Amadeu Vives, CEIP Andreu Castells, CEIP Espronceda, CEIP Joan Maragall, CEIP Miquel Carreras, CEIP Roureda, CEIP Samuntada, CEIP Torreguitart i l'Escola d'adults Can Rull.

A partir de la signatura d'un Conveni de Col·laboració entre la EPSEB i l'ICO (Barcelona, 2004) es va realitzar l'Auditoria energètica de l'edifici Institut Català d'Oncologia, a L'Hospitalet de Llobregat.

7. Cronograma (1,5 anys d'ara al dipòsit de la Tesi)

ACTIVITATS	Any/mesos																									
	2011												2012												2013	
	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2					
Determinació dels indicadors energètics																										
Compliment de l'OE1 "Identificar i definir els indicadors d'eficiència energètica"																										
Recollida de dades cens edificis escolars Barcelona																										
Recollida de dades consums energètics																										
Caracterització de sistemes constructius envolvents dels edificis																										
Gestió de dades.																										
Compliment de l'OE2 "Parc escolar edificat i oportunitats de millora"																										
Diagnosi dels edificis																										
Compliment de l'OE3 "La rehabilitació energètica com a prioritat"																										
Estudi dels plans d'eficiència energètica Barcelona																										
Avaluació de consums en edificis. Establiment de criteris d'actuació																										
Aplicació indicadors d'eficiència energètica																										
Compliment de l'OE4 "Avaluació dels edificis escolars en clau energètica"																										
Recerca de literatura científica																										
Comparativa amb exemples de l'àrea mediterrània																										
Compliment de l'OE5 "Les línies estratègiques d'actuació"																										
Hipòtesi metodològica per al càlcul de l'estalvi energètic																										
Simulacions i exemples																										
Compliment de l'OE6 "L'objectiu de la reducció dels consums"																										
Conclusions																										
Redacció document final																										

Bibliografia

- Ajuntament de Barcelona. *Pla d'Energia , canvi climàtic i qualitat atmosfèrica de Barcelona 2010 – 2020* [en línia]. [Consulta: 25 febrer 2011]. Disponible a: http://www.barcelonaenergia.cat/document/actuacions/Nou_PECQ.pdf.
- Ajuntament de Barcelona. *Pla de millora energètica de Barcelona* [en línia]. [Consulta: 13 febrer 2011]. Disponible a: http://www.barcelonaenergia.cat/document/PMEB_integre_cat.pdf.
- Ajuntament de Barcelona. *Pla de millora energètica dels edificis municipals 2009 – 2011* [en línia]. [Consulta: 20 febrer 2011]. Disponible a: http://www.barcelonaenergia.cat/document/actuacions/Memoria_PMEB_2009_v2.pdf.
- AJUNTAMENT de Barcelona. *ProEixample* [en línia]. [Consulta: 15 abril 2011]. Disponible a: <http://www.proeixample.cat/>.
- Arbolino, R.; Rostirolla, P. *International Journal of Sustainable Development*, 2010, vol. 13, núm. 1-2, p. 31-44.
- Assessment of policy instruments for reducing greenhouse gas emissions from buildings: Report for the UNEP-Sustainable Buildings and Construction Initiative*. Budapest: Central European University, 2007.
- Azpilicueta, E. Hacia un óptimo energético. Instalaciones y energía. *Tectónica*, 2010, núm. 31, p. 6-33.
- Barriuso, N; Boned, S. *Estudio térmico del edificio de la EPSEB (UPC) mediante certificación con CALENER y estudio de eficiencia energética mediante LIDER* [en línia]. 2010. [Consulta: 10 juny 2011]. Disponible a: <http://hdl.handle.net/2099.1/10919>.
- Bosch, M.; López, F.; Rodríguez Cantalapiedra, I.; Ruiz, G. *Avaluació energètica d'edificis : l'experiència de la UPC , una metodologia d'anàlisi*. Barcelona: Edicions UPC, 2006.
- Bosch, M.; Rodríguez, I. *Energy saving in Sabadell (Spain) school facilities* [en línia]. [Consulta: 3 febrer 2011]. Disponible a: <http://upcommons.upc.edu/eprints/bitstream/2117/9574/1/Bosch%2c%20M.pdf>.
- Bosch, M.; Rodríguez, I. *El ensanche de Barcelona: objeto y oportunidad* [en línia]. [Consulta: 12 febrer 2011]. Disponible a: http://upcommons.upc.edu/eprints/bitstream/2117/12726/1/B15_Bosch%20Gonz%c3%a1lez%2c%20Montse.pdf.
- Cabeza, L. Thermal energy storage with phase change materials in building envelopes. *Contributions to Science*, 2007, vol. 3, núm. 4, p. 501–5102007. Disponible a: <http://repositori.udl.cat/handle/10459.1/41470>.
- CAIXA terrassa. Obra social. *Competición en ahorro energético Energy Trophy + 2007/2008* [en línia]. [Consulta: 27 març 2011]. Disponible a: <http://www.energytrophy.org>.

Cantalapiedra, I.; Bosch, M.; López, F. Involvement of final architecture diploma projects in the analysis of the UPC buildings energy performance as a way of teaching practical sustainability. *Journal of Cleaner Production*. 2006, vol. 14, núm. 9-11, p. 958-962. També disponible a:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652606000345>>.

Capobianchi, S. [et al.]. Methodology development for a comprehensive and cost-effective energy management in public administrations. A: *Proceedings of the 4th Asian Conference on Power and Energy Systems (AsiaPES)*, 2010.

Carta de Leipzig sobre Ciudades Europeas Sostenibles: Borrador final (2 mayo 2007).

[en línia]. [Consulta: 4 març 2011]. Disponible a:

<http://www.rfsustainablecities.eu/IMG/pdf/LeipzigCharte_Es_cle139ba4.pdf>

Casanovas, X. *L'energia solar a Barcelona: L'ordenança solar tèrmica*. Barcelona: Ajuntament de Barcelona, 2007. Dipòsit legal B-38950-2007.

CENTRE per la Sostenibilitat. Universitat Politècnica de Catalunya. *Sirena* [en línia].

[Consulta: 17 febrer 2011]. Disponible a: <<http://www.upc.edu/sirena/>>.

Chantrelle, F. [et al.]. Development of a multicriteria tool for optimizing the renovation of buildings. *Applied Energy*, 2010.

Código Técnico de la Edificación: CTE [en línia]. [Consulta: 16 gener 2011]. Disponible a: <<http://www.codigotecnico.org/web/recursos/documentos/>>.

Collecting DATA from Energy Certification to Monitor Performance Indicators for New and Existing buildings [en línia]. [Consulta: 24 juny 2011]. Disponible a:

<www.meteo.noa.gr/datamine>.

Congreso Rehabilitación y Sostenibilidad. El futuro es posible [en línia]. [Consulta: 12 abril]. Disponible a: <http://www.rs2010.org/files/u1/Conclusions_finals.pdf>.

Consejería de Economía y Consumo de Madrid. *Guía de rehabilitación energética de edificios de viviendas* [en línia]. [Consulta: 15 abril 2011]. Disponible a:

<<http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-de-rehabilitacion-energetica-de-edificios-de-viviendas-fenercom.pdf>>.

Cuchí, A. *Informe Mies*. Barcelona: UPC, 1999.

Departament de Medi Ambient i Habitatge. Generalitat de Catalunya. DECRET 187/2010, de 23 de novembre, sobre la inspecció tècnica dels edificis d'habitatges. *Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya* [en línia]. 2010, núm. 5764, p. 86763-86781 [Consulta: 26 febrer 2011]. Disponible a:

<<http://www.gencat.cat/eadop/imatges/5764/10322147.pdf>>. ISSN 1988-298X.

Departament de Medi Ambient i Habitatge. Generalitat de Catalunya. DECRET 21/2006, de 14 de febrer, pel qual es regula l'adopció de criteris ambientals i d'ecoeficiència en els edificis. (Correcció d'errades en el DOGC núm. 4678, pàg. 31460, de 18.7.2006). (Pàg. 7567). *Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya* [en línia]. 2006, núm. 4574. [Consulta: 26 febrer 2011]. Disponible a:

<<http://www.gencat.cat/diari/4574/06033084.htm>>.

Departament de Treball i Indústria. Generalitat de Catalunya. *Pla de l'energia de Catalunya 2006 – 2015* [en línia]. [Consulta: 12 març 2011]. Disponible a: <http://www.gencat.cat/economia/doc/doc_68879950_1.pdf>.

Di Pizzo, F. *Limitación de la demanda energética en edificios públicos del Ensanche de Barcelona (centros educativos Fase 1) y propuesta de certificación energética: CEIP La Sedeta*. Bosch, M. Projecte Final de Carrera, UPC, 2010. [Biblioteca Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona].

Diccionario de la Lengua Española [en línia]. [Consulta: 23 maig 2011]. Disponible a: <<http://www.rae.es>>.

DIPUTACIÓ de Barcelona. *Euronet 50/50* [en línia]. [Consulta: 27 març 2011]. Disponible a: <<http://www.euronet50-50.eu/>>.

Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010 , relativa a la eficiencia energética de los edificios. A: *Eur-lex. El acceso al Derecho de la Unión Europea* [en línia]. [Consulta: 20 gener 2011]. Disponible a: <<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32010L0031:es:NOT>>.

Directive 2006/32/EC of the European Parliament and of the Council of 5 April 2006 on energy end-use efficiency and energy services and repealing Council Directive 93/76/EEC. *Official Journal of the European Communities*, 2006, vol. 27, p. 64-85.

Dresner, S. *Els principis de la sostenibilitat*. Barcelona: Edicions UPC, 2009. ISBN 978-84-9880-360-0

The Energy Performance of Buildings Directive [en línia]. [Consulta: 17 gener 2011]. Disponible a: <<http://www.eceee.org/buildings/>>.

European Comission. Proposal for a Directive of the European Parliament and the Council [en línia]. [Consulta: 21 gener 2011]. Disponible a: <http://ec.europa.eu/energy/efficiency/eed/doc/2011_directive/com_2011_0370_en.pdf>.

Farreny, R. Roof selection for rainwater harvesting: Quantity and Quality assessments in Spain. *Water Research*, 2011.

Felipe de, J. J.; Sureda, B. *La medida y modelización de la sostenibilidad: Caso de estudio "La huella ecológica y los escenarios de futuro de la ciudad de Terrassa"* [en línia]. [Consulta: 27 maig 2011]. Disponible a: <<http://upcommons.upc.edu/revistes/handle/2099/9518>>.

Ferrer, D.; Granado, N.; Díaz, A. *ACA2 Procés d'Aplicació de Criteris Ambientals en l'Arquitectura*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, 2003. ISBN 84-7653-829-4

Fulghum, R. *All I really need to know I learned in Kindergarten*. New York: Ballantine Books, 1986.

GENERALITAT de Catalunya. *Agència Catalana de l'Aigua (ACA)* [en línia]. [Consulta: 2 abril 2011]. Disponible a: <<http://aca-web.gencat.cat/aca/appmanager/aca/aca/>>.

GENERALITAT de Catalunya. *Consorci d'Educació de Barcelona* [en línia]. [Consulta: 25 abril 2011]. Disponible a: <http://www.edubcn.cat/ca/el_consorci/que_es_el_ceb>.

Generalitat de Catalunya. *El Futur pla de l'energia i del canvi climàtic de Catalunya 2012 – 2020: PECAC 2020* [en línia]. [Consulta: 7 febrer 2011]. Disponible a: <http://www20.gencat.cat/docs/icaen/03_Planificacio%20Energetica/Documents/Arxius/Pecac2020.pdf>.

Generalitat de Catalunya. *Guia de la renovació energètica d'edificis d'habitatges* [en línia]. [Consulta: 15 abril 2011]. Disponible a: <http://www20.gencat.cat/docs/habitatge/Home/Secretaria%20dhabitatge/publicacions/2/20%20Guia%20renovacio%20energetica/Guia%20RE_CTPb.pdf>.

Generalitat de Catalunya. *Pla de l'energia de Catalunya 2006 - 2015* [en línia]. [Consulta: 22 gener 2011]. Disponible a: <http://www20.gencat.cat/docs/icaen/01_Estalvi%20i%20Eficiencia%20Energetica/Documents/Arxius/QuadernPlaEnergia.pdf>.

IDAE. *Cambiando los hábitos de consumo energético: directrices para programas dirigidos al cambio de comportamiento* [en línia]. [Consulta: 26 març 2011]. Disponible a: <http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_10457_BEHAVE_cambiando_habitos_consumo_09_bbf93f25.pdf>.

ITEC. Generalitat de Catalunya. *Norma reglamentària d'edificació sobre aïllament tèrmic* [en línia]. [Consulta: 12 abril 2011]. Disponible a: <http://www.itec.es/nouPdf.c/pdfs/Norma%20reglament%C3%A0ria%20d'edificaci%C3%B3%20sobre%20a%C3%AFlament%20t%C3%A8rmic%20NRE-AT-87_ITeC_2004.pdf>.

Klessmann, C. [et al.]. *Making energy-Efficiency happen: from potential to reality*. Netherlands: Ecofys, 2007.

Lazzarini, B.; Cendra, J. *Innovación tecnológica y cultura del consumo: la necesidad de una aproximación sistémica. II Congrés UPC sostenible 2015* [en línia]. [Consulta: 5 març 2011]. Disponible a: <http://upcommons.upc.edu/revistes/bitstream/2099/8155/1/47_lazzarini.pdf>.

López, F. *Sobre el uso y la gestión como los factores principales que determinan el consumo de energía en la edificación*. Tesis Doctoral, UPC, març 2006.

Ma, Xudong. [et al.]. *Supervisor and energy management systems of large public buildings*. A: *IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA)*. 2010.

Ma, Yuan. [et al.]. *Study on power energy consumption model for large-scale public building*. A: *Proceedings 2010 2nd International Workshop on Intelligent Systems and Applications*. 2010.

Machado, M.; Brito, C; Neila, J. *La cubierta ecológica como material de construcción*. *Informes de la construcción*, 2000, vol. 52, núm. 467, p.15-29

Massimo, D.E. Valuation of urban sustainability and building energy efficiency: A case study. *International Journal of Sustainable Development*, 2009, vol. 12, núm. 2-4, p. 223-247.

Mata, E. Optimization of management of building stock. *Energy and Buildings*, 2009, núm. 41, p. 1334-1346.

Ministerio de Fomento. *Norma básica de la edificación NBE CT-79 : condiciones térmicas en los edificios*. Madrid : Ministerio de Fomento. Secretaría General Técnica. Centro de Publicaciones, DL 1997.

Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. *Plan de acción 2008 – 2012* [en línea]. [Consulta: 27 gener 2011]. Disponible a:
<http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_Plan_de_Accion_2008-2012_19-07-07_con_TABLAS_PDF_ACC_2936ad7f.pdf>.

Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. *Plan de ahorro y eficiencia energética 2011 – 2020: 2º Plan de acción nacional de eficiencia energética de España* [en línea]. [Consulta: 2 febrer 2011]. Disponible a:
<http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_Plan_de_Accion_2011-2020_29072011_Version_Definitiva_4c46f595.pdf>.

Moreno, V. *Limitación de la demanda Energética en Edificios Públicos del Ensanche de Barcelona (Centros Educativos Fase I) y propuesta de certificación energética: "CEIP Àngel Baixeras". Bosch, M. Projecte Final de Carrera, UPC, 2010. [Biblioteca Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona]*.

A New knowledge culture, universities facing global changes for sustainability : EMSU International Conference, 15-17 October 2008, Barcelona, Spain : conference programme. [S.l. : s.n.], 2008.

Panayiotou, G.P. [et al.]. The characteristics and the energy behaviour of the residential building stock of Cyprus in view of Directive 2002/91/EC. *Energy and Buildings*, 2010, vol. 42, núm. 11, p. 2083-2089.

Paricio, A. *Secrets d'un sistema constructiu. L'EIXAMPLE*. 2ª ed. Barcelona: Edicions UPC, 2008. ISBN 978-84-8301-971-9

Paris, B. [et al.]. Heating control schemes for energy management in buildings. *Energy and Buildings*, 2010, vol. 42, núm. 10, p. 1908-1917.

Pérez-Lombard, L. A review of HVAC systems requirements in building energy regulations. *Energy and Buildings*, 2010. Article en premsa.

Poputoaia, D.; Bouzarovski, S. Regulating district heating in Romania: Legislative challenges and energy efficiency barriers. *Energy Policy*, 2010, vol. 38, núm. 7, p. 3820-3829.

Prince, C. *Environmental and Sustainability Education in Early Childhood: Creating a Community of Learners*. [s. l.]: VDM Verlag, 2008. ISBN 363902771X.

Procediment d'aplicació de l'ordenança solar de Barcelona [en línea]. [Consulta: 12 maig 2011]. Disponible a:

http://www.barcelonaenergia.cat/gestorost/documents/tecnic/1%20OST_Barcelona2006_Comentada.pdf >.

Rietbergen, M.; Bloka, K. Setting SMART targets for industrial energy use and industrial energy efficiency. *Energy Policy*, 2010, vol. 38, p. 4339-4354.

Rodríguez González, A. Towards a universal energy efficiency index for buildings. *Energy and Buildings*, 2011, vol. 43, núm. 4, p. 980-987. També disponible a: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778810004640> >.

Ruiz, G. *Bases per a la recerca en reducció d'emissions de CO₂ en edificació des de la perspectiva dels "edificis vius"*. Projecte de Tesi, UPC, març 2010.

Salat, S.; Nowacki, C. Th Mediterranean urban development: a Lesson of sustainability for the world. *International Journal of Sustainable Development*, 2011, vol. 14, núm. 1-2, p. 3-15.

Solanas, T.; Calatayud, D.; Claret, C. *34 kg de CO₂*. Barcelona : Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient i Habitatge, 2009.

Sustainable Buildings and Climate Initiative. *Buildings and Climate Change. Summary for Decision-Makers* [en línia]. [Consulta: 4 abril 2011]. Disponible a: <http://www.unep.org/sbci/pdfs/SBCI-BCCSummary.pdf> >.

Tian, P. [et al.]. Survey on energy consumption and indoor thermal environment of University Building in Changssha, Xina. A: *Proceedings 6th International Symposium on Heating, Ventilating and Air Conditioning, (ISHVAC)*. 2009.

Tronchin, L.; Fabri, K. A Round Robin Test for buildings energy performance in Italy. *Energy and Buildings*, 2010, vol. 42, núm. 10, p. 1862-1877.

Villate, C.; Tamayo B. *La pràctica de la arquitectura como racionalización sistémica*. 2010 [en línia]. [Consulta: 13 maig 2011]. Disponible a: <http://dearq.uniandes.edu.co> >.

Wals, A.E.J. *Message in a Bottle: Learning our way out of unsustainability*. Inaugural lecture. [en línia]. [Consulta: 3 març 2011]. Disponible a: <http://knowledge.cta.int/en/Dossiers/CTA-and-S-T/Selected-publications/Message-in-a-Bottle-Learning-our-way-out-of-unsustainability> >

Wang, Jiang-Jiang. [et al.]. Evaluation Indexes and methods of energy-efficient buildings. A: *Proceedings of the ASME 3rd International Conference on Energy Sustainability 2009*, 2009.

Ye, X. [et al.]. Investigation for energy consumption and analysis for energy –efficient buildings. A: *Proceedings of 2009 US-EU-China Thermophysics Conference-Renewable Energy Sustainability 2009*. 2009.

Agraïments:

En primer lloc vull donar gràcies a l'Inma Rodríguez Cantalapiedra pels anys que fa que treballem juntes en eficiència energètica. Va ser la meva professora, segueix sent-ho i, a més, fa una cosa importantíssima: em fa recuperar el pensament científic-tècnic quan la meva vena humanística se m'emporta.

Al Xavier Álvarez per la seva aparició en la meua vida. Hi ha gent que et trobes pel camí que et canvia de soca a arrel. La meua manera de veure el món ha canviat des que ell, amb el seu compromís i la seva valentia, m'ensenya tantes i tantes coses. Dono gràcies a tots els Déus que han intervingut provocant el nostre encontre.

A l'excel·lent grup de professores i professors del Doctorat en Sostenibilitat, Tecnologia i Humanisme, i en especial al Jaume Cendra pel seu encantador aire Wittgensteinià, a l'Andry Stahel per ensenyar-me a llegir el món en clau econòmica, al Juan Martínez per la infinita paciència que va tenir amb mi i pel seu veritable compromís humà, al Francesc Magrinyà per ser capaç d'articular un curs esplèndid des de l'anarquia, i al David Llistar, imprescindible en una Universitat ètica. També vull recordar al Domingo Rodríguez, qui em va encaminar dins el món acadèmic i a qui enyoro.

A tots aquells estudiants que han participat des de l'EPSEB, en els projectes finals de carrera amb els que hem treballat en els darrers 15 anys, tractant de llegir els edificis en clau energètica. En són tants que és impossible llistar-los sense córrer el perill de deixar-me'n algun. Vull destacar però la col·laboració dels col·legues Jordi Martí i en especial del Galdric Ruiz, qui ha passat d'una manera subtil i sempre amb un riure contagiós, d'alumne a mestre.

A les meues amigues Judith Ramírez, Mariluz de Vega i a la meua germana Imma, que sempre estan disposades a donar un cop de ma quan les circumstàncies em superen i que són una mostra del que pot donar de si la solidaritat femenina. Als meus pares Joan i Julia per ser un exemple, als meus fills Pau, Marc i Giulietta per obligar-me a ser-ho, i al Joan Vidal per seguir sent el millor company de viatge.

Finalment vull agrair al Joan Ramon Rosell la seva presència constant al llarg dels anys. Parafrasejant a Fulghum, tot el que he necessitat en aquesta vida professional ho vaig aprendre al principi: el rigor, la serietat, la importància d'una classe ben donada i tantes altres coses que he après d'ell. Li agraeixo també que em permeti cultivar-me i madurar des del despatx del costat, tot i que em costi fer-ho en silenci.

Barcelona, setembre 2011



Giulietta Vidal Bosch (8 anys) Barcelona 2009