



Escola Politécnica Superior  
d'Edificació de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

## ENGINYERIA DE L'EDIFICACIÓ PROJECTE FINAL DE GRAU

### PROPOSTES DE REHABILITACIÓ ENERGÈTICA: LA UNITAT DE MANÇANA DE L'EIXAMPLE

**Projectista/es:** López Jiménez, Patricia  
Plomer Anglés, Aida

**Director/s:** Bosch González, Montserrat

**Convocatòria:** Juny del 2011

## RESUM

Aquest projecte consisteix en analitzar l'Eixample com a prototip constructiu i entorn urbà existent i proposar una metodologia d'anàlisi per a potenciar i promoure la rehabilitació energètica dels edificis des de la limitació de la demanda. S'ha volgut proposar una metodologia d'anàlisi per a la millora dels tancaments d'un model força tipificat de manera que s'estalvi energia així com es progressi en l'eficiència energètica.

S'ha decidit estudiar, dins de la pell de l'edifici, les façanes perquè són els elements de l'envolvent que més s'allunyen de les prestacions de la normativa vigent.

Es poden apreciar dues línies de treball: primerament s'ha realitzat una introducció en un àmbit cultural i arquitectònic la qual cosa permet una acció d'identificació i avaluació dels sistemes constructius que actualment resideixen a l'Eixample. Des de la nostra humil perspectiva i corrent el risc d'imprecisió a l'hora de generalitzar, s'han definit uns tipus de seccions constructives de façana tipificant-los segons les èpoques de construcció.

La finalitat de definir una tipologia de secció constructiva ha estat estudiar el comportament tèrmic de les façanes de l'Eixample així com determinar les diferències entre l'arquitectura tradicional, de seccions molt similars, i l'arquitectura moderna, caracteritzada per la inclusió de cambres d'aire, d'aïllaments i, en els darrers anys, per la presència de paràmetres mediambientals. Amb el càlcul del comportament tèrmic s'ha volgut demostrar que aquestes solucions constructives no funcionen com deurien, sobretot les classificades com a solucions tradicionals, i per aquest motiu s'ha fet més incidència sobre aquestes. Cal comentar que aquest fet és degut a que les exigències actuals no són les que eren.

Dins d'aquesta línia també s'ha de fer menció de la recopilació de cinquanta-set projectes proporcionats pel Departament d'Expressió Gràfica Arquitectònica II amb els quals s'ha pogut determinar l'estil constructiu predominant a l'Eixample, el *Premodernisme*, i el percentatge d'edificis que estan construïts amb mancança d'aïllament tèrmic<sup>1</sup>. Per fer un estudi més acurat s'ha escollit una illa, la que més diversitat d'edificis en quant a èpoques constructives disposava, per profunditzar en l'estudi dels paràmetres que incideixen, ja sigui directa o indirectament, sobre el comportament tèrmic.

L'altra línia de treball està basada en la recerca de materials aïllants i en la proposta de sistemes de rehabilitació de façanes mitjançant aïllament tèrmic que puguin ser futures solucions d'estalvi energètic.

S'ha realitzat un estudi del comportament tèrmic dels aïllaments i s'ha fet una recerca d'empreses que poguessin facilitar les dades tècniques. La finalitat ha estat crear una taula on es determina quins dels aïllaments estudiats són vàlids per a les propostes definides. Finalment s'ha realitzat una comparativa amb la finalitat de seleccionar l'aïllament més viable per a cada solució en funció de l'estalvi energètic que s'aporta amb les respectives solucions.

Per últim s'ha conclòs amb un resum de la metodologia descrita paral·lelament al projecte .

La proposta de metodologia defineix tots els aspectes que haurien d'intervenir en el procés, però es circumscriu a la millora de les pells com a factor clau vinculat al fet patrimonial del que és i significa l'Eixample per a la ciutat de Barcelona.

<sup>1</sup> La determinació del percentatge de l'estil predominant a l'Eixample així com el percentatge d'edificis amb aïllament tèrmic s'ha realitzat de les cinquanta-set illes de les que disposem informació.



## PREFACE

*“Barcelona set beautiful”* was an initiative proposed by the City Council of Barcelona with the aim that the campaign encourage to local administration, citizen, institutions and companies of the city to protect and improve the urban landscape in order to offer more living quality to the inhabitants.

It was in 1985 when the Council Plenary of the City Council of Barcelona approved the first regulatory procedure of the Campaign for the Protection and Improvement of the Urban Landscape; it was the point to start of the current activities of the Institute.

On June 1986 when launched the campaign of *“Barcelona set beautiful”* in order to announce the programs of aids to the citizens to promote the participation in the project of urban regeneration. During the next years realized several rehabilitations of modernist houses with agreements of collaboration with several companies. Owing to the approach of the Olympic Games in 1992, Barcelona focused in the straight final of *“Barcelona set beautiful”* with the intention that the city enjoys the perfect appearance for this event.

In 1993, once the Olympic Games were finished and more than five thousand facades were rehabilitated, the City Council decided to see as finished this campaign and destined the budget to cover the cost of the numberless works in course, act that was rectified the next year because of the long number of letters and calls for the campaign.

The campaign was modified because a severe accident where a pedestrian died for a loosening of a facade, it was the cause that in 1998 modified purchasing the name of *“Barcelona dresses beautiful and safe”* where the City Council bet for give information about their special helps for the building rehabilitation in risk situation.

During all these years has been acting on the urban landscape restoring and cleaning facades, rehabilitating the covers, repairing and waterproofing the walls, conditioning spaces deprived in green zones, improving the sanitary conditions of the establishments for the public, soundproof, on the mend the external image of the trades, deleting architectural barriers, etc. With the intention to stand out again the beauty that save this city at same time that it bet for a safe city.

Our intention is to question this initiative because the current bet would have to be a third campaign: *“Barcelona set beautiful, safe and efficient”*.

What do we understand for this new slogan? We think that it isn't only about the esthetic of the city, and a part from this aspect, we think that is very important to motivate the society routing the building to the sustainability, to use the renewable energy to rehabilitate showing that in the long run is more economical and healthy.

## PREFACI

*“Barcelona posa't guapa”* va ser una iniciativa proposada per l'Ajuntament de Barcelona amb l'objectiu de que la campanya animés a l'administració local, ciutadans, institucions i empreses de la ciutat a protegir i millorar el paisatge urbà de manera que s'oferís més qualitat de vida als habitants.

Va ser al 1985 quan el Consell Plenari de l'Ajuntament de Barcelona aprovà el primer procediment regulador de la Campanya per a la Protecció i Millora del Paisatge Urbà; va ser el punt d'arrencada de les actuals activitats de d'Institut.

Al Juny de 1986 és quan es llançà la campanya de *“Barcelona posa't guapa”* per tal de donar a conèixer els programes d'ajuts als ciutadans per promoure la participació en el projecte de regeneració urbana. Durant els anys posteriors es van realitzar diverses rehabilitacions de cases modernistes amb acords de col·laboració amb diverses empreses. Degut a l'aproximació dels Jocs Olímpics de 1992, van entrar en la recta final de *“Barcelona posa't guapa”* amb la intenció de que la ciutat gaudís d'una perfecta aparença per aquest esdeveniment.

Al 1993 un cop finalitzats els Jocs Olímpics, i amb més de cinc mil façanes rehabilitades, l'Ajuntament va decidir donar per finalitzada aquesta campanya i destinar el pressupost a cobrir el cost de les innumerables obres en curs, acte que va ser rectificat l'any següent pel gran nombre de cartes i trucades a favor de la campanya.

La campanya es va veure modificada al produir-se un greu accident on un vianant va morir per un despreniment de façana, de manera que al 1998 es modificà adquirint el nom de *“Barcelona posa't guapa i segura”* on l'Ajuntament va apostar per donar a conèixer els ajuts especials per a la rehabilitació d'edificis en situació de risc.

Durant tots aquests anys s'ha estat actuant sobre el paisatge urbà restaurant i netejant façanes, rehabilitant les cobertes, reparant i impermeabilitzant les parets mitgeres, condicionant espais privats en zones verdes, millorant les condicions sanitàries dels establiments freqüentats pel públic, insonoritzant, millorant la imatge externa dels comerços, eliminant barreres arquitectòniques, etc. amb la intenció de ressaltar novament la bellesa que esguarda aquesta ciutat a la vegada que s'aposta per una ciutat segura.

La nostra intenció és demostrar que aquesta iniciativa torna a ser errònia i que realment s'hauria d'apostar per una tercera campanya: *“Barcelona posa't guapa, segura i eficient”*.

Què entenem per aquest nou lema? Que no només hem d'intervenir d'una manera estètica en la nostra ciutat sinó que hem de motivar a la societat a encaminar la construcció cap a la sostenibilitat, on utilitzem la energia renovable per a fer les nostres rehabilitacions demostrant que a la llarga és més econòmic i saludable



## 1. INTRODUCTION

The Final Project of Degree means a challenge for the student in regarding that it finds forced to find the learning line that complement the teaching ruled that has received during the studies of the Engineering in Edification. It's at this moment when the different interests and interests put on the table and it is necessary to take the decision on which subject look for, like developing it, with which resources and with which aims.

In our case, having skilled our learning in questions related with the technology, the environment and the sustainable building, seemed us that work on edification in existence and search types of intervention with the aim to reduce the energetic consumptions associated with the use and the exploitation of the buildings could be an interesting and feasible proposal for a PFG. In this stage, we contacted with the Teacher Montse Bosch, who made us the proposal to work about the group of building to "The Eixample" in Barcelona and the possible interventions from the unitary object of the block. It seemed us that it could be an interesting work and here we show the results of almost a year of work.

The split data for our project have been some PFC's and PFG's realized previously for students of our School and tutorial section from the Architectural Graphic Expression Department II. We would like to say in this presentation to thank to the partners their work and because it has been a big value as a documentary base on this work. From this first task of data collection already realized, in high quality, we began to build the skeleton of our own work.

We basically have done methodological work: we have classified the buildings of "The Eixample" (of an important part of the group of buildings and of which we had more previous information); we have analyzed an island as a unitary object that was representative of the building model; we have researched, checked, supposed, analyzed, drawn and question the different current constructive solutions.

We have read the buildings since different points of view, formal, stylistic, statistical, in percentages of empty and full, numerically, etc; we have searched about intervention proposals in facades so much next like other European fields to learn rehabilitating; we have put in question our

learning, have argued, reflected about it, agreed and questioned what see, calculated and supposed. We have worked so looking forward but also have had our moments of crisis, and we have achieved to finish this work with satisfaction.

"The Eixample" forms part of our heritage and does of Barcelona an only city with an own architecture that, although it's enough recognized, suffers problems and sample lacks that everybody know well enough. There is, since some years ago, a will of the administrations and of the private entities to improve, to adapt at new uses, rehabilitate and keep a group of buildings that form an urban and organized plot, comfortable and more sustainable than the most of models of widespread city. The campaigns "Barcelona dressed beautiful" and "Barcelona dressed beautiful and safe" were in his moment some milestones in the planning of the recovery of the central district of the city. We believe that in the current tessitura regarding the need to reduce the energetic demand of the buildings, Barcelona has "dressed" also efficient energetically, and believe that the interventions in facade are an big opportunity.

We expect this work will have continuity with new projects that students consider that the energetic rehabilitation is a need and an interesting bet for the future and how provide new tools that add value to "The Eixample" in Barcelona as a good solution of the Mediterranean city.

## 1. INTRODUCCIÓ (Versió català)

*El Projecte Final de Grau significa per a l'estudiant un repte en quant a que es troba obligat a cercar la línia d'aprenentatge que complementi la docència reglada que ha rebut durant els estudis de l'Enginyeria en Edificació. És en aquest moment clau quan les diferents inquietuds i interessos es posen sobre la taula i cal prendre la decisió sobre quin tema buscar, com desenvolupar-lo, amb quins recursos i amb quins objectius.*

*En el nostre cas, havent especialitzat el nostre aprenentatge en qüestions relacionades amb la tecnologia, el medi ambient i la construcció sostenible, ens va semblar que treballar sobre edificació existent i cercar maneres d'intervenció amb l'objectiu de reduir els consums energètics associats amb l'ús i l'explotació dels edificis podia ser una proposta interessant i factible per a un PFG. En aquest escenari, vam contactar amb la Professora Montse Bosch, que ens va fer la proposta de treballar sobre el parc edificat a l'Eixample de Barcelona i les possibles intervencions a partir de l'objecte unitari de la mançana. Ens va semblar que podia ser un treball interessant i aquí mostrem els resultats de quasi un any de feina.*

*Les dades de partida per al nostre projecte han estat alguns PFC's i PFG's realitzats prèviament per estudiantat de la nostra Escola i tutorats des del Departament d'Expressió Gràfica Arquitectònica II. Volem dir-ho des d'aquesta mateixa presentació per agrair als companys la seva feina i perquè aquesta ha estat un gran valor pel que ha significat com a base documental sobre la que treballar. A partir d'aquesta primera tasca de recopilació de material ja realitzat, d'una altíssima qualitat, vam començar a construir l'esquelet del nostre propi treball.*

*Hem fet una feina bàsicament metodològica: hem classificat els edificis de l'Eixample (d'una part important del parc edificat i de la qual disposàvem d'informació prèvia); hem analitzat una illa com a objecte unitari que fos representativa del model edificatori; hem cercat, comprovat, suposat, analitzat, dibuixat i posat en qüestió les diferents solucions constructives actuals; hem "llegit" els edificis des de diferents punts de vista, formals, estilístics, estadístics, en percentatges de buits i plens, numèricament, etc; hem cercat propostes d'intervenció en façanes mitjançant aïllament tèrmic; hem posat en qüestió el nostre aprenentatge, hem discutit, reflexionat, acordat i qüestionat el que veiem, calculàvem i suposàvem; hem treballat amb il·lusió però també hem tingut els nostres moments de crisi, i hem aconseguit acabar aquest treball creiem que de manera prou satisfactòria.*

*L'Eixample forma part del nostre patrimoni i fa de Barcelona una ciutat única amb una arquitectura pròpia que, tot i estar prou reconeguda, pateix problemes i mostra carències que coneixem prou bé. Hi ha, des de fa anys, una voluntat de les administracions i de les entitats privades per millorar, adequar als nous usos, rehabilitar i mantenir un conjunt d'edificis que conformen una trama urbana endreçada, confortable i més sostenible que la majoria de models de ciutat estesa. Les campanyes "Barcelona posa't guapa" i "Barcelona posa't guapa i segura" van ser en el seu moment unes fites en el plantejament de la recuperació del barri central de la ciutat. Creiem que en la tessitura actual pel que fa a la necessitat de reduir la demanda energètica dels edificis, Barcelona ha de posar-se també eficient energèticament, i creiem que les intervencions en façana mitjançant aïllament tèrmic són una oportunitat clau. Tal com consta a l'informe CEPS 2007, les mesures més efectives per reduir les emissions de CO<sub>2</sub>, principal causa del canvi climàtic, destaca l'augment dels nivells d'aïllament tèrmic amb la millor relació cost-benefici.*

*Esperem que aquest treball tingui continuïtat amb nous projectes que considerin que la rehabilitació energètica és una necessitat i una aposta de futur i que proporcionin noves eines que afegixin valor a l'Eixample de Barcelona com a una molt bona solució de ciutat mediterrània.*

## 2. HISTORICAL CONTEXT<sup>1</sup>

### 2.1. Historical situation

Eixample constitutes an urban fragment very clear-cut, reflexes of the growth caused by the industrialization. The industrialization caused changes and urban transformations that modified radically the shape and the appearance of Barcelona.

This process of urban growth answers to the needs of the cities of arrange of more space as a consequence of the increase of population owed to the demographical migration from the countryside to the city and to as a consequence of the industrial expansion produced by the Industrial Revolution.

In the beginning of the nineteenth century, the mediaeval walls of Barcelona were sufficiently big to receive a city that grew, but with the start of the industrialization process they got small with the new factories and with the consistent growth of the population. Owed to the prohibition of build out of the walls, because it was considered a military zone and exclusively agricultural, the industries and the neighborhoods of the workers were settled in the villages around the city like Sants, Sarrià, Sant Andreu, Sant Martí and Gràcia, places that became finally industrial villages.

The relation between the city and the villages around it was very intense. From the "Portal de Sant Antoni" started the path to Sants, to the "Poble Sec" and "Hostafrancs", from the "Portal del Angel" the path to "Gràcia" and "Sant Gervasi" and other paths went to "Sarrià" or "Sant Andreu". The traffic was so intense that it was settled regular services of horses.

At this moment were born some roads that nowadays are still preserved and those that arose for the need of communication like "Passeig de Gràcia".

More and more, the walls precluded the growth of the city and it was a time ago that the City Council considered to demolish them. It was between 1854-1856, during a brief and progressive period of two years, when the demolition of the medieval

walls of the city was, which were reinforced in the XVIII Century. This

fact, left more space for the wish and need of expansion. In 1858, the central Government conceded the possibility of build out of the walls.

After this demolition, the "Eixample" project began. Already, since the thirty's had gone proposing a set of solutions, the most consistent was a project of the architect Miquel Garriga i Roca who developed one widen (Eixample) between Barcelona and Gràcia getting profit of the walk that already was traced since 1827. It was in 1854 though, when the engineer Cerdà began to prepare a topographic map about the external area of the city while the City Council (thanks to Garriga i Roca) made the geometric map to the internal area of the city. It was necessary to get ready a cartographic base as much of the city and of the Barcelona's Plan.

Cerdà and his collaborators, who one of them was the boss of work Josep Fontserre, carried out the creation of the topographical map from fourteen sheets to scale 1/1.250, doing accurately the topography of the terrains with crooked of level to each meter height. The general map, apart from incorporating statistical and interesting news, was the base used for all maps done after the "Eixample" map. (Picture 2.1).

For Cerdà it was very important to prepare the topographical map to have the exact knowledge of the area to urbanize. This topographic map was done with an exceptional quality. From Besós to the sea behind Montjuic, it was realized in scale 1:5000 with corves of level to each meter.

The internal area of Barcelona appears in white because the City Council had not done any topographical map and it won't be until 1862 when Miguel Garriga i Roca made his planimetric thorough of the old city to scale 1: 250. After 1895, Pere Garcia Fària did a proposal of water's provision, evacuations of clean and dirty waters and extraction of rubbish. In 1928 Vicent Martorell made the last modification.

Cerdà was already very interested during a long time in the problems of the city and took advantage of this knowledge and the influential position that had in Madrid to present, by his account, a project of the flat and achieve that they left he does the last and definitive study. In this

project of the "Eixample" was reflected his idea of An egalitarian city where everybody could live in similar conditions.

In November 1855 he presented his project in a transparent paper over the topographic plan with the possibility to superimpose it.

This cause and the political influence of the bourgeoisie and middle-class prompt that the City Council did a step back and cancel this project that they recently had accepted.

First of all, this decline was because the government didn't want to do it, and, secondly, due the long areas that the government thought it was wasted in gardens and aesthetic questions.

Owed to this denial and to the real need of a project that give the possibility of expansion of the city, in 1859 the City Council summoned a town-planning contest where there were presented the most important Teachers and Architects of the city like were "Garriga i Roca" (Picture 2.2), "Soler i Glòria" (Picture 2.3), "Fontserre i Mestres" (Picture 2.4), etc.

We can speak about two types of approach: the approach of people that understands the Eixample like an extension of Barcelona and another which understands it like the project of the city of the future and not only like an extension of it.

Finally, Rovira i Trias, the local architect in that moment, was the winner. This project was more appropriate to the wishes of the bourgeoisie that the one of Cerdà.

At the same time, Ildefons Cerdà introduced his own project in Madrid, and it was passed for Royal Decree in 31th July 1959 and its execution began immediately, a fact that supposed a lot of critique to Cerdà discrediting and not appraising his big project. The Cerdà Plan was born with a political and popular opposition.

### 2.2 Rovira and Trias's projects

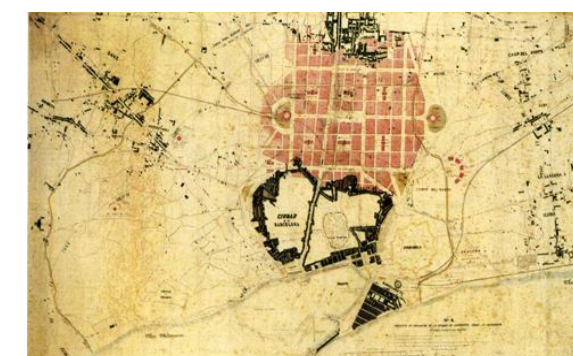
The winner of the local context proposed by the City Council in 1859 was Rovira i Trias (1816-1889), local architect in that moment.

He proposed a radial growth, limited by a channel based in four axis grains that linked the villages of the plan with the old city through a big square. These axes separated the five big sectors formed

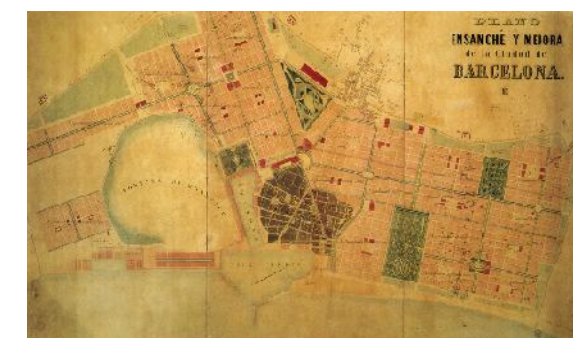
by islands formed between streets of twelve meters width.



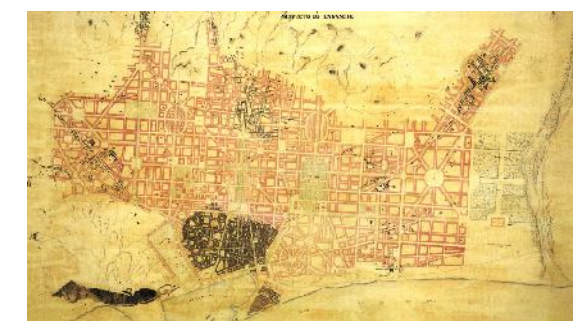
Picture 2.1: Topographic map of Barcelona and external area and the project before the "Eixample" of Ildefons Cerdà, 1855. (General captaincy of Barcelona).



Picture 2.2: The project before the "Eixample" number 4, signed by Miquel Garriga i Roca in 28th November 1857.



Picture 2.3: "Eixample" Project by the engineer Francesc Soler Glòria, the first qualified of the local context in 1859.



Picture 2.4: "Eixample" Projected by Josep Fontserre i Mestres, Third qualified of the local context in 1859.

<sup>1</sup> In Annexed 1 are available throughout the translated text in Catalan, both Historical context and the Analysis of building systems.



The central sector that joined Barcelona with Gràcia was the most studied and the point of split for extension of the city. His layout, with abundant green zones and timely prospects, kept the walk of Gràcia as a central axis.

The plot of Rovira answered to a contemporary and residential model of the Eixample like the "ring" of Vienna or the project Haussmann of Paris. *Picture 2.5.*

### 2.3. Ildefons Cerdà's project

Ildefons Cerdà i Sunyer (1815-1876), studied Paths Engineering. It worked as an engineer for the government until he asked for an extended leave of absence, to establish himself in Barcelona.

His progressive ideology brought him to take part actively to the public life, reaching be deputy in "Les Corts" of Barcelona and president of council of Barcelona, apart from other activities.

He published his General Theory of town-planning that tried to solve the problems of the demographical concentration of the cities and problems of the industrial development, theories that largely already had applied previously to the Project for the internal reform of Barcelona.

His aim was to improve the living conditions of all the society (for his healthy ideology; it was fellow of Monlau, Cabet and others) as well as the development of the transport and of the human displacement. He pursued the maximum methodological objectivity, moving from statistical study thorough of the living conditions to the internal area of the city.

The Cerdà's project was accepted in Madrid and it began immediately. *Picture 2.6.*

### 2.4. The Cerdà's plan

Cerdà created his project having the physical, mental and social health of the citizen in mind. Therefore it builds blocks of big dimensions with inner playgrounds, where the façades of the buildings would have view to the exterior part and the inner of the block.

He proposed a town-planning project to resolve the problems that created the structure of the ancient cities. Cerdà elaborated the General

Theory of the Urbanization (1858), that later applied concretely as a big part of the memory of his project of the "Eixample".

### 2.5. The Eixample

The Eixample covers a big extension of terrains from the limits of the mediaeval city to the ancient neighboring populations.

It's conceived like a regular square formed by the longitudinal axes of his streets separated between sinuses for a distance of 133, 33 meters. *Picture 2.7.*

The urban square posed by Cerdà represented the egalitarian city, dividing the neighborhoods in city councils, markets and parks, as the ideas of the Liberal Party to which Ildefons belonged.

It is formed by an orthogonal plot and square islands of 113,33 x 113, 33 m creating "xamfrans" with his vertices of 15 meters, in such a way that they create one surface of 1,24has.

It extends from the Llobregat to the Besòs with an orientation parallel and perpendicular to the sea. This does an orientation of the vertexes of the square to coincide with the cardinal points and therefore all his sides have direct light of the sun all along the day (importance that the designer concedes to the sun phenomenon). *Picture 2.8.*

Between those islands roam always continuous roads of 20 of width, 10 m of these roads destined to 5 m of pavement to band and band of the shod. There are several streets like the Diagonal, Gran Via, Parallel, etc. that are between 50 and 70 m of width.

Inside the space of each block, Cerdà created two basic shapes to situate the buildings: one presented two parallel blocks situated to the opposite coasts, leaving to his interior a big rectangular space destined to garden, *Picture 2.9.*, and another that presented two blocks joined in shape of a 'L' situated to his contiguous sides of the block, remaining to the rest a big square space also destined to garden, *Picture 2.10.*

The succession of blocks of the first type gave as a result a big longitudinal garden that crossed the streets and the group of four blocks of the second type formed a big square built crossed for two

perpendicular streets and with his four gardens joined in one.

With the time the project of Cerdà was negatively corrected one and other time, partly for the speculative anxieties but also partly because the economic level of Barcelona could not allow those dreams.

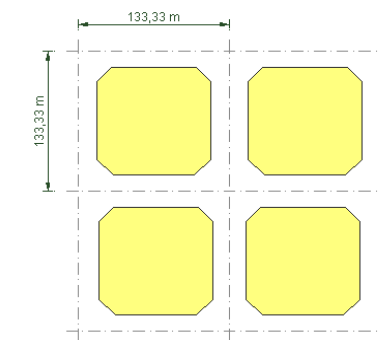
They exposed that if the streets were of 20 meters the width could grow of the buildings to this same distance. It occupied later the central zone of the blocks with constructions the low destined most of the cases to workshops and small familiar industries, disappearing like this the greater part of the central gardens.



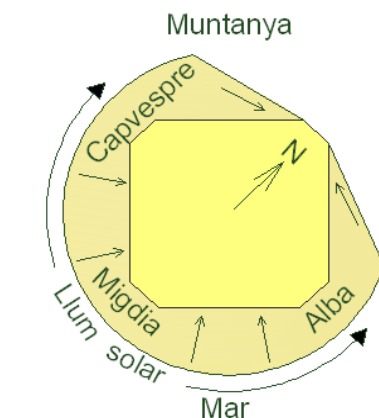
*Picture 2.5: Eixample's Project by the architect Antoni Rovira i Trias, 1859.*



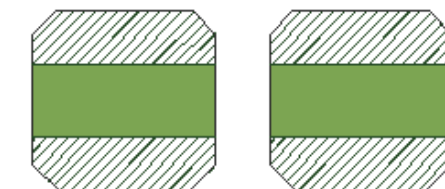
*Picture 2.6: Cerdà, 1859 (Archives of the Real Academia de Bellas Artes de San Fernando in Madrid).*



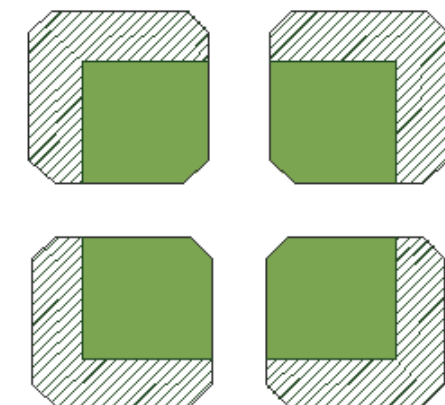
*Picture 2.7: Orthogonal length. Source: Own made.*



*Picture 2.8: Sunlight scheme island. Source: Own made.*



*Picture 2.9: Succession of the islands with longitudinal courtyard. Source: Own made.*



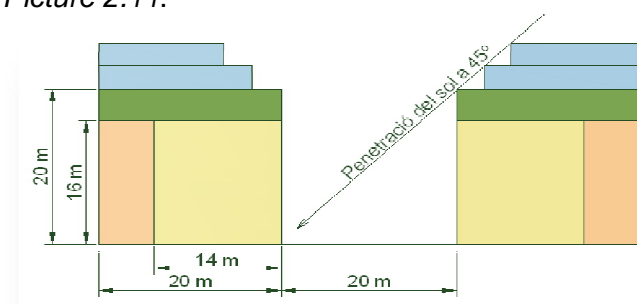
*Picture 2.10: Aggregation of four islands with group garden. Source: Own made.*

Like last resource to increase the only already built joined the two lateral already built with buildings that joined them, closing for complete the blocks. At present in Barcelona are trying to recover many these inner playgrounds with the "Proeixample's initiative", *Annexed 2*.

Besides this, they wanted to that the buildings instead of having 16 m height had 20 m since they argued that to be the streets of 20m being the sun to 45° give light any building in his whole without that any neighboring building him give shadow.

This argument joined to the building of ceilings lower gave as a result two flats of height more.

Following with this theory, achieved to increase the space built without how the shadow affect, withdrawing the façade to the inner of the building, being born in this way the flat attic and the after-attic, withdrawing even more the façade. *Picture 2.11*.



Picture 2.11: Evolution of height of the buildings.  
Source: Own made.

## 2.6. The evolution of the Eixample

The Eixample has had three different fields of growth. The central sector situated between Barcelona, Gràcia, Hortafrancs, the railway of Granollers, the Glories, and the "Camp de l'Arpa" the industrial sector of Sant Martí or Poblenou between the Eixample central and "Sant Joan de Malta", and the sector of houses of Sant Martí or Poblenou situated to Levanter of Sant Joan of Malta and above the street Peru.

The central sector has a continuous growth since the beginning and practically in one hundred years (verse 1960) is all developed, although they remain some pieces of street to open and solar for build. The uses of this field are at present residential and tertiary activities, especially offices.

The productive activity of the low plant practically has disappeared.

The industrial sector is to the south of Sant Martí, between the central Eixample and Sant Joan of Malta, and presents a very different situation, apart from a small residential growth around the initial axis of Sant Joan of Malta, an important part of the territory developed with industrial activities mixed with a small part with houses.

Another important part, the sector north and oriental house of Sant Martí, situated above the street Peru and to levanter of "Selva de Mar", didn't began to develop until the years fifty of the century XX, especially from the Local Plan of 1953, that proposed a strong residential development of Barcelona to Levanter and speaker of the Diagonal and that represented a strong building of polygons of houses between 1950 and 1970. This entire sector is as recent that even there are agricultural parcels that ever have not been built. The recent character of Poblenou also is in the industrial areas ancient that have not developed the fine urbanization does a lot little.

This industrial activity initial, complemented afterwards for the residence, has derived in this true decade the tertiary activities, of research and development with the project called 22@, that converts the Poblenou in one of the most varied fields of the city regarding the basic urban activities.<sup>2</sup>

Cerdà thought that the centre of the city would displace to the square of the Glories. In reality the centre continues being the square Saint Jaume and a sample of the resistance to disappear of the old European cities.

<sup>2</sup> "Cerdà i la Barcelona del futur. Realitat versus projecte". Una producció de l'Any Cerdà, la Diputació de Barcelona i l'Ajuntament de Barcelona. Page 131.



### 3. ANALYSIS OF BUILDING SYSTEMS

#### 3.1. Introduction

The Eixample building systems that are based on a very simple and repetitive structure consisting of the use of ceramic mortar and shaping the work of brick, a traditional system that was repeated during subsequent periods until the arrival of new solutions.

We can see a difference, both visually and structurally, between constructions during 1890-1936 and later. The first period corresponds to the time Traditional (Pre-modernism, Modernism and Postmodernism) and the second period, Modern Architecture (Architecture Contemporary Architecture and New Concrete Solutions).

This study is aimed at traditional buildings of the period considered as corresponding to 83.17% of the existing building in the Eixample<sup>3</sup> and therefore considered that the lack of heat can come from these closures constructive solutions.

We have conducted a brief paragraph about modern architecture but for the most comprehensive study of the parameters that define the model building, the facade of the building elements, materials and construction techniques we have focused on the traditional constructions.

#### 3.2. Architectural Framework

##### 3.2.1. Traditional Styles

The buildings constructed during this period share the same constructive characteristics. This is a solution by masonry brick (depth or solid, 29 x 14 x 5 cm) coated exterior, either rendering, plastering and scratch work. Of the different types of linings it is speaked in section 3.6.2.

There is a difference in thickness along the front, Figure 3.1, where a ground floor used a thickness ranging from about 60 cm on the upper floors while the width varies between 15 and 30 cm. This variation of the sections produced an alteration in the thermal behavior of the facade as it breaks the

continuity of the household. A higher density always provides a better thermal behavior, therefore, although the facade was made by the same materials, thermal transmittance on the ground floor is above the plant type.

Note that the upper floors of ceramic materials were used and the mortar while the ground floor are three types of solutions: stone ware, kitchenware mixed (stone and brick) and kitchen brick. Another aspect to note is the relationship of the facade to the building where the front is a wall of a structural system of load-bearing walls.

Here are the three periods that define traditional systems:

##### Premodernism (1860-1900):

This is the initial period of development of the Eixample. It is a period of uncertainty typology, which are built on different types of buildings, many isolates with low regulatory heights up to three floors, where the singularity of the corners are often engaged in constructing noble buildings.

It's architecture is classic, very austere, flat facades and vertical axes arranged from very highlighted that promote symmetry. From the standpoint of horizontal stresses in the tripartite composition, a ground floor or basement, called the base, a household and a central crown. All these surfaces coated stucco that mimics stone, *Picture 3.2.*

##### Modernism (1888-1915):

This movement coincides with the first generation of architects who were graduated in *Escola de Barcelona*. They are still holding on to styling references and external current and projected architecture that could described as "selective" This generation faces the monotony of Cerdà and proposes a kind of monumentalitation city.

The modernist architecture disclaims tripartite composition, the interior spaces hierarchy, emphasizing the flat "main" with high volumes and foreign-based platforms, enhancing the pediments in the crown of the facades and stressing the

corners of the corners, *Picture 3.3.* As extreme examples there are *La Pedrera* and *La Casa de les Punxes*.

##### Postmodernism (1910-1936):

During this period, which aims to show a continuity of classical architecture with modernism as a unique aesthetic.

Postmodernism is presented as an architecture evolved into an academic classicism. The compositions according axis vertical and tripartite in stature remain, and even the crown is significantly stressed in the buildings. This can be seen from a roof-shaped and covered with slate mansard or backed with penthouses on the sides of the facades, *Picture 3.4.*

##### 3.2.2. Modern Architecture

From this time there are other types of solutions more variables. It begins to build with double-blade enclosures, join chambers of air, insulation, curtain walls, etc. solutions that have evolved trying to improve the shortcomings of previous systems.

You begin to build pillars with which the relationship of the facade to the building takes two routes, one hand can operate as a load-bearing wall, structural element, on the other as an independent element of the structure, closure. In addition to the solutions with curtain wall facade is based on closing.

Here are the three periods defined by the Modern Architecture:

##### Contemporary Architecture (1936-1960):

Contemporary art is a reinterpretation of postmodernism giving freedom to the architects to develop new techniques.

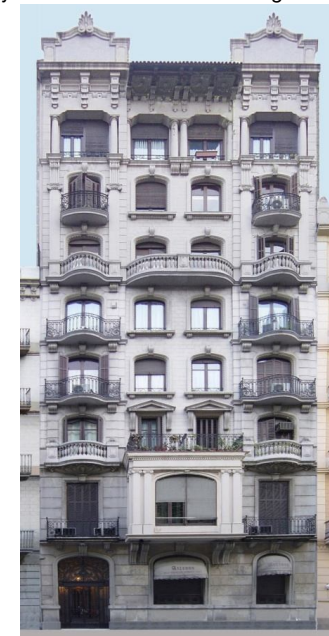
It is divided into two periods. In the first period (after The First World War) is an rationalization architectural seek to defend functionalism in buildings (buildings with no decoration, break with the historical values and the influence of industrial production ) headed by GATCPAC (Group of Catalan Artists and Technicians for the Progress of Contemporary Architecture, 1930).



Picture 3.1: Difference in thickness between the ground floor facade and types facade. *Còrsega, 294.* Source: Own made.



Picture 3.2: Premodernism style (1872). *Roger Flor, 85.* Source: *Projectes d'Aixecament i Catalogació de l'Eixample.*



Picture 3.3: Modernism style (1888). *València, 288.* Source: *Projectes d'Aixecament i Catalogació de l'Eixample.*

<sup>3</sup> Note that this percentage corresponds to the set of buildings which information is available. The equivalent percentages for each period is shown in paragraph 4.1.2.2. Predominant style on every block Eixample in general.





Picture 3.4: Post-modernism style (1928). Casanova, 176.  
Source: Projectes d'Aixecament i Catalogació de l'Eixample.



Picture 3.5: Contemporary Architecture (1945). Còrsega, 235.  
Source: Projectes d'Aixecament i Catalogació de l'Eixample.

The next term, in 1950, with the Group R (another architectural movement) arose as a reaction against cutting academic monumental architecture developed in the Spanish post-war years, with the intention of fitting in with the activities developed by GATCPAC.

The group fed of rationalism and current international Vanguard and of various styles The group was nourished by rationalism and the current international Vanguard and of various styles practiced earlier in Catalunya. Therefore, contemporary architecture is marked by architectural rationalism, *Picture 3.5*.

### Concrete Architecture (1960-2000):

This period continues with an architecture that combines constructive rationalist language using traditional materials, giving special emphasis to the functionality and design. As well as promoting new systems and trends highlighted by free use of languages with historical trend eclecticism.

The determining factor that changed forever the way to design and to construct the buildings was the use of new materials such as steel and reinforced concrete above. This material was very tough and economical at the same time, so it could compete with stone, wood and iron.

The only aspect that could not compete with the stone was the aesthetics of the facade, as the stone represented the nobility of the buildings while the concrete was completely neutral.

Therefore, new structures were initially hidden, disguised by a coating suitable. It was a way to respect the work of the architect to provide a total artistic freedom.

Some time ago, architects and Anatole de Baudot already tried to show that the new material could lead to a new architecture based on the expression of their properties, *Picture 3.6*.

### New solutions (2000-2012):

This period is from about 2000 until now. With new solutions we look for a simple but stunning beauty for the new building that catches attention and relevance is valued above the buildings that belong to a different historical context.

Formerly the architects showed the value of a property, enhancing and ornate the facade. Today we go further with this vision and we are building comfortable, useful and efficient buildings in a way that help with the environmental problem.

The different building styles in Barcelona are a proof that throughout the history of the city it has been influenced by various cultures and civilizations which have contributed. to its construction- Each historical period has had concrete and definable characteristics that have evolved over time and were able to respond to specific artists that have emphasized more of these characteristics, *Picture 3.7*.

### 3.3 The parameters that define the model building of the Eixample

The vast majority of buildings in the Eixample are solved with two dwellings per floor and building techniques that can be systematized and made everything by hand. Almost looks like a repetitive pattern that varies primarily in the urban image according to different aesthetic.

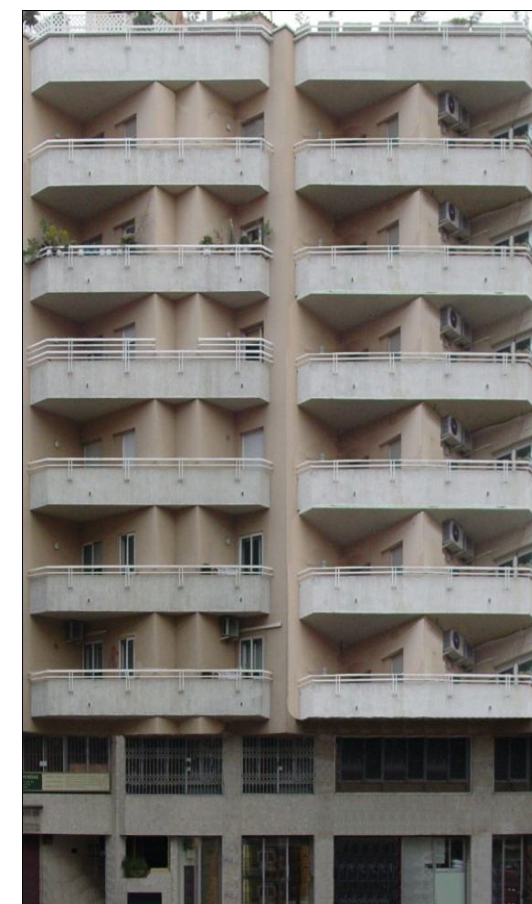
The following parameters define the most representative:

The **parcellary** is the starting point of the entire construction process. The aim is to the perpendicularity between joint ownership and facade to facilitate the regularization of fragmentation of the inner space of the future building and the best adaptation of construction system.

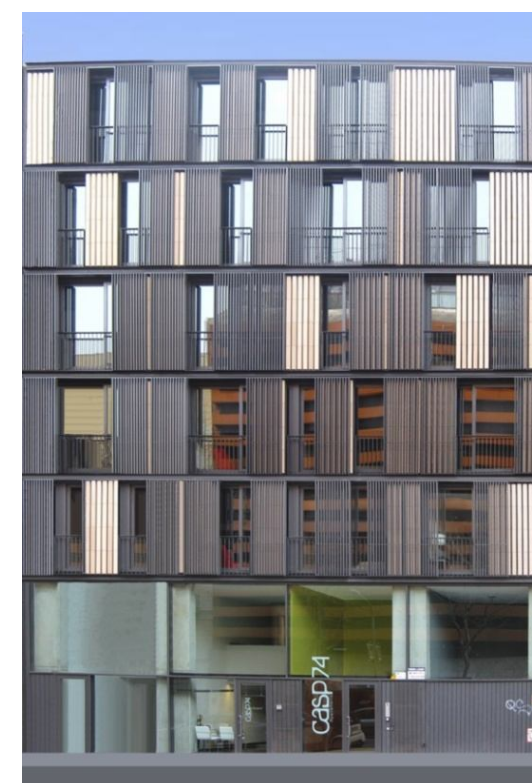
The process of parcelling is prepared to solve a model of building houses of neighbours who, in most cases, is proposed with widths of 11 to 14 meters to accommodate two apartments per floor, the housing per plant are a minority.

The **plan** is a fundamental in defining the model, the Eixample buildings are perfectly repeatable model. It depends on the plots and the ordinance regarding the building depth.

In the Eixample it can distinguished two types of plant: building on corner and the building of hand corner. The proportion of the first is mostly due to the size of the island.

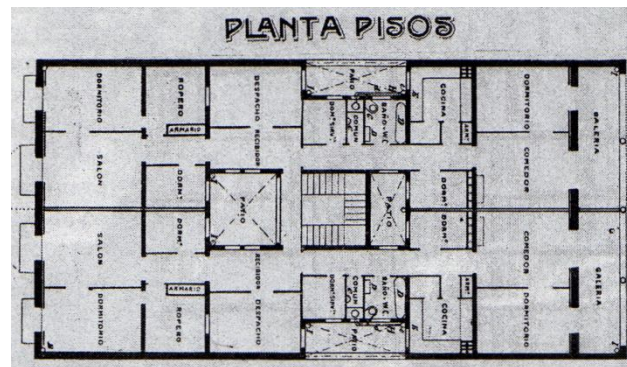


Picture 3.6: Concrete Architecture (1975). Ausiàs March, 71.  
Source: Projectes d'Aixecament i Catalogació de l'Eixample.

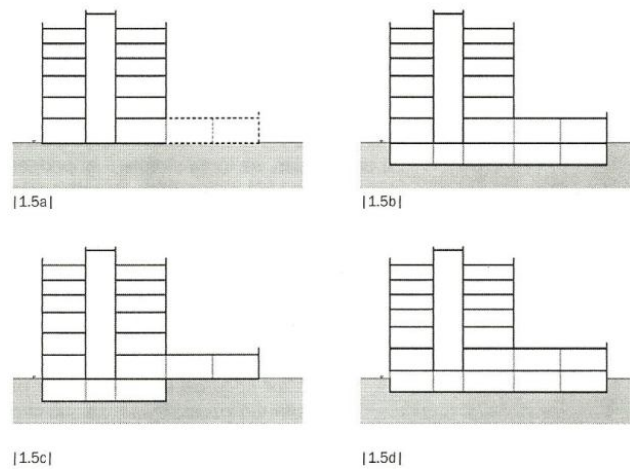


Picture 3.7: New solutions (2006). Casp, 74.  
Source: Projectes d'Aixecament i Catalogació de l'Eixample.

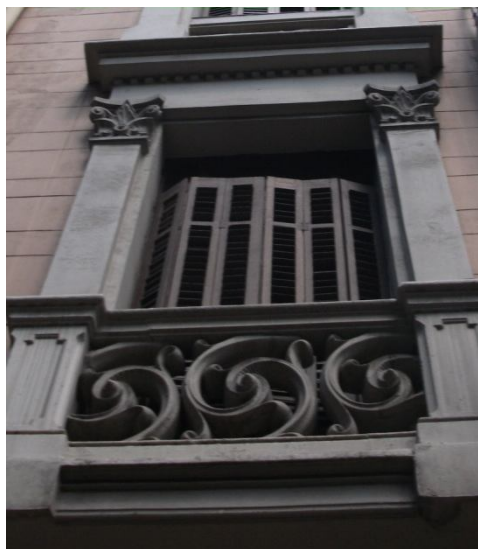




Picture 3.8: Floor type model for the sanitation and hygiene in the home income in the Eixample. Source: *Secrets d'un sistema constructiu, l'Eixample*. Author: Antonio Paricio.



Picture 3.9: Building longitudinal sections. Source: *Secrets d'un sistema constructiu, l'Eixample*. Author: Antonio Paricio.



Picture 3.10: Opening stone banded. Muntaner, 172. Source: Own made.

The plant buildings with party walls used to be rectangular because the length of the facade was built less than the depth. Thus the scale obtained a central position of the elevator (when this was available) used to be located inside the hole of scale.

Type plants had a lodge where I used to put down the joint to which all waste water. Several rooms were used for bedrooms or living rooms, a hall, a bathroom and kitchen, *Figure 3.8*.

The ground floor was used for local and had a concierge and room for the boiler and machinery. This release came in part due to drainage and sanitation project in the houses of Barcelona.<sup>4</sup>

The **facade** of the buildings is an extremely regulated by the government, with the aim of controlling the urban, regulating the height and number of plants and makes special mention of the departure of balconies, bay windows and viewing-point, as well as the projection of cornices.

The front part of the structure is carrying the loads being transmitted to the Foundation while the interior dividing walls acted as facilitating changes in the distribution of housing.

The **section** is linked to the fact constructive. We can distinguish four different solutions for buildings: buildings above the ground (early ages) buildings with a basement (second generation buildings) buildings with a basement located under the body of houses and buildings with ground semi underground ventilated directly outside, *Picture 3.9*.

The **building code** is finally fixing the geometric parameters of the future building. The plant, the facade and the section are the graphics instruments that already manifest to Ordinance of 1856 and is finally consolidated in 1890. The Ordinance defines a source architectural form and volume of buildings. *Picture 3.8*.

<sup>4</sup> In 1916 statistical yearbook of Barcelona City Council proposing the project of sanitation and hygiene of the model home income in the Eixample, *Picture 3.8*

### 3.4. Materials

**The ceramics:** the basic construction material of this period. The walls, the vaults of scale, basement ceilings, the vaults, the walls and roofs are solved with this material. The resistance of ceramics is not a problem to absorb loads, despite the back that have supported the structures of these buildings. The basic format of the pieces of 29x14x5 cm distinguishing the massive brick of the brick.

It should be mentioned that the dimensions above are often theoretical because the actual dimensions are somewhat smaller depending on the period and bricks.

**The conglomerates:** the lime air, water, portland cement and the artificial lens are formed in the conglomerates that have supported the system. The first three could be called the natural. The basic difference between these three binders is that the airline lime hardens by carbonation in a very slow process, whereas the natural hydraulic lime and cement to harden numbness and the process is faster. The Portland gives an artificial product conglomerate with more favorable results due to mixing of different raw materials studied scientifically. Lime airline conglomerate is used more by tradition, habit and customs of their resistant capacity.

**The stones:** Natural stone is one of the more traditional materials in the construction process. We can distinguish basically for stone masonry, used until 1920 primarily in foundations, and containments up to 3 meters tall. Broadstones as a masonry and building stones entire facades of buildings used for major or on the ground floor or basement of the facades in most cases. Another application is the carved stone facade encircled openings. Among the stones is used to Barcelona's Montjuïc sandstone.

The artificial stone is also used it's massive use and starts from the last third of the nineteenth century, it applies basically openings in the facade, replacing the natural stone, *Picture 3.10*.

**The wood:** This is another important material in the construction of buildings of the Eixample. It's use is oriented mainly to the resolution of roofs, both beams and the beams *l'empostissat* already in the final phase of it's use. The frames are other

constructive elements. The wood used is pine over the Pirineus.

**The mortars:** lime mortar airline called "ordinary mortar", the mortar that is used for the execution of the works. It is composed of one part lime and two of sand.

The hydraulic lime mortar represents a qualitative improvement and it's use is similar to aerial lime mortars: brick work, foundations, masonry, etc..

Mortar Portland was a novelty for it's extraordinary resistance. It's use is specified in the execution of the rows immediately below the building's support beams of the ceilings, even when not placed on the pillars of the *congreny* work.

The mortar board could consider the synthesis most popular among users of this material. It is easy to unify the work of lime mortar and the strength of cement mortar. Used in the execution of masonry, especially since the twenties.

**The concrete:** they belong to a category of materials in which the proportions are essential to achieve technical approvals. The current concept of concrete is forged in the forties. The first concrete used for foundations based on the concept of "more gravel mortar" and later "more concrete masonry."

### 3.5. Construction techniques

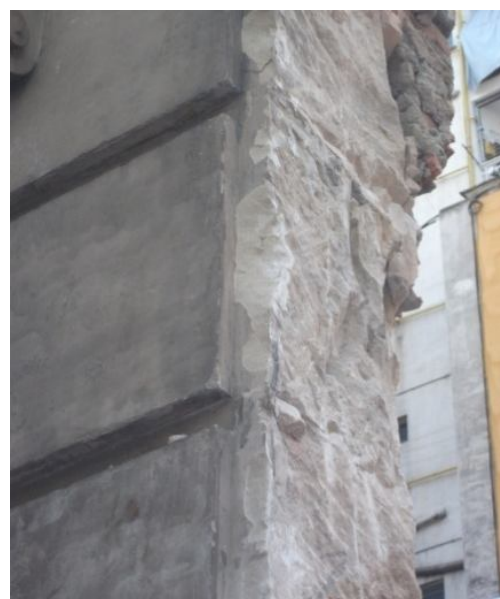
It is noteworthy that the construction techniques were the traditional elements which performed so basically hand all the credit for being the ability to manifest "the builder" when you run the various parts of the building.

The **ordinary masonry construction:** The ordinary masonry mortar is built on technology that is used primarily in the resolution of construction elements located below the ground. We highlight the perimeter basement walls, foundations continuous shoes for casting pillars and extending the foundations of adjoining perimeter to a height of 3m above the ground.

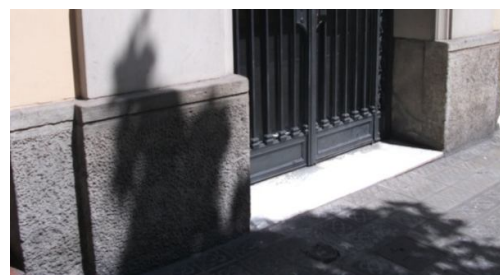




Picture 3.11: La Casa Milà, més coneguda com "La Pedrera". Passeig de Gràcia, 92. Source: Own made.



Picture 3.12: Resolution PB with natural stone. Corsica, 294. Source: Own made.



Picture 3.13: artificial stone plinth. Muntaner, 178. Source: Own made.

You can highlight the perimeter of the basement walls, foundations continuous shoes for casting pillars and extending the foundations of adjoining perimeter to a height of 3m above the ground

**Building with blocks and broadstones:** basically applies to the facades of buildings. It is a noble material, squared and treated superficially. The settlement of the masonry and mortar is on the board faces is 4mm maximum. We could establish three levels of use in this factory facades:

- Resolution of the entire facade. Buildings which aims to highlight the nobility, *Picture 3.11*.

- Resolution of the ground floor. It aims at assessing the ground floor with material "noble" with the rest of the facade that it is used stucco, *Picture 3.12*.

- Socket buildings. It wants to create a hard base ready to blows. The basement almost never exceeds one meter tall and the other front it is used stucco, *Picture 3.13*.

**Building with masonry:** is the technical excellence that defines the building elements developed above the ground, *Picture 3.14*. Building with masonry structural system completely solves walls. The loading of the locked stairwell and constitute the basic building elements of the system.

The execution of the masonry walls is basically 15 and of 30cm. However, we found cases in which, for various reasons, altered the form said it favors a different thickness.

**The construction with timbrel:** the technique is a variant of traditional masonry. The concept of flat brick and it's construction indicates that the bricks are joined by the edge, *Picture 3.15*. In the construction of the Eixample can be found using this technique in solving basically turns into basement ceilings, vaults acting in the foundation formwork arc, in the execution of the vaults and ceilings turns to scale.

**Building with masonry and brickwork:** the construction of mixed masonry work and is a common practice in the construction of the ground floors of buildings, *Picture 3.16*. It is produced by the need to run large sections of economy strong and worked stone.

The value of the blocks, edged work and transport operations and placement they need to reduce m<sup>3</sup> of this material. To supplement the rest of the section, linked through masonry teeth and molars.

### 3.6. Finings-off

Among the different types of finishes that can be found in the Eixample it has to be differentiate between the masonry view, which in our case is very minor, and coatings applied on the walls:

#### 3.6.1. Viewed Brick

The viewed brick masonry is a minority in the "Eixample", which is why even mention the work of stone.

The stone wall is a construction made of stone blocks, squared (blocks) or without corner (wall). The joints are determined by the shape and unequal size of the stones is done with the wall.

The rocks used are sandy. These are aqueous, possibly subject to processes of metamorphism, consisting of sand or quartz particles distributed in a cement material. They are classified depending on the content of SiO<sub>2</sub>, the percentage of water absorption and compressive strength. It is the sandstone, the close sand and quartzite.

#### 3.6.2. Linings

Within the coatings can differentiate between continuous and discontinuous coatings:

##### 3.6.2.1. Continuous linings

The most commonly used coatings are plastered and painted, the coated layer and the graffito.

**Rendering:** it's a continuous lining of lime mortar, cement or lime and cement applied to the wall and serves as the basis for any further finishing. It is a continuous thick rough coating applied on different media.



Picture 3.14: artificial stone plinth. Muntaner, 178. Source: Own made.

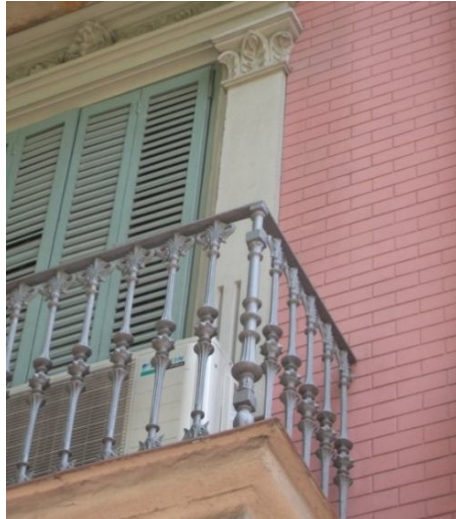


Picture 3.15: Back with brickwork. Consell de Cent No. 377. Source: Own made.



Picture 3.16: Work Mixed ashlars and brick. Consell de Cent, 377. Source: Own made.





Picture 3:17: Coated filleted without plinths, imitation brick. Rosselló, 141. Source: Own made.



Picture 3:18: Coated filleted with plinths, imitating stone. Muntaner, 132. Source: Own made.



Picture 3:19: engraved with different colors and compositions. Aribau 180. Source: Own made.

In lime plasters, and initially until the beginning of S. Century, lime was used the air. The lime for making mortar or stucco coating was left to soak longer to achieve a better refinement of the grain. This is also achieved by straining the fine lime, separating the fine grain of course. The proportions were a normal part of two or three lime and sand.

From the beginning of S. Century, the hydraulic lime from a more industrialized process, qualitatively improved their performance and especially speed up the hardening process. The proportions are the same as those in the previous paragraph.

From the twenties popularized the lime mortar and Portland, that is, one that is made, approximately, to 1 part lime paste in air, 0,25 and cement 5 sand.

**Cemented plasters:** a coating that consists of two or three layers of pasta generally composed of aerial lime mixture with very fine grain, sand, marble dust, pigments and mineral water.

Applied with the technique of extending on interior and exterior surfaces. Generally, each layer has a finer grain size and dosage richer as we move abroad. The texture of the finished cutting and color added to the mass are responsible for the final appearance of the furniture, *Picture 3.17*.

The fundamental characteristic of stucco, which distinguishes them from the batter, is the use of specially prepared water: water glue that provides a characteristic appearance, compact and homogeneous.

The traditional stucco have different types of surface treatment to give different textures to give its own characteristics. The most common can be classified into:

- **Coating plaster:** Matt has a fine texture and is made up of three layers, usually 0.8 to 1.2 mm aggregates. After each layer is made to achieve a swirling the surface is regular. Then apply the layman, a mixture of lime and marble dust, the process ends with the household washing.

- **Dressing plaster:** apply three layers of the above, but as complete, delete the layman, replacing it with a plow and reviewed with the saw or card.

- **Chipping plaster:** The application of two layers of limestone and marble sand. Once completed the eddies is done cutting blocks of a punch. About the pieces marked apply two layers of lean mass. It is determined by compass and rule what is the material left over, and this is removed with a knife. It works to mimic the surface texture of the stone and finally colored with different colors chosen, *Picture 3.18*.

From a functional point of view, gives the stucco facade a protective barrier or very valuable, especially with regard to the humidity outside. From the standpoint of resistance to carbonation of the different layers of pasta are a real crust.

**Graffito:** These finishes consist of a superposition of layers of lime mortar stained. After successive application, and it's still fresh last layer is transferred to previously prepared drawings cardboard (or other materials). Then, with the right tools, it comes to scratching and removing the outer layers in the areas provided, leaving visible below, differently pigmented *Picture 3.19*.

There may be four types of graffiti:

- Graffito background and scraped surface.
- Graffito background surface scraped and scraped.
- Graffito background surface chipped and scraped.
- Old graffito technique.

**Monolayer:** a coating for facades consisting of a mortar of cement and / or lime, applied directly to the closure of replacing the traditional plaster over paint. It provides in a single layer technical and aesthetic features. It is a lasting solution, low maintenance, waterproof, *Picture 3.20*.

### 3.6.2.2. Discontinuous linings (for parts)

Within this group include the tiles and tiling although this only speaks of the minority are crushed as Eixample.

Of the tiling we can differentiate crushed stone and not stone. Then mention is made of stone.

**Crushed stone:** a coating is placed on a support which can be adhered, mechanically anchored or fixed through an auxiliary structure (the last two

systems can form an air chamber, ventilated or not), *Picture 3.21*.

You can find two types of placated depending on the material used:

- **Natural stone:** parts more or less regular are placed vertically on the wall using different techniques: with mortar with metal fasteners (depending on weight and dimensions of the pieces).

- **Artificial stone:** material looks like natural stone made of concrete or mortar characteristics and an inner frame reinforcement. You can have different aspects depending on surface treatment. It consists of Portland cement and white cement (*Griffi*) as well as siliceous sand and / or ground limestone and pigments.

## 3.7. Facades

### 3.7.1. Constructive elements of the facade

The walls are the main element of the structural system that is located above the ground floor. The Ordinance of 1856 attempts to control the resistant sections of the facades, but the not internal partitions of the front or rear, it is something that has no continuity in future ordinances.

For their analysis, are divided into several types according to their disposal, within the overall function and its unique elements:

#### 3.7.1.1. The main facade

Although it runs the risk of inaccuracy when generalizing, it has been defined the most common sections that can be found in the Eixample, distinguishing between constructive sections corresponding to the traditional styles of Modern Architecture.

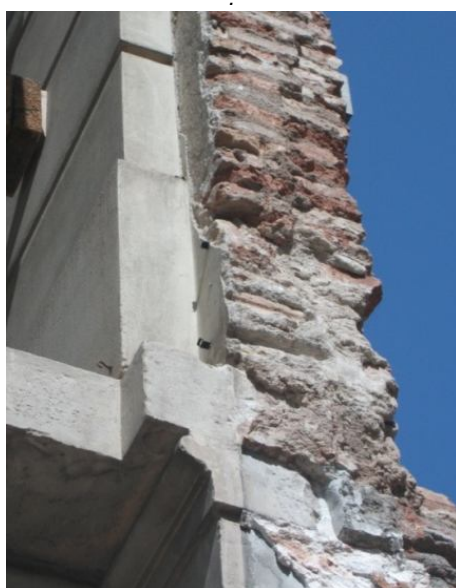
**Traditional Style:** such solutions styles refer to the Premodernist, Modernist and Postmodernist. Inside this group it has been divided into sections such ground floor and by the difference in thickness between them.

The construction of floor sections, it has already named above, can be classified into three types:





Picture 3.20: continuous coating layer.  
Rosselló, 147. Source: Own made.



Picture 3.21: Ground type masonry  
and discontinuous coating of stone placated.  
Corsica, 294. Source: Own made.



Picture 3.22: In this photo you can see  
low coating a section of masonry.  
Provenza, 164. Source: Own made.

#### TYPE A: STONEWORK

It's a section made by stone about 50 cm of thick. The boards are based on the dimensions of each piece.

#### TYPE B: BRICKWORK

It's a section of masonry of solid brick, about 60 cm of thickness. The siding is usually a coating of lime mortar of 1.5 cm, *Picture 3.22*.

The difference with the variant **TYPE B.1** is the siding. In this case, it is a finished stone 3 cm thick. The stone veneer, either natural or artificial stone set in lime mortar can be found throughout the plant as low as only the socket.

#### TYPE C: MASONRY MIXED

This is a section of masonry mixed solid brick and stone, about 60 m thick approximately. In this case, the stone cladding is the natural / artificial.

Moreover, ground type is only considered a type of common construction Traditional Style section.

#### TYPE D: BRICKWORK

Section masonry solid brick about 30 cm thick. The outer coating is based on lime mortar and finish can be coated, or coated with a graffiti wall thickness of 1,5 cm.

The difference with the variant **TYPE D.1** also lies in the exterior finish, be it natural stone / artificial, fixed with lime mortar, about 3 cm thick, *Picture 3.21*.

Modern architecture: this section we have defined two types of sections which are representative, in our view, the later styles for the introduction of both the air as insulation. Not affected more deeply because they are outside the scope of the study of this project.

#### TYPE E: AIR WALL

Was chosen as a stone veneer siding, whose pieces are anchored at the factory and fixed with mortar. The exterior cladding is brick masonry hole 14 cm thick, then the air about 5 cm unventilated sends single hollow brick 6cm.

#### TYPE F: AIR WALL + ISOLATION

In this last section we have chosen a single layer of mortar and 1cm thick exterior finish, the closure is of brick masonry perforated 14 cm thick. The air is sent between the insulation inside single hollow brick of 6 cm.

The introduction of thermal insulation in 1979 the evolution of its performance to date, make this solution is the one that comes closest to meeting the current regulations in reference to energetic demand.

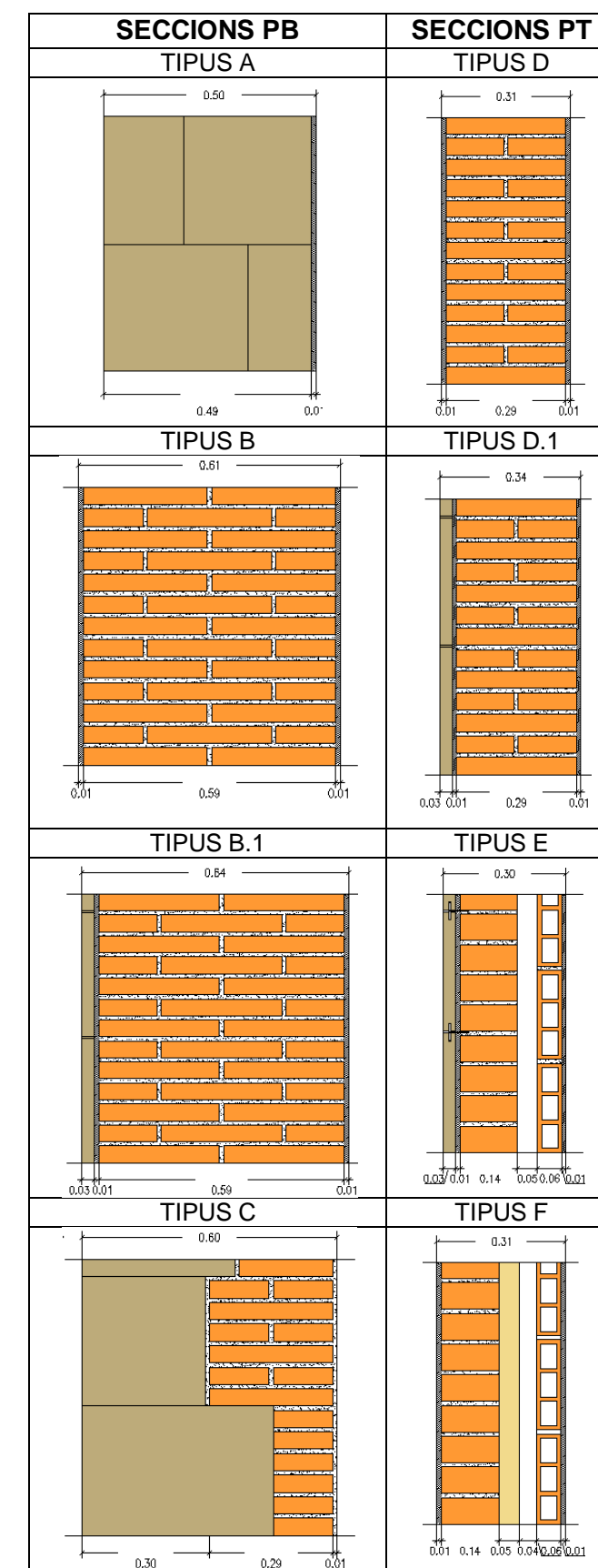
##### 3.7.1.2. The posterior facade

The rear facades are characterized by smooth, 30 cm thick solid brick with window openings and balconies. These facades have been presenting several variants:

- By malleable iron foundry are embedded in the facade during the construction process. Later, there was a brick vault in level two or three thick and the interior is filled with mortar and debris to the mark. To counter the lateral thrust of the vault is inserted inside a tight set with a female.

- Another system involves the rolled channel section that is recessed in the facade. At first, followed subsequently isolated and balconies that are solved with dome light at the bottom and almost always with a brace.

The third system is the most representative in the Eixample and is known as "gallery". Due to the difficulty of the cantilevered balconies could not be profound joined a row of cast iron pillars which supported on a girder and a floor system above joint metal also relied on the facade. Initially the gallery was open, but then closed with wooden or metal that make up a space that acts as a greenhouse from the thermal point of view, *Picture 3.23*.



In Appendix 3 there are the calculation methodology and results of the thermal behavior of each of the solutions.





Picture 3.23: Playground galleries.  
Pau Claris-Roussillon. Source: Own.



Picture 3.24: Balcony in front.  
Paris, 174. Source: Own.



Picture 3.25: Balcony overhang of 40 cm.  
Source: Own.

### 3.7.1.3. Dividing walls

The walls dividing up the two side elements, together with the walls, forming the outer casing of the structure. On the ground floor, are usually *apilastro* inside the building to support the girders that support the interior bearing walls, if the neighboring building is built, *s'apilastren* also abroad in from three meters above the grade. Its thickness is 15 cm base.

### 3.7.2. Holes

Facade openings are elements that distort the continued lowering of loads. That is why building a resource used is the implementation of arches. These channel loads released to the jambs and the void of responsibility resistant. When the hoops openings is based on natural or artificial stone, lintels supplement the function of the previous arcs.

Later, the introduction of iron lintel as the option will be more widespread. The arches used to download and to redirect efforts towards the front jambs solid and durable.

It is worth noting the different elements that are part of the openings of the main facades, as they are a symbol of the traditional style.

**The balconies:** they are overhangs that protrude from the plane of the facade, formed by a bottom slab may or may not be the continuation of the structural roof. They are accessible through an opening to have a railing facing and to help protect against falling. You can define three types of balconies in terms of support elements: slab (stone or concrete), unidirectional (metallic, ceramic or concrete) and bidirectional (concrete).

Analyzing the whole Eixample, we can distinguish several balconies systems according to the historical epoch in which the building is constructed, the outputs of the balconies were not initially one of the most prominent characteristic features as overhangs rarely exceeded 30 or 40 cm, *Figures 3.24 and 3.25*. Subsequently, this width was beating up to 70 cm, *Figure 3.26*, solving the problem *llosanes* stone piers built on the balcony. Finally, rolled begin to use massively from the last decade of the nineteenth century, although in many cases the ceilings are wooden beams and cantilevers external metal profile.

**The tribunes:** baked items are bulkier and more flight all. Stands can be classified into two groups: those that are part of the initial project (support systems similar to those described by the balconies) and those inserted later (work is needed to adapt the front opening, and fixing or embedding different elements of the new body, usually opt for the precast metal). *Picture 3.27*.

**The ledges:** part of the crowning element of the facades of buildings. From a functional point of view, one Could Say That at this point the front and flat roof ventilation Concentrated below the cornice Which is, *Picture 3.28*.

### 3.7.3 Solar protection

One of the important factors when it comes to reducing energetic demand of the facades is the solar protection of the empties. The solar protection is essential to control collection site directly all the year but especially during the summer to avoid superheat.

Solar protection is as a method of defense of buildings versus unwanted solar heat input, graduating the sun light and ventilation while encouraging. The most traditional are roller blind and orientable slats.

Temporary climates like ours, where the climatic conditions are highly variable throughout the year, to be incorporated into the facade elements to suit the degree of sunlight, ventilation and insulation.

In winter protection is needed to protect the building while summer is needed to protect from heat.

To meet these needs should be combined fixed and mobile solar protection.

There are two types of systems:

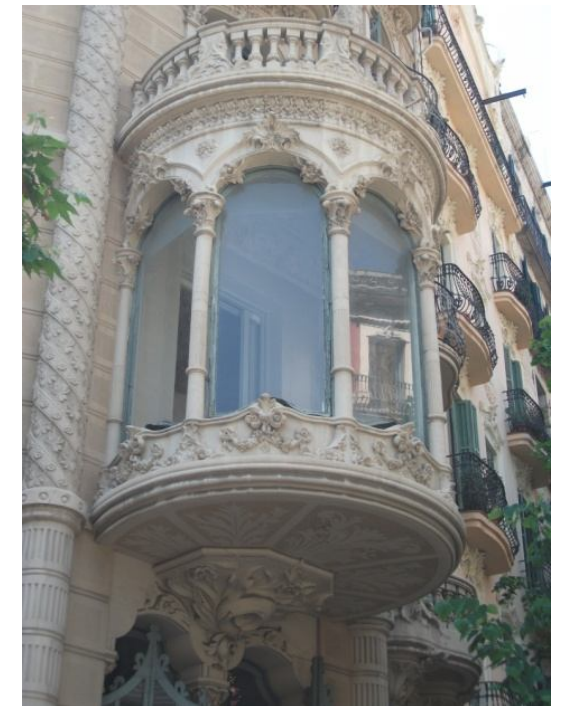
- Fixed solar protection
- Mobile solar protection

The fixed solar protections types projectures, porch, etc., Are appropriate guidelines south. In east and west directions are appropriate protections vertical type screens.

The protection mobile type awnings, shutter, frameworks, etc.. are appropriate orientation to south and east and west orientations of the mobile



Picture 3.26: Projectures balconies over 70cm.  
Rosselló, 156-158. Source: Own made.



Picture 3.27: Stone tribune  
Enric Granados 119-261. Source: Own made.



Picture 3.28: Crowning ledges localized on the roof ventilation.  
Villaroel, 99. Source: Own made..





Picture 3.30: Fixed solar protection, horizontal projecture. Some apartments also have an added mobile protection, awning. Rosselló, 214. Source: Own made.



Picture 3.31: Lateral concealeable solar protection. Ali Bei, 57. Source: Own made.



Figura 3.32: Vertical concealeable solar protection. Consell de Cent, 413-415. Source: Own made.

type shutters with adjustable slats vertical.

In this section we want to reference the most common type of solar protection in the Eixample, orientable slats, also known as book shutter.

### 3.7.3.1 Protections types

As mentioned, the most significant distinction is established between the protection fixed and the protections that allow some kind of movement concealeable and orientable.

Mobility is useful to adapt the protection to the movement of the sun but it is essential to allow some degree of vision outwards. When we designing the solar protection is very important to consider both the visual relation with the outside world as the proper lighting of the interior with natural light.

- **Fixed protections:** Those protections separate of empty providing shade to desired hours but minimally obstruct the desired view, *Picture 3.30*.

It is very important to study the disposition of these protections. They will be horizontal, like "pentices" in the south and vertical in the east and west where the sun can be practically horizontal. For example, the projectures are useful for building oriented south. The projecture on summer can stop the sun due to the perpendicular incidence of solar radiation. If you wanted to calculate the total projection to cover a window at noon of June 21 should be divided by the height of the window 3,4 and if you wish to cover it for three months (until 1 August) by 2,5.

- **Concealeable protections:** Are protections that can be moved freely leaving the surface of the hole, *Pictures 3.31 and 3.32*.

- **Orientable Protections:** Is a solution intermediate between the fixed and concealeable. These protections slats that can rotate on a horizontal or vertical axis, can completely prevent the passage of solar irradiation or become laterally brought about outside. The infinity of possible intermediate positions results in a wide range of nuanced light, at will of the user, for different seasons, times of day or indoor activities, *Picture 3.33*.

Concealeable and orientable protections are most representative in Eixample. These also are characterized by shutter inside, *Picture 3.34*.

We must also distinguish between external protections (mentioned above) and interior bling, the first outside the more protection it will work better because the element protector warm and fails to radiate to the inside, the second has two limitations that as a protection absorbs heat inside increasing temperature, the other that the radiation can't pass through the glass again.

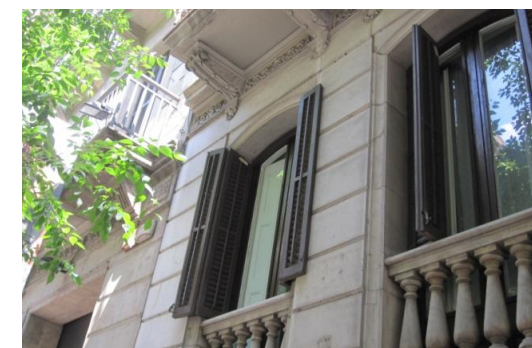
- **Awning** (*Picture 3.35*): The fabrics are always used for sun protection. The traditional canopy casts shadow necessary to the exterior of the hole and is usually a fabric with high light reflection that allows air circulation. But they are fragile in the wind, although there are laterally guided systems with free ends the bars to improve their behavior before the wind. Its main limitation is the maintenance.

If we speak of the fabric should be noted that behaves according to their color and warp. A clear tissue in both thickness and color, allow the passage of a significant amount of radiation but also reflects much of this absorbing little, *Figure 3:36*. A dark and dense tissue but also have a low transmissivity reflecting very little so that its absorption is important and therefore radiate very hot.

- **Jalousie Shutters:** Claiming protections are opaque to limit solar radiation that passes through the hole. Traditional usually mesh head two-dimensional but the easiest way to adjust the protection and consider the motion of the sun with adjustable slats.

- **Shutters:** This type is subdivided into rigid frame shutters, blinds and pliable shutter.

Within the first group are the **sliding shutters**, *Picture 3.37*, which is moving laterally and **workables**, consisting in the insertion of slats within a practical context. It is traditional "menorquina" is situated outside the walls.



Picture 3.33: Window with orientable slat solar protection. València, 280. Source: Own made.



Picture 3.34: Window with slat solar protection and a interior "contrafinestra". València 261. Source: Own made.



Picture 3.35: Awnings. Provença, 144. Source: Own made.





Picture 3.36: Awnings. Casanova, 78.  
Source: Own made.



Picture 3.37: Lateral sliding shutter.  
Calàbria, 178-180. Source: Own made.



Picture 3.38: Rope shutter.  
Consell de Cent, 222. Source: Own made.

In the group of **roller blind** are the **rope shutter**, *Picture 3.38*, which are popularly known. With the blind fully deployed projected outwards and the open window, ventilation is very wide and allows a good view to the exterior side. The most typical are **roller/blind**, *Picture 3.39*, urban and comfortable version of mentioned above. The shutter box is one of thermal bridges the most problematic causes thermal losses and lack of air tightness. It is a solution that reduces exterior lighting and completely prevents the view from outside.

Finally, we find the **book shutter**, *Picture 3.40*, which consist of a series of frames that fold alternately turning on vertical axes. In each panel hosted some slats that allow the sunlit and thru-ventilation.

It is an almost perfect solution from the point of view of the graduation sunscreen and light and views. If the gap is facing south, the view outside is wide and full protection is at noon with the blinds closed and the horizontal slats. In the east or west directions, only to open one of the vertical sash with the slats closed, protected from the sun while the gap remains regarding the visual light from the outside.

Another solution is the **Venetian blind**, the fine wooden slats which wall of strands so the total is likely to turn.

### 3.8. Roof

Roof is the element at the top of buildings. The basic model that is repeated constantly with small variations is made up of two ceiling. Roof consists of beams tail booms and basket, with spandrels without filled. The top is often resolved with tree jacks and above, so that it supports a first tile facing, there are separate planks 30 cm wheelbase. On this first layer there are two more placed in "trencajunes", which form three layers of tile that are the barrier between inside and outside from the point of view of the seal, whose outstanding generosity of the order of 6 to 8%. This deck is constantly ventilated through openings in the walls and courtyards of buildings.

In the late nineteenth century to replace the roof below a soffit "encanyissat" a braid, which weakens the thermal barrier to the outside.

At the beginning of the twentieth century's most significant changes are detected. It replaces the support of the plate above, consisting of the laminated polywood for others metal-made profile and the slopes above the ceiling by a system of internal partition of soffit.

The final model is composed of a horizontal slab tail boom and cap vault and distribution of attic to the outstanding support of the hearth. This comes at a perimeter element named "minvell".

### 3.9. Wounds

The main functions of a facade are structural, the closing of the protection and aesthetics. As we advance in time the materials were losing their initial properties are more vulnerable to small lesions.

It is considered a wound every observable manifestations of a construction problem. Note that the materials most likely to suffer troubles are the porous and fragile, as they have a higher absorption capacity and are most vulnerable to the actions of the elements.

This section summarizes the most common wounds: fissures and crack hair, damp stain, stains, bloom or scum and degradation of the material.

#### 3.9.1. Fissures and cracks

The openings are produced in an element due to breakage; lips are slightly apart. Depending on more or less separation between the lips, we distinguish two kinds of failures: cracks and fissures. However when the break is called fissure affects only the lining and crack when it affects the support, *Picture 3.41*.

The fissures may have aesthetic disadvantages one side so as not to affect the resistance or the sealing of the structure, on the other technical, causing loss of resistance and sealing.

They can differentiate between the cracks and fissures alive or dead spots. The dead are those fissures that don't progress over time, while living and active should be monitored for progress or will increase. A fissure if not treated on time may worsen to become a crack due to frost effects, etc.



Picture 3.39: Blind shutter.  
Consell de Cent, 250. Source: Own made.



Picture 3.40: Book shutter  
Rambla Catalunya, 125. Source: Own made.



Picture 3.41: Fissures and cracks on the brick-faced. Calàbria, 94. Source: Own made.

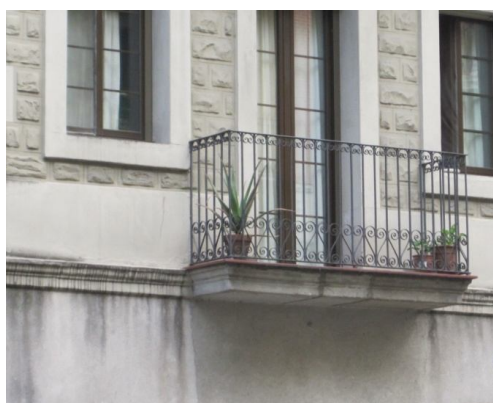


Picture 3.42: Crack on the floor slab.  
Paris, 169. Source: Own made.





Picture 3.43: Detachment of the siding. Villaroel, 169. Source: Own made.



Picture 3.44: Damp stain under ledge. Villaroel, 97. Source: Own made.



Picture 4.45: Efflorescence on de brick wall. Rocafort, 152. Source: Own made.



Picture 4.46: Material degradation C/ Rocafort, 161. Source: Own made.

The crack, *Picture 3.42*, is the gateway of the rainwater when it acts together with the wind, strong enough to overcome gravity and adherence affecting the lining and support. This over time causes the detachment.

Origin of the fissures and cracks is diverse and varied and can be treated effectively if it is not a study. This study will determine the causes of cracking, the movement of cracks and possible disadvantages that may result, especially as regards the stability of the façade, shouldn't underestimate the aesthetic aspects.

The appearance of cracks or fissures in the household comes from the lack of response to the demands of resistance to which is subject and elasticity. This solicitation may result in the break wall, which is distorted or lost their initial situation, because the burdens suffered more than its elastic capacity.

### 3.9.2. Sags

Sags are given to low-quality materials, inappropriate choice of technique execution, aging of the coating where there is a loss of original properties of the material, orientation of the facade, exposure to air pollution, etc. *Figure 3.43*.

In many cases, sags are due to efflorescence caused by moisture. Such sags are typical of the facades at ground floor on Eixample. The age and orientation of the building play an important role in the onset of the injury.

### 3.9.3. Stains and efflorescence

Stains and efflorescence usually appear by the presence of moisture and dirt from the front. In many cases could be avoided by using elements by the way, don't let it pass through the front surface of the dust dragged by the rainwater.

Grime, although not considered wound, relieves considerably the aesthetic appearance of the facade coming to discredit it, *Picture 3.44*.

The efflorescence stains are likely to arise or exterior or interior wall coverings, especially on ceramic materials. These deposits of soluble salts on the surface of porous materials, which occur when these salts are dragged in the process of evaporation from the inside and concentrate on the surface.

In the brick wall, are discontinuous and the efflorescence may appear only on some bricks on the render sets, the separation between the wetland and the area is dry but often marked by efflorescence as a continuous strip, *Picture 3.45*. If the crystalline salts are formed just below the surface, causing an erosion surface known as criptoflorescense if the stagnation of the salt crystal is so important to continue indefinitely, we get the complete disintegration of the brick.

### 3.9.4. Degradation of the material

The material which has been the finish of the facade can be affected by different causes and lost their original characteristics. These causes are: erosion, disintegration, eating away (in metallic elements) and doze (as of wood). The erosion is mainly produced by the action of extreme weather conditions and wear and tear in the lower areas of the buildings by the action of man or animal. It consists of a gradual degradation of the material, which can lead to total destruction.

The disintegration is the separation of the components of a material, *Picture 4.46*. With the continued action of pollutants, bird droppings, water from rain, etc., A material can undergo a change in its chemical composition, so that the substance which unites the components becomes a new that no longer meets the paste function. As a result, the material loses some of the particles that compose it and becomes weak and vulnerable.

Eating away is a phenomenon that occurs on metal parts. We can distinguish two types of oxidation: the direct and electrochemical.

The direct occurs when the material is in contact with oxygen in a dry environment. About the metal forms an oxide film, generally protective, preventing the continuation of eating away. The electrochemical occurs when oxygen comes in contact with the material in the wet environment.

There may be a number of agents accelerants of the process, as are the pollutants coming from industry or from the combustion of fuels, the salinity in coastal areas or other aggressive materials.

Doze is the progressive destruction of elements of wood. Apart from the action of climatic agents, can

also be produced by elements of organic types, such as insects and fungi, *Picture 3.47*.



Picture 4.47: Wood doze. Balmes, 143. Source: Own made.



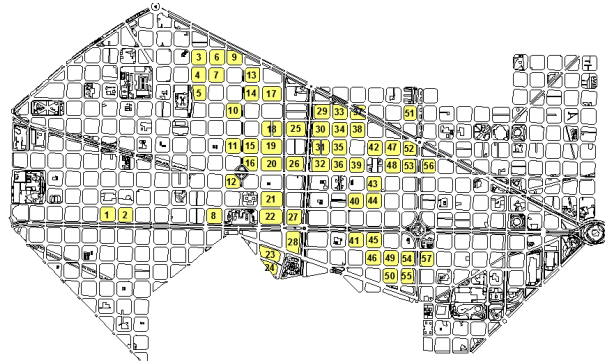


Figura 4.1: Plànol amb les mançanes analitzades. Font: Elaboració pròpia. Annex 5.



Figura 4.2: Classificació dels Estils Arquitectònics. Font: Elaboració pròpia. Annex 5.

Estil Arquitectònic	Edificis	Percentatge
Premodernisme	488	37,17%
Modernisme	349	26,58%
Postmodernisme	255	19,42%
Arquitectura contemporània	68	5,18%
Arquitectura del formigó	103	7,84%
Noves solucions	11	0,84%
No consta	39	2,97%
<b>Total edificis consultats</b>	<b>1313</b>	<b>100%</b>

Taula 4.3: Dades dels edificis consultats classificats segons els estils constructius. Font: Elaboració pròpia.

#### 4. TREBALL DE CAMP

##### 4.1. Recopilació d'informació

El punt de partida, entenent que l'Eixample engloba aproximadament unes 300 mançanes, va ser aprofitar la feina feta anteriorment per companys als projectes de *Catalogació i Aixecament arquitectònic de les façanes de l'Eixample* dirigits pel Departament d'Expressió Gràfica Arquitectònica II. Creiem que donar continuïtat als projectes realitzats és un valor afegit.

A la Figura 4.1 apareixen localitzades les cinquanta-set illes corresponents als projectes anteriorment esmentats i a l'Annex 4 apareix el llistat de totes elles.

Al capítol anterior, 3. *Anàlisi dels sistemes constructius*, s'ha realitzat l'estudi del comportament tèrmic de les seccions, que hem considerat, de l'Eixample. Els resultats d'aquest estudi han determinat que les seccions més desfavorables són les dels estils tradicionals. Això és degut, en part, al fet de que els edificis anteriors a l'any 1979 no disposen d'aïllament tèrmic, ja que la Norma Bàsica d'Edificació NBE-CT/79 va ser aprovada precisament en aquest any.

Tot i "sospitar" que la major part d'edificis de l'Eixample són d'estil tradicional s'ha volgut comprovar numèricament realitzant una recerca de l'estil predominant<sup>5</sup>.

Per determinar l'estil predominant el punt de partida va ser la realització d'un plànol de parcel·lació Figura 4.2 de cada mançana mitjançant el programa *Autocad* i la pàgina web *PIC BCN (Punt d'Informació Cartogràfica de Barcelona)*. Un cop parcel·lades les illes, agafant l'any de construcció dels edificis i classificant-los segons l'època de construcció, es va determinar que l'estil predominant a l'Eixample és el *Premodernisme* seguit del *Modernisme* i el *Postmodernisme*, Taula 4.3 i Gràfic 4.4.

La secció constructiva entre aquests estils, ja estudiada al capítol anterior, no varia gaire. Per

<sup>5</sup> Cal destacar que el percentatge de l'estil predominant correspon a les cinquanta-set mançanes estudiades i no al total de l'Eixample ja que no es disposava d'aquesta informació.

tant es pot parlar d'un 83,17%, aproximadament, d'edificis de construcció tradicional.

A la Taula 4.5 i Gràfic 4.6 es pot observar que el percentatge d'edificis sense aïllament tèrmic és d'un 88,80%. Essent conscients de la pèrdua d'energia que provoca la manca d'aquest, es pot confirmar que podria ser una de les causes de l'alt consum energètic a l'Eixample.

##### 4.2. Unitat de mançana

De totes les illes de les quals es disposava d'informació es va escollir una, amb la major diversitat d'estils arquitectònics possibles, amb l'objectiu de profunditzar en l'estudi dels sistemes constructius, de les obertures i de les proteccions solars.

S'ha realitzat una fitxa tècnica de cadascun dels edificis que conformen l'illa per plasmar les característiques tècniques més rellevants. Aquestes fitxes es poden consultar a l'Annex 6.

L'illa es troba concretament, entre els carrers Passeig de Gràcia, València, Pau Claris i Mallorca Figura 4.7, a la Dreta de l'Eixample. Aquest queda dividit per sis barris: la nova esquerra de l'Eixample, l'antiga esquerra de l'Eixample, Sant Antoni, la dreta de l'Eixample, la Sagrada Família i el Fort Pienc, Figura 4.8.

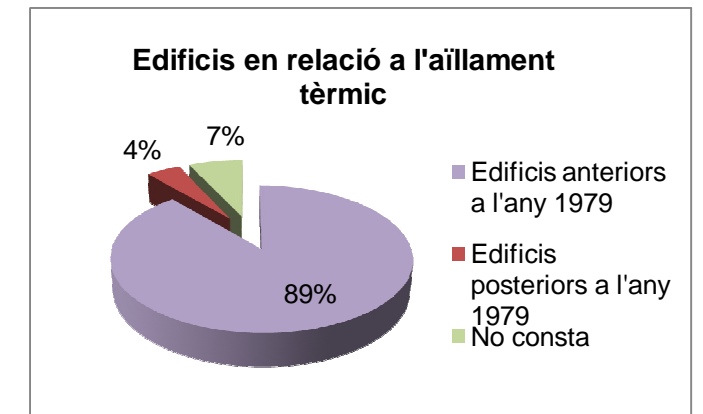
La Dreta de l'Eixample va ser el sector on començà a materialitzar-se el projecte d'Ildefons Cerdà. S'estén entre els carrers de Balmes i el Passeig de Sant Joan, una de les vies muntanyamar bàsiques del projecte Cerdà.

De mica en mica, però, es va convertir en el barri en el qual s'ubicà preferentment la residència burgesa, amb l'esclat artístic del modernisme representat per edificis tan destacats com la Pedrera, la Casa Batlló i la Casa Amatller, entre molts altres.

Juntament amb la residència, l'activitat econòmica terciària s'hi anà localitzant cada vegada amb més força: comerços, oficines, seus d'empreses, cinemes, teatres, etc., especialment a la zona més central i entorn el potent eix del Passeig de Gràcia, que seguia l'antic camí que unia la ciutat emmurallada amb el municipi de Gràcia. Aquest eix segueix sent avui el centre del dinamisme econòmic i la projecció comercial de la ciutat.

	Edificis	Percent.
Edificis anteriors a l'any 1979	1166	88.80%
Edificis posteriors a l'any 1979	57	4.34%
No consta	90	6.85%

Taula 4.5: Dades dels edificis consultats classificats segons si estan construïts abans o després de 1979. Font: Elaboració pròpia.



Gràfic 4.6: Percentatge segons si estan construïts amb aïllament (edificis posteriors a l'any 1979) o sense (edificis anteriors a l'any 1979). Font: Elaboració pròpia.

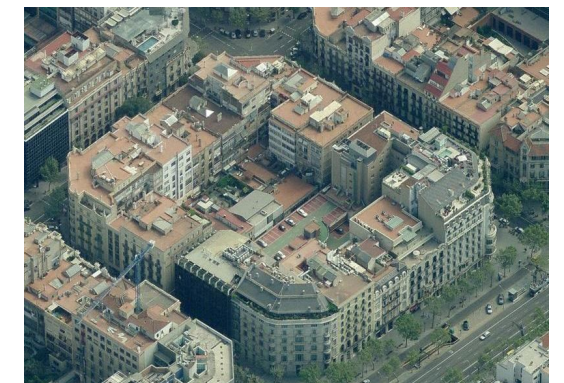


Figura 4.7: Unitat de mançana objecte d'estudi. Font: Projectes de Catalogació. Dep. EGA II.

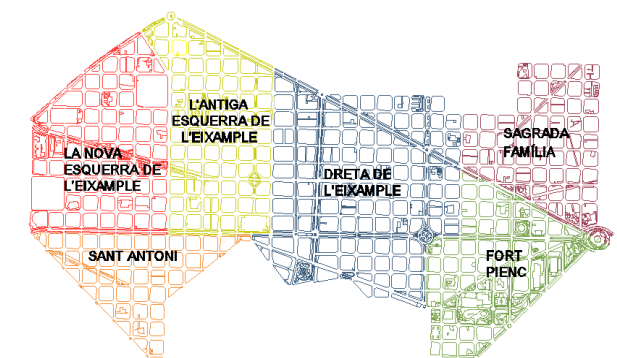
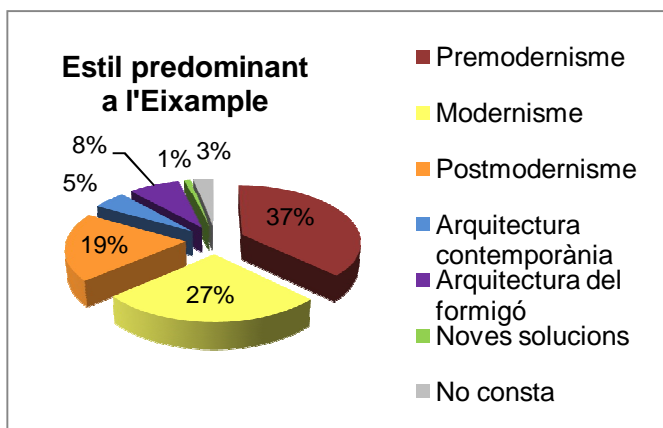
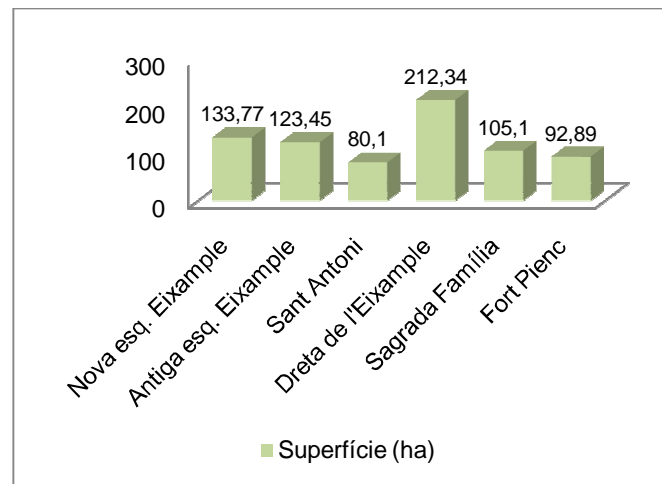


Figura 4.8: Plànol del districte de l'Eixample amb els barris. Font: Elaboració pròpia. Annex 5.

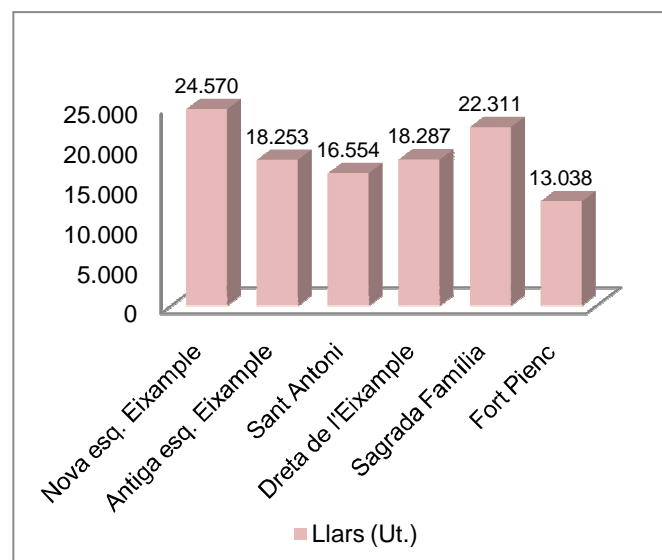


Gràfic 4.4: Percentatges segons els estils constructius. Font: Elaboració pròpia.

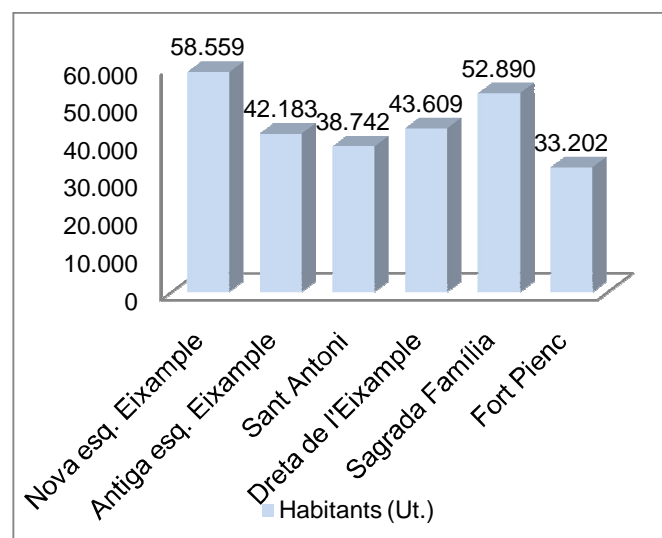




Gràfic 4.9: Superfície per barris (any 2009). Font: Servei de dades obertes de l'Ajuntament de Barcelona, Open Data Bcn. Font: Elaboració pròpia.



Gràfic 4.10: Unitat de llars per barris (any 2009). Font: Servei de dades obertes de l'Ajuntament de Barcelona, Open Data Bcn. Font: Elaboració pròpia.



Gràfic 4.12: Distribució de la població (any 2009). Font: Servei de dades obertes de l'Ajuntament de Barcelona, Open Data Bcn. Font: Elaboració pròpia.

La Dreta de l'Eixample consta d'una superfície de 212,34 ha amb un total de 18.287 llars i 43.609 habitants, Figures 4.9, 4.10 i 4.11 respectivament.

A títol indicatiu, es va localitzar el mapa de bits de l'Agència d'Ecologia Urbana de Barcelona, Figura 4.12, on es pot observar que on més bits d'informació per individu hi ha és precisament a l'Eixample central. El "bit" és la unitat d'informació i es defineix com la quantitat d'incertidat que existeix en la situació en que s'ha d'escollir entre dues possibilitats. Per a cada trajectòria possible s'afegeix un bit d'informació.

El 34% de Barcelona té valors per sobre de sis bits d'informació per individu essent l'Eixample el territori urbà amb major diversitat. El 87% de l'Eixample obté valors superiors a sis bits d'informació per individu, convertint-se en el teixit amb major diversitat de persones jurídiques (activitats econòmiques, associacions i institucions) que hi ha a centenars de quilòmetres a la rodona.<sup>6</sup>

#### 4.2.1. Anàlisi dels sistemes constructius de l'illa

La construcció de l'illa va ser evolutiva, no tots els edificis es van construir al mateix període, i per tant, hi ha una diferència tant visual com estructural entre els edificis de caràcter tradicional i els d'arquitectura moderna.

S'ha realitzat una separació entre els estils de construcció per determinar quin és el predominant a l'illa, Figura 4.13:

L'estil predominant és el *Modernista*, caracteritzat essencialment per aquest caràcter decoratiu i ornamental que manca de la racionalitat dels estils posteriors. La secció constructiva que li correspon radica en la secció tipus de l'Eixample, Figura 4.14.

A la Figura 4.15 es poden observar les diferències entre les seccions constructives que tenen un edifici tradicional i un modern<sup>7</sup>, el primer construït a l'any 1917 i el segon al 2000. A l'Annex 3 es pot observar el comportament tèrmic.

<sup>6</sup> Cerdà i la Barcelona del futur. Realitat versus projecte. Una producció de l'Any Cerdà, la Diputació de Barcelona i l'Ajuntament de Barcelona, pàg.130.

<sup>7</sup> Es vol fer notar que la lectura de la secció està basada en el coneixement teòric ja que no s'han pogut realitzar cal·les d'inspecció.

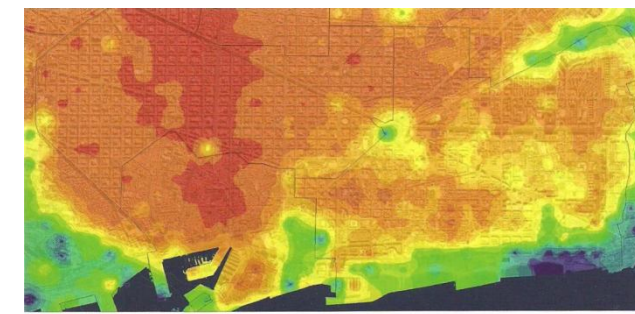


Figura 4.12: Mapa Bits; Imatge dels consums energètics de l'Eixample. Font: Cerdà i la Barcelona del futur. Realitat versus projecte. Una producció de l'Any Cerdà, la Diputació de Barcelona i l'Ajuntament de Barcelona.

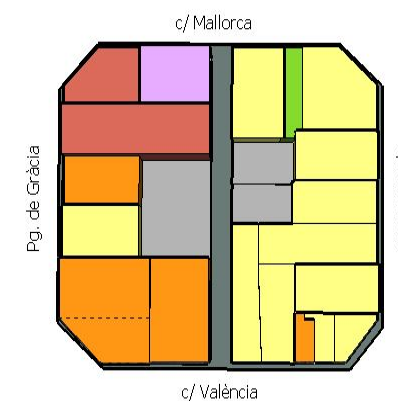


Figura 4.13: Gràfic de l'estil predominant a la unitat de mançana objecte d'estudi. Font: Elaboració pròpia.

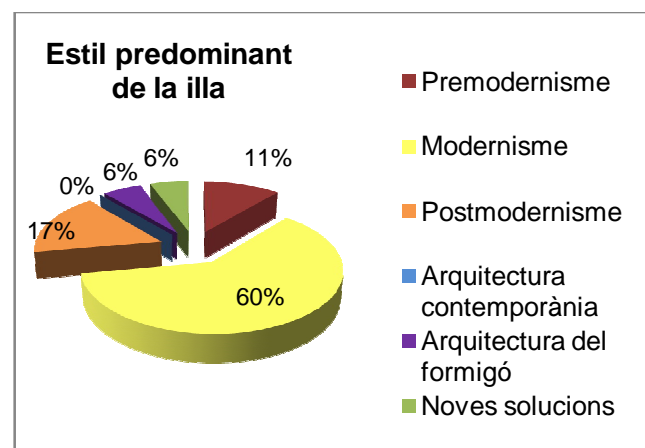
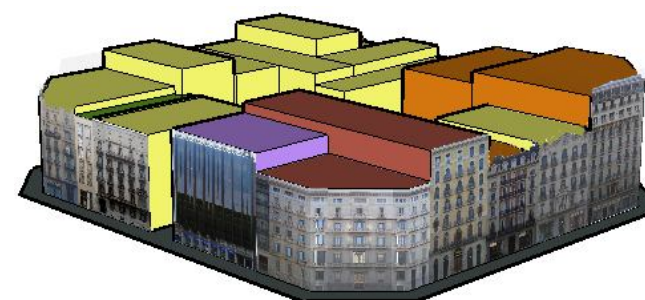


Figura 4.13: Gràfic de l'estil predominant a la unitat de mançana objecte d'estudi. Font: Elaboració pròpia.



Aixecament gràfic de l'illa d'estudi mitjançant el programa Sketchup. Font: Elaboració pròpia.

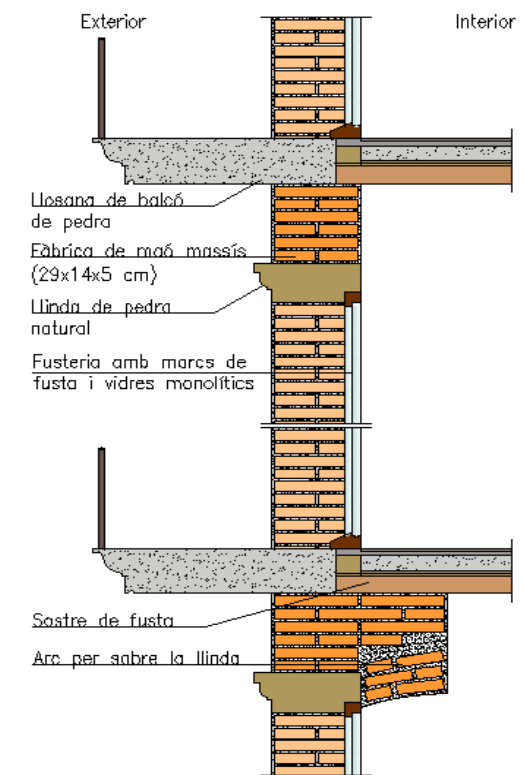
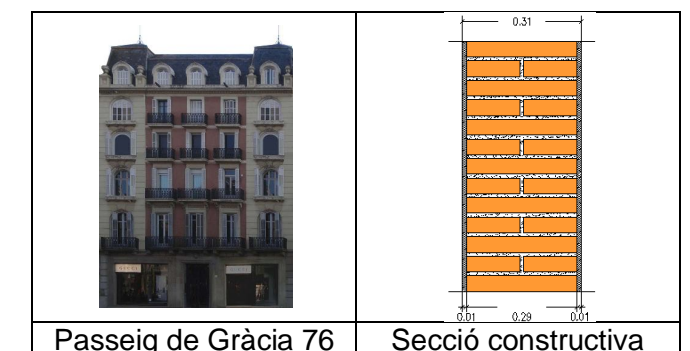


Figura 4.14: Secció tipus corresponent a l'Estil Tradicional. Font: Elaboració pròpia.

La figura mostra fragmentació de façana en el traspàs de secció de 60 a 30 cm. Com es pot observar, el recolzament del sostre quasi sempre es produeix en el mateix pla que la llosana. En el cas de la planta baixa, hi ha espai suficient de recolzament, però no és així a les plantes superiors, on la pedra de la llosana es talla perquè si puguin recolzar les bigues.



Passeig de Gràcia 76 Secció constructiva



Carrer Mallorca 266 Secció constructiva

Figura 4.15: Comparació entre l'estil tradicional i les noves solucions. Font: Elaboració pròpia.



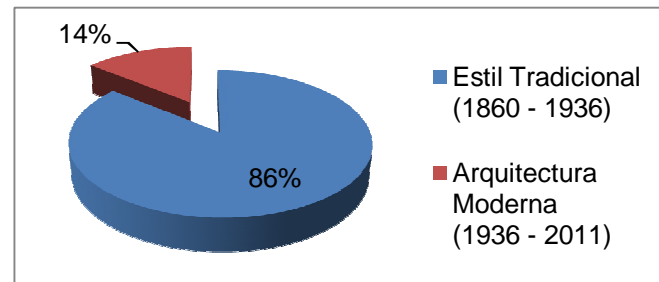


Figura 4.16: Percentatge dels edificis tradicionals i els d'arquitectura moderna. Font: Elaboració pròpia.

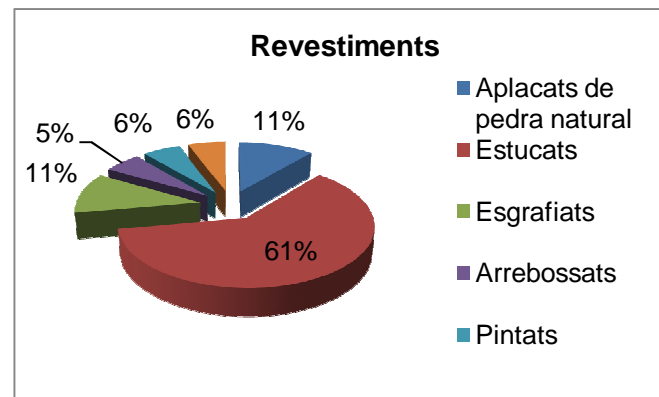


Figura 4.17: Percentatges dels tipus d'acabats de les façanes de l'illa. Font: Elaboració pròpia.

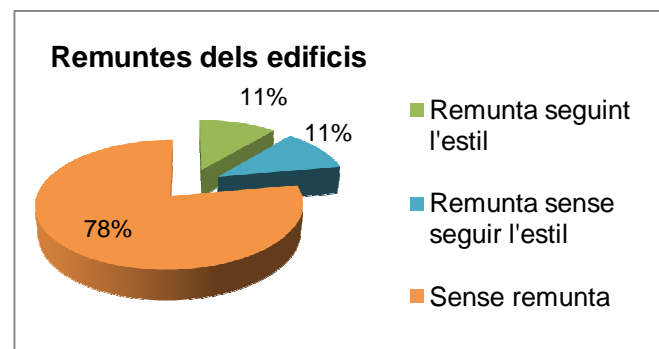


Figura 4.18: Percentatge dels edificis que han patit o no una remunta posterior a la construcció. Font: Elaboració pròpia.

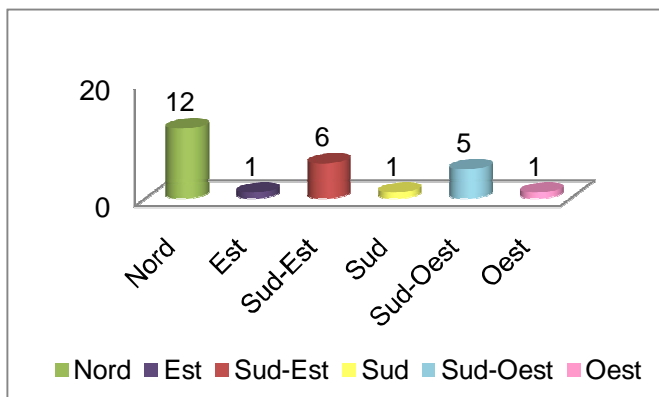


Figura 4.19: Quantificació del nombre d'edificis que hi ha a cada orientació. Font: Elaboració pròpia.

El 89% dels edificis que conformen l'illa són de caràcter tradicional, *Figura 4.16*, i per tant, comparteixen la secció anterior. Tot i això, l'aspecte final dels edificis és diferent degut a la variació d'acabats, *Figura 4.17*.

Per últim, dins de l'estudi dels sistemes constructius, cal destacar també que hi ha edificis que han patit una remunta posterior a la seva construcció, *Figura 4.18*.

#### 4.2.2. Orientacions

S'ha realitzat una taula amb l'orientació de cada una de les façanes que conformen l'illa, *Annex 7*.

Tot i que a l'actualitat s'intenta que els edificis estiguin encarats a sud, per ser l'orientació que millors prestacions dona, si s'analitza l'orientació solar dels edificis de l'illa s'observa que la majoria d'edificis estan encarats a nord, *Figura 4.19*.

Tenint en compte que l'Eixample segueix una quadrícula uniforme es pot determinar que la major part d'edificis de l'Eixample estan encarats a nord, la qual cosa provocarà que a l'hivern els edificis encarats a Besòs-Muntanya necessitin una demanda de calefacció més elevada que el edificis encarats a Llobregat-Mar.

S'han calculat els percentatges de buits de cada edifici, *Annex 8*, i s'obté que la mitja de buits de les façanes situades a nord és d'un 31,34%, mentre que l'únic edifici encarat a sud del que disposa l'illa té un 23,32% de buits. Amb aquestes dades s'observa que quan es va projectar l'Eixample es tenia un altre concepte, per situar i orientar els edificis, del que es té ara on es presenten percentatges de buits superiors a les façanes encarades a sud.

Es pot sentenciar dient que les façanes de l'illa encarades a nord reben molt poca radiació solar i únicament a l'estiu. Això pot suposar una major despesa en calefacció a l'hivern. A l'estiu també gaudeixen d'una temperatura més agradable per l'absència de rajos solars. Tèrmica i lumínicament les millors orientacions són: SE/S/SO, tot i que el guany d'energia té moltes variacions temporals. Les E/O són perilloses a l'estiu, i les N bones a l'estiu i molt fredes a l'hivern.

Les façanes orientades a sud-est es mantenen bastant estable al llarg de l'any. Els mesos on més

incidència solar hi ha són el març i el novembre, essent el juliol el de menys incidència.<sup>8</sup>

#### 4.2.3. Efectes d'ombra

##### 4.2.3.1. Concepte de Parametritzar

Els paràmetres que defineixen l'edifici, de cara a com afecta la incidència solar, són: la orientació, la pròpia altura, l'altura de l'edifici oposat i l'amplada del carrer. Per aquest motiu, no tots els edificis necessiten les mateixes proteccions, s'hauria de parametritzar.

El *parametricisme* permet als arquitectes contemporanis augmentar la complexitat de l'entorn construït i optimitzar les formes arquitectòniques des del punt de vista de criteris de comportament ecològic. Al diari *el País* es va publicar un article, *Edificios adaptables*, escrit per Zaha Hadid i Patrik Schumacher on exposen que les dades d'una taula d'exposició al sol que mapegi la intensitat de la radiació solar a la que estaria exposat un edifici, durant un període de temps donat, podria proporcionar els paràmetres necessaris pel disseny del sistema d'ombrejat de l'edifici.

##### 4.2.3.2. Programa Sketchup

S'ha realitzat un estudi visual de les incidències solars amb el programa Sketchup amb la finalitat d'observar com incideix el sol a certes hores del dia per identificar les façanes més afectades pel sol. Amb aquest programa es poden simular les ombres que provoca el sol als edificis a qualsevol hora del dia i mes. A les *Figures 4.20 i 4.22* es pot observar la simulació realitzada amb el programa informàtic i a les *Figures 4.21 i 4.23* la respectiva fotografia en les mateixes circumstàncies.

A les successions de fotografies adjuntades a l'*Annex 9*, es pot observar que els edificis més susceptibles als rajos són els situats a Passeig de Gràcia per dos motius; d'una banda estan encarats a sud-oest/sud i d'altra banda l'amplada del carrer facilita l'accés del sol durant més hores que a altres carres on els edificis ja fan ombra.



Figura 4.20: Fotografia de la incidència del sol a Passeig de Gràcia mitjançant el programa Sketchup. Dades: Mitjans de Maig a les 15.00h. Font: Elaboració pròpia



Figura 4.21: Fotografia del Passeig de Gràcia a les 15,00h a mitjans del mes de Maig. Carrer solejat. Font: Elaboració pròpia.



Figura 4.22: Fotografia de la incidència del sol al Carrer Pau Claris mitjançant el programa Sketchup. Dades: Mitjans de Maig a les 15.00h. Font: Elaboració pròpia



Figura 4.23: Fotografia del carrer Pau Claris a les 15,00h al mes de Maig. Carrer ombrejat. Font: Elaboració pròpia.

<sup>8</sup> Font: *Arquitectura i Energía Natural*. Autors: Rafael Serra Florensa i Helena Coch Roura. Edicions UPC. Pàg. 175. *Figura 7.7: Radiación en un muro vertical a lo largo del año para 40°.*





Figura 4.24: Edifici amb una remunta que segueix l'estil inicial. Passeig de Gràcia, 78. Font: Projectes de catalogació del Dep. EGA II.



Figura 4.25: Edifici amb una remunta que canvia l'estil inicial. Carrer Pau Claris, 155. Font: Projectes de catalogació del Dep. EGA II.



Figura 4.29: Edifici en mal estat de conservació; diversos desprendiments de les lloses dels balcons. C/ Concell de Cent, 258. Font: Elaboració pròpia.

El carrer València, per exemple, tot i estar orientat a sud-est, gaudeix de més ombra durant el dia perquè l'amplada del carrer és inferior que a Passeig de Gràcia i per tant els edificis de davant li fan ombra.

### 4.3. Inspeccions visuals

Per a la realització d'aquest apartat s'han realitzat diverses inspeccions visuals a l'Eixample en general i concretament a la unitat de mançana escollida. A l'Annex 10 es pot observar un recull de fotografies separades en lesions, obertures, acabats i proteccions solars.

Amb aquestes inspeccions s'han pogut comprovar els espessors de les façanes, els efectes d'ombra dels edificis, les fusteries, les proteccions solars, els edificis que han patit una remunta, *Figures 4.24 i 4.25*, i diversos factors que s'haurien de tenir presents de cara a una futura rehabilitació.

Pel que fa a les proteccions solars, s'han extret diverses conclusions com que s'hauria d'escollir una protecció solar que ajudi al buit a beneficiar-se del suau sol hivernal; que les proteccions haurien d'ajudar al màxim aprofitament de la llum natural per aconseguir l'estalvi energètic que suposa la il·luminació artificial; que les millors proteccions són les que estan més cap a l'exterior ja que un element protector sempre absorbeix calor i pot acabar convertint-se en un "radiador" que afecti a l'interior de l'edifici; o que simplement amb una persiana exterior, una mica separada i amb el trasdossat eficaçment ventilat podria ser una solució eficaç, com per exemple les persianes de corda projectades cap a l'exterior sobre la barana del balcó.

Com a observacions ens agradaria destacar el fet de que en molts dels edificis s'han realitzat substitucions i restauracions de fusteries que trenquen amb la coherència de la resta per haver estat realitzades pels particulars. Considerem que aquest tipus d'actuacions haurien d'estar aprovades per la comunitat de veïns de manera que es rehabilitessin totes les fusteries seguint un mateix estil i sense perdre l'estètica inicial, tot i no estar realitzades al mateix temps, *Figures 4.26, 4.27 i 4.28*.

D'altra banda també hem observat que molts dels edificis tenen un mal estat de conservació, *Figura 4.29*, i en alguns casos podria arribar a ser un perill per als vianants, per possibles

desprendiments de façana. A l'Annex 11 s'han recollit una sèrie de fotografies localitzant diverses lesions en un edifici en concret, situat al carrer València nº 261.

### 4.4. Reflexions

Després de l'estudi de diversos aspectes de l'Eixample com els sistemes constructius o l'estat de conservació de les façanes, considerem que en molts casos seria convenient rehabilitar tant estèticament com energèticament.

En aquest projecte es té com a objectiu fomentar la rehabilitació mitjançant aïllaments tèrmics ja que considerem que és una solució que aporta millores al comportament tèrmic de l'edifici i per tant redueixen el consum energètic.

En els següents capítols s'ha realitzat una recerca sobre els tipus d'aïllaments tèrmics (la nostra elecció per a la rehabilitació energètica) i diverses propostes on els apliquem.

Cal informar que tot i haver proposat diverses solucions, en molts dels edificis que componen l'Eixample no es poden aplicar.

El motiu ve degut a que formen part del patrimoni historico-artístic de la ciutat i segons el "Pla de protecció del patrimoni arquitectònic de la ciutat de Barcelona en l'àmbit del Districte de l'Eixample" aquests béns urbanísticament protegits, que sense complir les condicions dels que han estat objecte de declaració o catalogació com a Patrimoni Cultural Català però reuneixen valors historicoartístics estètics o tradicionals a considerar com a rellevant pel sector urbà on s'emplacen, seran susceptibles de rehabilitar les parts protegides com són la façana i els elements privatis o comuns.



Figura 4.26: Detall de fusteria substituïda conservant les lamelles de protecció solar i el color de la fusteria. C/ Pau Claris, 151. Font: Elaboració pròpia.



Figura 4.27: Detall de persianes de llibret i marcs restaurats sense seguir una coherència estètica (color blanc) amb la resta de fusteries. C/ Concell de Cent, 245. Font: Elaboració pròpia.



Figura 4.28: Substitució de la fusteria d'una de les finestres de primera planta trencant amb la coherència de color (de granat a blanc) de la resta de les fusteries. C/ Pau Claris 153. Font: Elaboració pròpia.



## 5. AÏLLAMENTS TÈRMICS

### 5.1. La importància de reduir els consums energètics: el camí cap a la sostenibilitat

Ens veiem acusats pel deteriorament de la capa d'ozó com a conseqüència de la proliferació dels gasos producte del consum de combustibles d'origen fòssil que provoquen el nomenat efecte hivernacle. La necessitat de reduir els gasos que contribueixen a generar l'efecte hivernacle ve donada a que l'acumulació d'aquests en les capes altes de l'atmosfera, en concentracions superiors a les naturals, augmenta les temperatures de les capes més properes a la terra alterant l'equilibri climàtic i consegüentment les condicions d'habitabilitat del planeta. La societat no és conscient que la despesa desmesurada d'energia no és en absolut sostenible a mig i llarg termini; gaudim d'unes condicions de vida superiors a les que ens podem permetre fent un consum d'energia desmesurat que pot provocar futurs canvis climàtics.

Si volem que les generacions vinents gaudeixin dels mateixos privilegis que nosaltres, hem d'encaminar a la societat cap a un desenvolupament sostenible.

Al reduir els consums energètics estem reduint les emissions d'aquests gasos i per tant contribuint a una millora del medi ambient. Hi ha diverses alternatives per aconseguir aquesta reducció, una d'elles és incrementar l'ús de l'aïllament.

Amb aquest projecte es vol incentivar l'ús de l'aïllament tèrmic com a millora del confort tèrmic i per tant del medi ambient així com la reducció de l'augment dels costos de l'energia.

### 5.2 L'ús de l'aïllament com a solució sostenible

La conservació de les façanes és un pilar fonamental per al manteniment de l'edifici. Un bon habitatge ha de garantir la seguretat i habitabilitat així com la protecció contra el fred i la calor.

Un mal aïllament comporta, des del punt de vista tècnic, la possible aparició de condensacions que perjudiquen les condicions de salubritat, així com de problemes de confort al no assolir les temperatures i humitat adequades, de manera que augmenten les despeses per la demanda energètica i les emissions de CO<sub>2</sub>.

Els beneficis de la utilització de l'aïllament inclouen la reducció de les emissions de CO<sub>2</sub>, la millora de les condicions de confort i salubritat, l'eliminació de les condensacions, la limitació de l'esgotament dels recursos energètics i el foment de l'estalvi. Aïllar una vivenda tèrmicament consisteix en aconseguir que els seus elements en contacte amb l'exterior augmentin la seva resistència al pas de la calor.

L'aïllament és l'únic material de l'obra que s'amortitza per l'estalvi econòmic que proporciona. Segons la *Guía práctica de la energía para la rehabilitación de edificios, el aislamiento la mejor solución* una rehabilitació tèrmica mitja, considerant el cost total de l'obra i de l'aïllament, es pot amortitzar entre 5 i 7 anys. Considerant la llarga vida mitjana de l'aïllament, es podrà estalviar en aquest període de 8 a 9 vegades més del que va costar tota la rehabilitació.

Alguns experts, com Mònica Herranz Méndez, secretaria general d'Felma, considera que hauria d'haver un augment del nivell dels aïllaments exigibles a les noves construccions, especialment façanes, cobertes i buits envidriats "elements en els quals les exigències han quedat per sota de les recomanacions dels experts".<sup>9</sup>

### 5.3. Definició

Els aïllaments tenen com a funció limitar o dificultar la transmissió d'energia calorífica entre dos ambients.

Es consideren materials aïllants aquells que presenten simultàniament una conductivitat tèrmica inferior a 0,060 W/mK i una resistència tèrmica superior a 0,25 m<sup>2</sup>K/W. Aquestes són les dues característiques principals.

La conductivitat tèrmica és una característica específica de cada material. Es defineix com la quantitat de calor que travessa un material de superfície i gruix unitaris quan la diferència de temperatura entre les seves cares és d'una unitat en una unitat de temps.

A la *Figura 5.1*, si ens desplaçem per l'eix x, és a dir, amb una mateixa resistència, es poden determinar els gruixos equivalents en la línia

<sup>9</sup> Font: CIC 477. Julio – Agosto 2010. Article: La conservació de façanes i cobertes, un pilar per al manteniment; Autor: Ana Baz; pàgina 31.

vertical en funció del valor lambda del material, de manera que aquest gràfic resulta molt útil per determinar l'espessor necessari d'un aïllament quan ja s'ha calculat la resistència tèrmica que aquest haurà d'aportar.

D'altra banda, de la lectura del gràfic, també es pot apreciar que per espessors baixos les resistències tèrmiques associades a les diferents lambdes són similars, mentre que a mesura que s'augmenta d'espessor la diferència entre aquestes és més gran.

La resistència tèrmica també és una característica pròpia de cada producte. Es defineix com la dificultat que presenta un producte d'un gruix donat en deixar passar el calor en condicions unitàries de superfície, diferència de temperatura i temps. Indica de forma precisa la quantitat d'aïllament que aporta un producte a un element constructiu. Contra més alta és la resistència tèrmica d'un producte més quantitat d'aïllament incorpora.

### 5.4. Aïllaments sintètics

Els aïllants sintètics es divideixen en llanes minerals (llana de roca i llana de vidre) i escumes plàstiques (poliestirè expandit, poliestirè extruït i poliuretà).

Els més destacats al mercat són el poliestirè expandit i la llana de vidre. El poliuretà projectat "in situ" es troba en una posició intermèdia i la resta de productes s'utilitzen aproximadament amb un volum semblant.

Per una altra banda, s'ha volgut ampliar la recerca amb altres aïllants tèrmics innovadors en el mercat que juguen amb diferents factors com podria ser la reducció màxima que pot admetre el material complint amb els paràmetres que s'exigeixen, funcionalitats, cost, etc. En aquest grup s'han incorporat els vidres cel·lulars i els films termorefectius.

### 5.5. Aïllaments orgànics

La construcció és un dels sectors on es consumeixen més recursos i on més residus contaminants es generen sense opció al reciclatge. Ens hem de conscienciar d'utilitzar materials dintre del terme reciclatge-fabricació-ús-reciclatge ("de bressol a tomba") i analitzar-ne els cicles de vida útil.

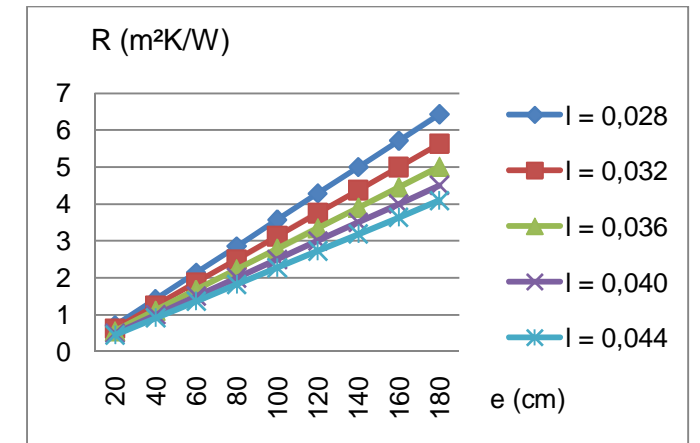


Figura 5.1: Gràfic representatiu de la relació que existeix entre la transmitància tèrmica (eix y) i l'espessor (eix x) d'un aïllant.

Tot i que en la última dècada els materials més emprats per a la rehabilitació han estat els esmentats a l'apartat anterior, en aquest apartat incidim en unes propostes de rehabilitació que provenen de recursos renovables.

Aquests materials són productes naturals que provenen de cultius administrats de manera sostenible que actuen com emmagatzematge de carboni purificant l'aire i contribuint a la reducció de l'efecte hivernacle. L'energia necessària per a la fabricació del producte final és pràcticament nul·la, i en molts casos provenen dels seus propis residus. Durant la transformació de la matèria prima no sol haver-hi emissió de gasos tòxics i el final de vida és totalment ecològic ja que són 100% reciclables.

A les *Taules 5.2 i 5.3*, que es mostren a l'*Annex 12*, apareixen les característiques principals de cada material, tant sintètic com orgànic respectivament, així com el procés de fabricació i aplicacions possibles.

### 5.6. Dades tècniques

S'ha realitzat una taula, la qual es mostra a continuació, amb tots els aïllaments tèrmics estudiats fent una recerca d'algunes de les empreses que els subministren amb la finalitat de comparar les seves característiques tècniques, així com el cost econòmic, les emissions de CO<sub>2</sub> que emeten en la seva producció, la procedència dels productes, etc.

AÏLLANTS ORGÀNICS													
Material	Empresa	Procedència producte	Nom del producte*	Tipus de producte	Densitat	Dimensions	Espessor	$\lambda$	R	$\mu$	Cost	Emissions CO <sub>2</sub>	Cost energètic
					kg/m <sup>3</sup>	mm	mm	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	-	€/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	Kwh/m <sup>2</sup>
Suro	Cork-2000	Portugal 1300km	Termacork eco	en plaques	110	1000x5000	30 a 50	0,040	0,5 a 1,5	5 - 10	6,96 - 11,50	0,24 $\sigma$	3,94 $\sigma$
	Hnos. Berná	Cassà de la Selva (Gir.)	Selva-Kork	en plaques	120	1000x5000	20 a 100	0,035	0,57 a 2,86	5 - 10	2 - 8		
	Aisleco	Portugal	Aislecork Negro	en plaques	120	1000x5000	30 a 60	0,037	0,81 a 1,62	5 - 30	8,95 - 17,90		
Llana ovella	Bioklima Nature	Oikain (Navarra)	Aislanat	en mantes	15	1000x6000	40 a 100	0,040	1,5 a 2,5	1 - 2	5,45 - 10,40	0 $\eta$	-
	Aisleco	Barbastro (Osca)	Aisleco-Lan	en mantes	13,5-20	2400x100	40 a 100	0,040	0,375 a 2,5	1 - 2	4,40 - 10,15	-	-
	Victermofitex	Vic (Barcelona)	Termofitex Lan	en mantes	25-30	1000x600	40 a 100	0,043	0,93 a 2,32	1 - 5	5,30 - 9,50	0,71/0,81 $z$	-
	Rmt-Nita	Santa Eulàlia de Ronçana (Bcn)	Nita-Wool-Kn	en mantes	15	2000x600	40 a 100	0,043	0,93 a 2,32	1	5,25 - 10,40	1,45*	16,84*
			Nita-Wool-K	en plaques	30	1200x600	50	0,035	1,43	1	7	1,45*	16,84*
Nita-Wool-KC	a granel	20	-	40 a 100	0,042	0,95 a 2,38	1	52 €/m <sup>3</sup>	0,81*	13,15*			
Fibres de fusta	Bioklima Nature	Polònia	Fibres de fusta Thermo	en plaques	170	1200x600	20 a 100	0,040	0,5 a 2,5	3	4,80 - 22,60	-	-
	Biohaus	Alemanya	Thermowall	en plaques	160	1250x600	20 a 80	0,042	0,48 a 1,9	3	5,52 - 20,17		
	Aisleco	Eslovàquia	Hofatex Therm	en plaques	160	1200x800	20 a 120	0,039	0,77 a 3,08	5	4,95 - 28,10		
	Maydisa	Itàlia	Celenit-N	en plaques	35-50	2000x600	20 a 75	0,060	0,27 a 1,22	4 - 6	10,20-22,70		
Cel·lulosa	Biohaus Goierri	Alsasua (Navarra)	Biocell	a granel	25-65	-	40 a 100	0,039	1,03 a 2,56	1 - 2	220 €/m <sup>3</sup>	0,4 $\chi$	7,45 $\chi$
	Biohaus	Alemanya	FlexCL	en plaques	70	1200x625	30 a 180	0,039	0,77 a 4,62	2 - 3	-		
	Aisleco	Bèlgica	Isocell	a granel	38-65	-	40 a 100	0,039	1,03 a 2,56	1 - 2	140 €/m <sup>3</sup>		
	Ecomarc	Alemanya	Isofloc	a granel	3 - 65	-	40 a 100	0,039	1,03 a 2,56	1 - 2	230 €/m <sup>3</sup>		
Cànem	Bioklima Nature	Oikain (Navarra)	Aislanat	en mantes	30	1000x600	60 a 100	0,041	1,46 a 2,44	1 - 2	7,60 - 13	-	-
	Aisleco	Alemanya	Hock	en mantes	38	1200x625	30 a 140	0,040	0,75 a 3,5	1 - 2	4,35 - 19		
Cotó	Rmt-Nita	Santa Eulàlia de Ronsana (Bcn)	Nita - Cotton	en plaques	30	1200x600	50	0,034	1,47	1	5	0,7*	9,69*
			Nita - Cotton	a granel	20-30	-	40 a 100	0,042	0,95 a 2,38	1	32 €/m <sup>3</sup>	0,46*	7,46*
AÏLLANTS SINTÈTICS													
Material	Empresa	Procedència producte	Nom del producte	Tipus de producte	Densitat	Dimensions	Espessor	$\lambda$	R	$\mu$	Cost	Emissions CO <sub>2</sub>	Cost energètic
					kg/m <sup>3</sup>	mm	mm	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	-	€/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	Kwh/m <sup>2</sup>
Llana de roca	Rockwool	Caparros (Navarra)	Rockcalm-E 211	en mantes	40	1350x600	30 a 80	0,035	0,85 a 2,29	1,3	3,41 - 5,67	6,4 $\mu$	28,03 $\mu$
	Panel-Roc	Vila das Aves (Portugal)	PN100	en mantes	100	1200x600	30 a 100	0,034	0,85 a 2,90	1	5,73 - 19,18		
	K.Insulation	Lannemezan, França	Panel (TP 116)	en mantes	30	1350x600	50 a 100	0,037	1,35 a 2,70	2,2	2,67 - 5,28		
	Rockwool	Caparros (Navarra)	Confortpan 208 Roxul	en mantes	30	1350x600	30 a 80	0,037	0,81 a 2,16	1,3	2,21 - 4,51		
Llana de vidre	Isover	Azuqueca de Henares (Guadalajara)	Ecovent 50D	en mantes	22	1200x1000	60	0,038	1,58	1	3,85 - 6,74	1,73 $\chi$	8,42 $\chi$
	Ursa Glasswool		Panel Mur P4562	en mantes	20	1350x600	45 y 65	0,036	1,25 - 1,80	1	3,02 - 4,45	2,47 $\mu$	22,71 $\mu$
XPS	K.Insulation	Artix, França	Polyfoam C350	en plaques	30	1250x600	65 a 100	0,036	1,81 a 2,77	100 - 200	8,68 - 23,15	14,5 $\varepsilon$	323,66 $\varepsilon$
	Basf	Alemanya	Styrodur C	en plaques	20	1250x600	30 - 120	0,036	0,83 - 3,33	80 - 200		15,54 $\mu$	29,25 $\mu$
	Ursa Glasswool	Espanya	Ursa XPS NW E	en plaques	25-42	1250x600	30 a 60	0,034	0,90 a 1,80	100 - 200	5,64 - 11,28		
EPS	Hiperpol	Madrid	P.EPS Tipus III AE	en plaques	30	2000x1000	20 a 50	0,039	0,45 a 1,30	50 - 100	5,65 - 11,16	5,18 $\mu$	9,75 $\mu$
	Basf	Alemanya	Styropor F15	en plaques	20	1250x600	30 a 80	0,038	0,79 a 2,11	50 - 150	-		
PUR	Intropol	Espanya	PUR Projectat	Projectat	33-60	-	30 a 100	0,028	0,71 a 1,43	107 - 142	6 - 14,20	36,16 $\mu$	68,06 $\mu$
	Basf	Rubí (Barcelona)	Elastospray	projectat	39	-	30 a 100	0,028	0,71 a 1,43	70			
Vidre cel·lular	Polydros	Alcobendas (Madrid)	Polydros	en plaques	170	450x300	40	0,041	0,98	$\infty$	25,8	1,16 $\chi$	19,7 $\chi$
	Foamglass	Espanya Portugal	Foamglass T4	en plaques	120	600x450	40 a 60	0,042	0,95 a 4,29	$\infty$	31,92 - 47,88		

\*Els productes senyalats en groc són el aïllaments seleccionats per a les propostes del capítol següent.

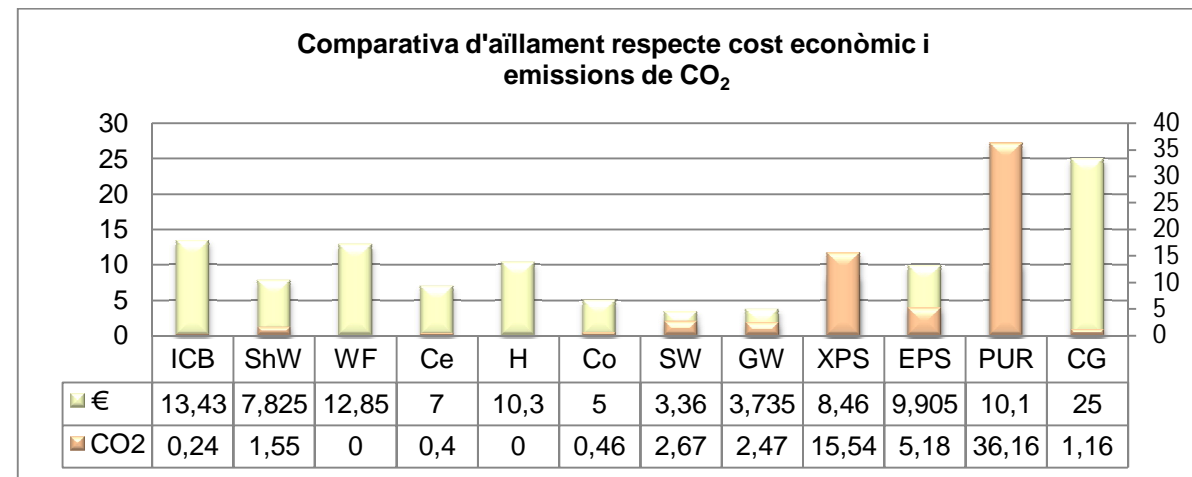
LLEGENDA		
Nomenclatura	Descripció	Unitat
$\lambda$	Conductivitat tèrmica	mK/W
R	Resistència tèrmica	m <sup>2</sup> K/W
$\mu$	Coeficient de difusió de vapor	-

FONTS DE LES DADES AMBIENTALS			
$\sigma$	Revista Cerca 107	$\chi$	Empa – Swiss Federal
*	Empresa Rmt-Nita	$\mu$	Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya (ITeC)
$\eta$	Empresa Bioklima Nature	$\chi$	Productes amb Dap'c
$z$	Empresa Vitermofitex	$\varepsilon$	Empresa Knauf

### 5.7. Comentaris dels paràmetres mediambientals dels aïllaments

A la taula anterior s'han introduït les dades tècniques que cada empresa ha aportat sobre el materials que subministra. Tot i que actualment estan sorgint documents de declaració ambiental, que acrediten les emissions de CO<sub>2</sub> i del cost energètic que suposa tot el cicle de vida útil dels materials, la majoria d'empreses no disposen d'aquests perquè comporten una despesa econòmica addicional. S'han pogut aconseguir les emissions, referides únicament a la fabricació dels productes, d'alguns dels materials però cal destacar que les dades procedeixen de fonts diferents i per tant pot haver-hi variacions.

Amb les dades extretes s'ha volgut realitzar un gràfic on es poden observar les diferències de cost econòmic i d'emissions de CO<sub>2</sub>, entre uns materials i d'altres:



*Les empreses amb les quals s'ha contactat no disposaven de les dades d'emissions de CO<sub>2</sub> de la llana d'ovella i del cànem. Per tant, no s'han comptabilitzat els valors essent a la taula de valor igual a zero.*

En aquest gràfic es pot observar com els aïllaments de l'esquerra (aïllaments orgànics) consumeixen menys CO<sub>2</sub> a la seva fabricació que els de la dreta (aïllaments sintètics), essent el poliuretà el que més emissions de CO<sub>2</sub> emet amb diferència. D'altra banda el cost econòmic està més equilibrat tot i ser la majoria dels aïllaments orgànics més cars exceptuant el vidre cel·lular que sobrepassa qualsevol dels altres

Encara que únicament s'han aconseguit dades sobre les emissions de CO<sub>2</sub> en la fase de producció dels materials<sup>10</sup>, s'han de tenir en compte altres factors a l'hora d'analitzar aquests indicadors com podrien ser l'extracció i processat de matèries primeres, la producció, el transport i la distribució, l'ús, la reutilització i manteniment, el reciclat i la disposició final, etapes que formen part de l'Anàlisi del Cicle de Vida (ACV) dels materials.

L'ACV és un procés objectiu per avaluar les càrregues ambientals associades a un producte, procés o activitat, identificant i quantificant tant l'ús de matèria i energia com les emissions a l'entorn, per a determinar l'impacte d'aquest ús de recursos i aquestes emissions i per a avaluar i dur a la pràctica estratègies de millora ambiental.<sup>11</sup>

En la dècada actual l'ACV l'estan aplicant de manera sistematitzada institucions privades i públiques en la millora de productes, processos i serveis. Exemples d'aquesta maduresa són el programa Life Cycle Initiative d'UNEP-SETAC, el desenvolupament per part de la UE d'una plataforma de dades ELCD (European Reference Life Cycle Data System) o les normes revisades ISO 14040:2006 (Gestió Mediambiental. Anàlisi de Cicle de Vida. Principis i Marc de Referència) i ISO 14044:2006 (Gestió mediambiental. Anàlisi de Cicle de Vida. Guies i requeriments).

<sup>10</sup> Com a excepció s'ha cal destacar a l'empresa RMT-NITA que disposa del document de Declaració Ambiental del Producte on apareix el cicle de vida del material avaluant la despesa energètica i les emissions de gasos d'efecte hivernacle que suposa.

<sup>11</sup> Definició d'ACV segons el SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry).



## 6. PROPOSTES DE REHABILITACIÓ

### 6.1. Introducció

La rehabilitació energètica té la finalitat de disminuir la demanda d'energia en les actuacions de rehabilitació d'edificis incorporant el criteri energètic en els elements que motiven el procés de rehabilitació.

La renovació energètica es defineix com l'aplicació de mesures sobre l'envolupant i les instal·lacions, que permeten la disminució de la demanda i del consum energètic.

Aquestes mesures, referides a l'envolupant, són les que milloren la pell de l'edifici ja que el seu comportament i qualitats aïllants afecten directament a l'interior de l'habitatge i per tant, a les prestacions de confort desitjades pels usuaris.

L'estalvi que es pot aconseguir podrà arribar al 50-55% de la demanda energètica inicial de l'edifici<sup>12</sup>.

### 6.2. Mesures aplicables

Amb l'objectiu d'establir uns paràmetres orientatius en el procés de rehabilitació energètica dels edificis d'habitatges, aconseguint d'aquesta manera la disminució de la demanda energètica, proposem mesures per tal de millorar l'envolupant tèrmica incidint en la façana i en les obertures, tant pel que fa als vidres i fusteries com les proteccions solars.

Les mesures aplicables a les façanes es resoldran amb aïllaments tèrmics, ja siguin aquests sintètics o orgànics. L'objectiu és definir el gruix mínim d'aïllament tèrmic que cal incorporar a les façanes per complir amb els requisits de la normativa vigent, en funció de la secció constructiva inicial i del material aïllant a considerar.

Per tal de pal·liar les pèrdues tèrmiques en les obertures degut a la falta de prestacions de les fusteries i vidres, les mesures aplicables seran la substitució/restauració dels elements, depenent de l'estat de conservació.

<sup>12</sup> Cercha 107, Febrer 2011. Article: ¿Qué papel juega la Arquitectura técnica en rehabilitación energética de los edificios; Página 14. Comentari: Xavier Casanova.

### 6.3. Justificació de les mancances

La gran majoria dels habitatges construïts abans del 1979, que en la mostra que s'ha escollit representen un 88,80% del total del parc edificat, presenten problemes en l'envolupant tèrmica de l'edifici provocant un confort deficient en els espais habitables, sent dificultós l'escalfament d'aquests al hivern, existint un sobreescalfament a l'estiu i produint diverses patologies com poden ser humitats.

Com a conseqüència, els problemes més habituals que apareixen en els edificis amb una antiguitat superior a trenta anys són les grans pèrdues tèrmiques que s'originen al hivern, contrarestant l'excés de guanys solars a l'estiu. Degut a la mancança de manteniment i prestacions de les fusteries i vidres que componen les obertures, hi ha contínues filtracions d'aire. Es produeixen humitats i condensacions a les parets, vidres i muntants, provocant lesions a les façanes.

Entre les causes que provoquen aquests problemes es poden destacar la inexistència d'aïllament tèrmic en els elements de l'envolupant; la insuficiència de proteccions solars, la falta d'estanquitat dels tancaments en les obertures exteriors, els ponts tèrmics, la falta de manteniment preventiu i correctiu, etc.

A partir del 1979 es va aprovar la Norma Bàsica d'Edificació NBE-CT/79, sobre condicions tèrmiques dels edificis, en la qual es van establir mesures encaminades a l'estalvi energètic i aspectes que incidien directament en la millora de l'habitabilitat i confort dels usuaris. Al 1987 es va realitzar una posterior modificació d'alguns dels aspectes per tal de millorar aquesta normativa.

Avui en dia, les exigències de confort per als usuaris són més elevades, ja que requereixen, per necessitat o no, una demanda energètica molt superior provocant nombroses despeses energètiques. Aquest fet és degut a la malversació de les noves tecnologies per assolir el benestar al que la societat actual s'està acomodant.

### 6.4. Rehabilitació de façanes

Tot i que la rehabilitació de façanes dels edificis està associada a la necessitat de la millora estètica de la mateixa, està demostrat que amb unes actuacions pertinents no només millorem

l'estètica de la façana sinó que augmentem la confortabilitat i reduïm les despeses energètiques.

Quan es planteja la possibilitat de rehabilitar les façanes energèticament, la finalitat d'incorporar l'aïllament tèrmic és la reducció de la demanda energètica en quant a calefacció i refrigeració, l'obtenció de més confort a l'interior de la vivenda i la disminució del risc d'humitats. Mitjançant els sistemes de tancament i l'aplicació d'aquests aïllaments, s'ha de buscar l'optimització de la resistència tèrmica de la part opaca de la façana.

Els tres sistemes d'aïllament que es plantegen són:

- Aïllament per l'exterior de l'edifici
- Aïllament per l'interior de la vivenda
- Aïllament per injecció dins la cambra d'aire

Quan sigui viable, és rehabilitarà per l'exterior ja que és el sistema amb el qual s'aconsegueixen més prestacions de confort i amb l'únic que és possible eliminar els ponts tèrmics.

En relació als sistemes de rehabilitació energètica que es poden aplicar als edificis d'Estil Tradicional, cal destacar que no és possible l'ús dels sistemes per l'exterior ja que aquests modifiquen l'estètica de la façana i aquests edificis estan protegits per formar part del patrimoni històric de la ciutat.

El sistema d'aïllament de la façana en el qual s'omple la cambra d'aire és l'alternativa quan no es pot aïllar per l'exterior de la façana ni tampoc no es pot perdre espai interior.

Si no hi ha cambra d'aire és evident que tan sols queda com a possible actuació la rehabilitació per l'interior de la vivenda, essent conscients de la reducció d'espai que aquesta solució comporta.

A la Figura 6.1 es pot observar una fotografia termogràfica on es mostra, mitjançant la radiació infraroja de l'espectre electromagnètic, l'energia radiada. Amb la informació que aporten aquests tipus de fotografies (que determinen la temperatura exacta sense necessitat de contacte físic) es pot determinar quines zones estan més afectades per una dolenta solució constructiva o manca d'aïllament.

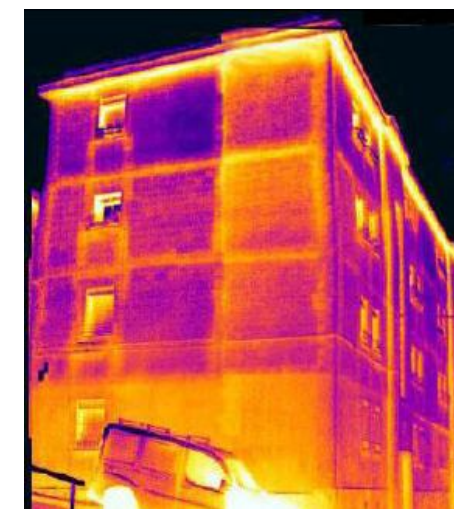









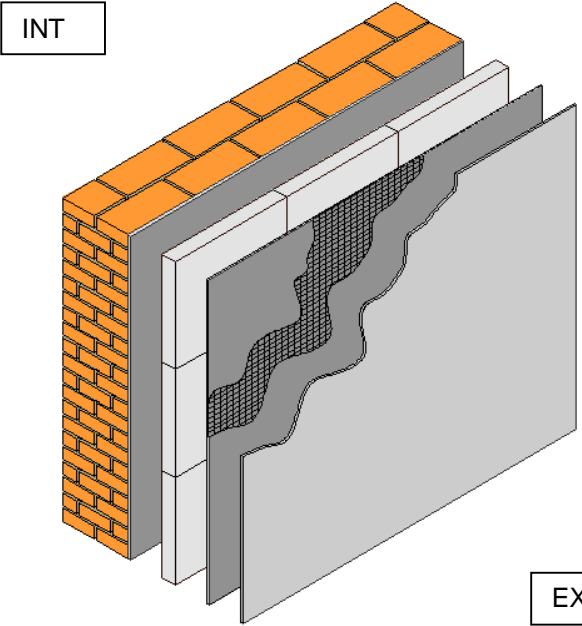
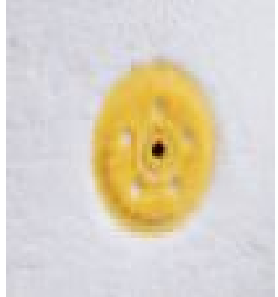
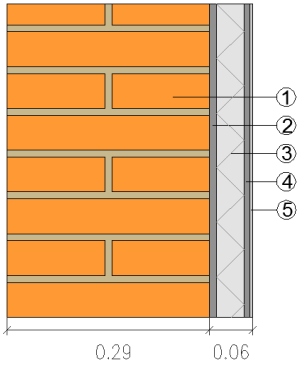
Figura 6.1: Fotos termogràfiques. A la primera fotografia es pot observar que la pèrdua d'energia és a través de les obertures, ja que aquestes presenten un color més càlid que la resta del parament. Pel contrari, a la següent fotografia, la mancança d'aïllament es troba als tancaments. Font: ADIGSA

#### 6.4.1. Propostes per a la rehabilitació de façanes


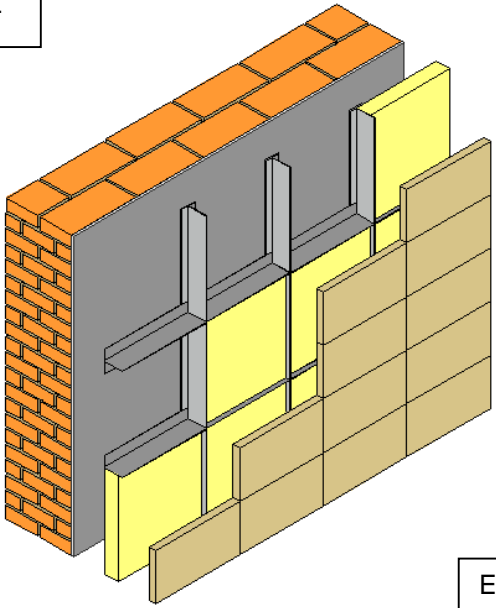
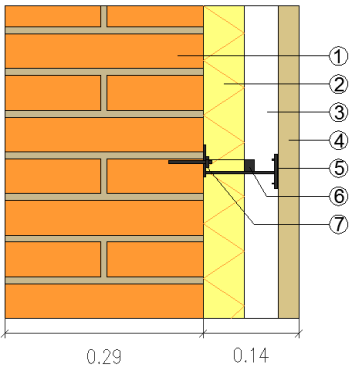


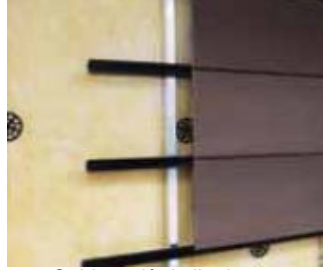
En aquest apartat s'ha sintetitzat la informació sobre diverses propostes, Taules 6.2, actuant tant per l'exterior, per l'interior o per la cambra d'aire; amb l'objectiu de donar a conèixer la funcionalitat dels sistemes amb un aïllament determinat escollit aleatòriament. A l'Annex 13 es poden consultar els càlculs realitzats de cara al comportament tèrmic de les propostes escollides.<sup>13</sup>

S'ha analitzat la versatilitat d'aquests sistemes amb altres aïllaments, mitjançant càlculs de comportament tèrmic. Els resultats apareixen posteriorment a l'apartat 6.4.2. Resum de propostes.

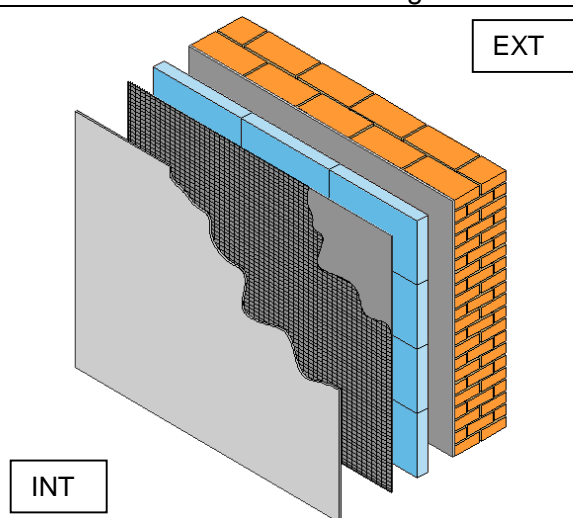
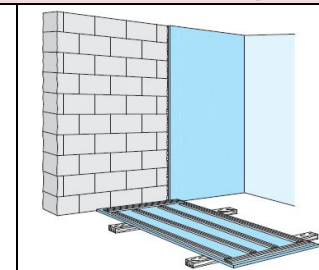

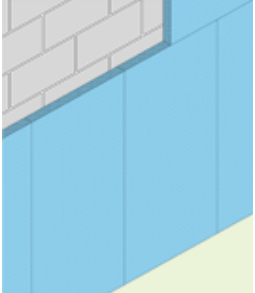
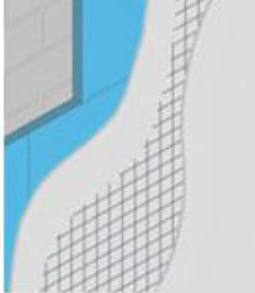
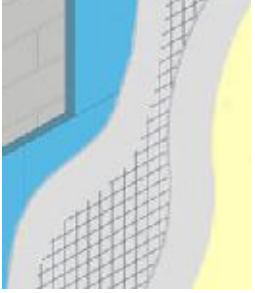
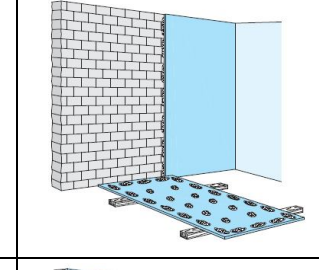
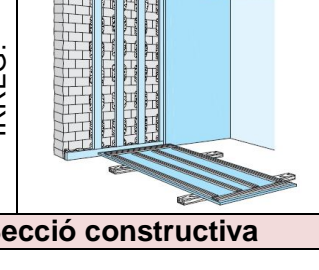
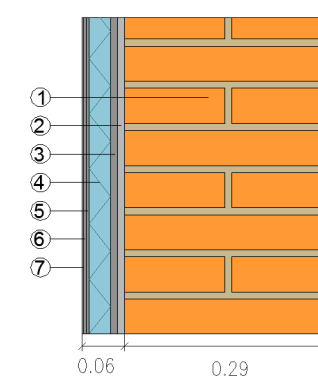
<sup>13</sup> A l'Annex 14 apareix el pressupost estimat d'aquestes propostes mitjançant el Generador de Preus de CYPE, i a l'Annex 15 diversos catàlegs d'algunes de les empreses consultades.

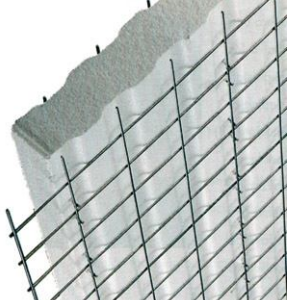
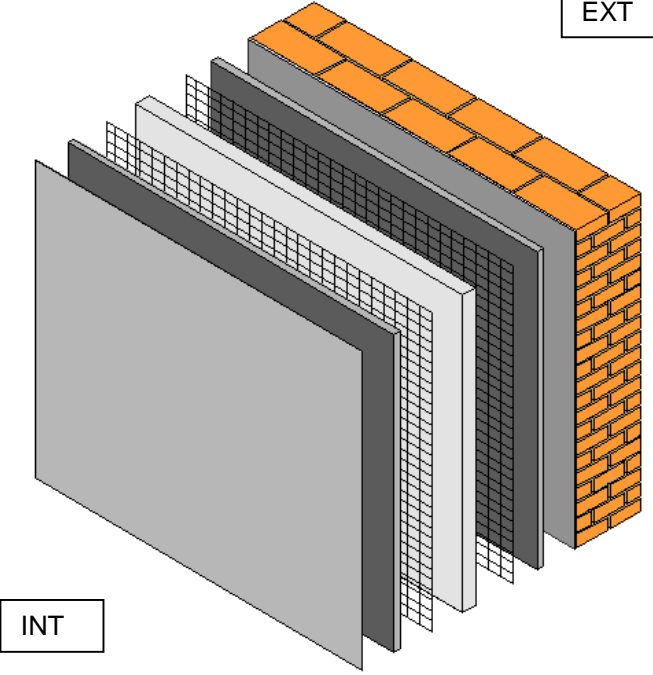
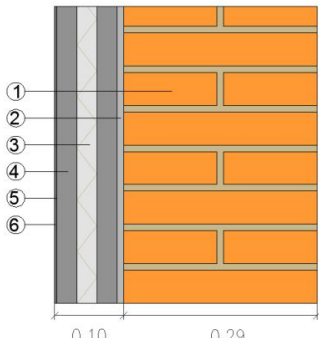
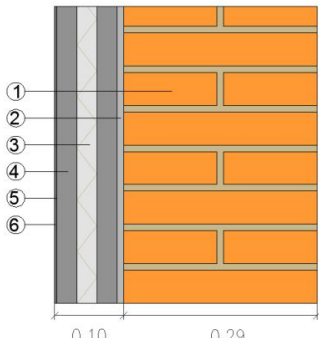

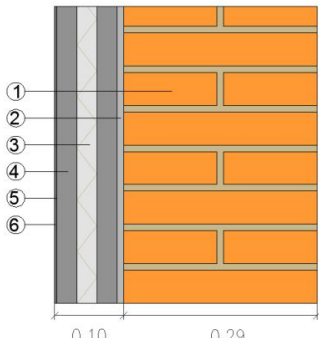


<b>Taula 6.2.1</b>		<b>PROPOSTES DE REHABILITACIÓ PER L'EXTERIOR: SATE amb poliestirè expandit (EPS)</b>		<b>Proposta 1</b>
<b>Descripció del sistema</b>		<b>Tipus de fixacions dels panells aïllants</b>		<b>Fotografies</b>
<p>El sistema SATE (Sistema d'Aïllament Tèrmic per l'Exterior) consisteix adherir un producte aïllant, fixar-lo mecànicament o ambdues opcions, sobre el mur suport que es protegeix amb un revestiment constituït per una o varies capes, aplicades "in situ", una de les quals conté una malla de reforç. El revestiment s'aplica directament al panell aïllant, sense intersticis d'aire o capes discontinues.</p>		<p><b>PEGAT</b></p>  <p>En cas de suports adequats per adhesiu i amb capacitat de sustentació (&gt;0.08 N/mm<sup>2</sup>) els panells aïllants es peguen. En suports irregulars amb diferències no superiors a 1cm, es necessari que la superfície d'adherència sigui del 40% com a mínim.</p>	<p>Es col·loca el perfil metàl·lic d'arrencada (a 10cm d'altura). Després es fixen els panells aïllants mitjançant morter adhesiu, col·locant aquests de baix cap a dalt partint de les cantonades de l'edifici. Es pressionen els panells sobre la paret i es retira l'adhesiu excessiu per evitar ponts tèrmics.</p> <p>Es col·loquen les espigues. La longitud i el diàmetre d'aquestes depèn dels murs i del material aïllant. El nombre d'espigues depèn de l'altura de l'edifici o de la seva situació (superfície, cantonada). Un cop trepat el mur suport, es col·loquen les espigues d'impacte i es tanquen amb tapes rodones d'EPS, per tal d'evitar ponts tèrmics.</p>	     
<p><b>INT</b></p>  <p><b>EXT</b></p>		<p><b>PEGAT I FIXAT AMB ESPIGUES</b></p>  <p>En suports adequats per a l'adhesiu amb capacitat de sustentació insuficient (&lt;0,08 N/mm<sup>2</sup>) i irregularitats no superiors a 2cm, és necessari fixar les superfícies i els cantons amb espigues ancorades al mur suport amb profunditats adients.</p>	<p>Es tanquen les juntes obertes amb espuma de farcit o tires d'aïllament. D'aquesta manera s'eviten les marques en la capa d'acabat, esquerdes, etc. Es poleixen els punts de farcit dels panells aïllants col·locats per pressió amb una màquina polidora-aspiradora.</p> <p>S'aplica el morter d'armadura amb un espessor de capa de 2 a 3.5 mm, emprant una rasqueta o màquina. Es col·loca la malla de fibra de vidre flexible d'1mm d'espessor i de fàcil aplicació, útil també per a les obertures i es solapen els trams de malla 10 cm. S'han de protegir les zones de risc d'impactes i cantonades amb armadura addicional. Posteriorment s'aplica una altra capa de morter, quedant així la malla encastada.</p>	
		<p><b>FIXAT AMB PERFILS</b></p>  <p>Amb suports no adequats per a l'adhesiu i irregularitats superiors a 3 cm, s'ha d'emprar un sistema de fixació amb perfils metàl·lics. Aquest sistema està indicat per suports amb necessitat de tractaments massa costosos.</p>	<p>Per últim s'aplica la capa d'acabat de morter un cop sec el morter d'armadura. Aquest ha de tenir elasticitat, seguretat contra la formació de esquerdes i resistència contra les inclemències climàtiques. Ha de ser capaç de suportar una gran carga mecànica. L'arrebossat ha de ser continu. S'ha d'evitar el treball amb vent fort o baix l'acció directa del sol, ja que es poden formar esquerdes capil·lars.</p>	
<b>Llegenda</b>		<b>Secció constructiva</b>	<b>Comportament tèrmic</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>Fàbrica de maó massís (29 cm)</li> <li>Morter de fixació (1 cm)</li> <li>Aïllant tèrmic d'EPS (4 cm)</li> <li>Morter de reforç, amb malla de fibra de vidre (8 mm)</li> <li>Revestiment pintat (2 mm)</li> </ol>			<p>Trans. Tèrmica (U) = 0,627 W/m<sup>2</sup>K          Condensació superficial = 0,84          Condensació intersticial = Complex</p>	
			<b>Empreses</b>	
			<p>Són diverses les empreses que apliquen aquest sistema, entre les quals poden destacar:</p> <p>STO, Texsa Morteros, Revetón, Grupo Puma, Weber Cemarsa, Basf Construction Chemical, etc.</p>	
			<b>Aïllaments compatibles</b>	
<b>Observacions</b>		<p>Entre els aïllaments esmentats, es poden classificar el poliestirè expandit (EPS), poliuretà (PUR), el suro (ICB), les fibres de fusta (FF), la llana de roca (SW), el vidre cel·lular (CG) i el poliestirè extruït com a aïllaments tèrmics compatibles amb aquest sistema, segons les seves característiques tècniques.</p>		
			<b>Aïllament tèrmic: EPS Tipus III AE</b>	
			<p>L'EPS pertany a la família de les escumes plàstiques, derivat del poliestirè. Està constituïda per un conjunt de partícules que, mitjançant vapor d'aigua, augmenten de volum emprant l'aire al seu interior, la qual cosa li confereix al material les qualitats aïllants tèrmiques. Presenta una textura d'un conglomerat de "perles" normalment de color blanc encara que es pot acolorir. Es tracta d'un producte d'estructura cel·lular amb cel·les substancialment tancades. És un material caracteritzat per la seva lleugeresa, resistència a la humitat i capacitat d'absorció dels impactes.</p>	
			<p><b>Característiques:</b>          Densitat: 30 kg/m<sup>3</sup>          Dimensions: 2000x1000 mm          Espessor: 4 cm          Conductivitat tèrmica (λ): 0,039 mKW          Coeficient de difusió de vapor (μ): 50 - 100</p>	







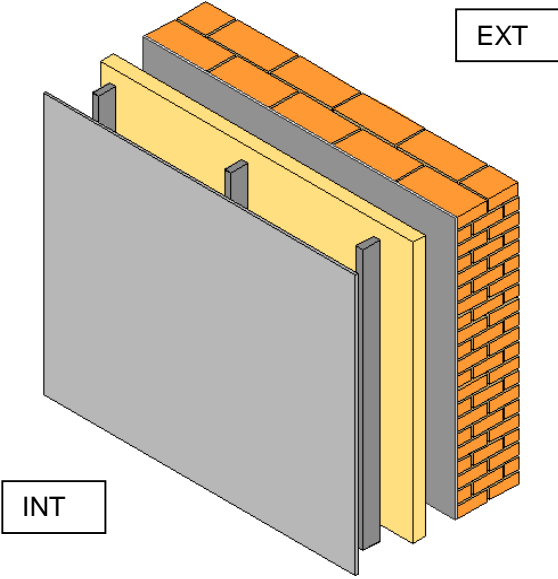
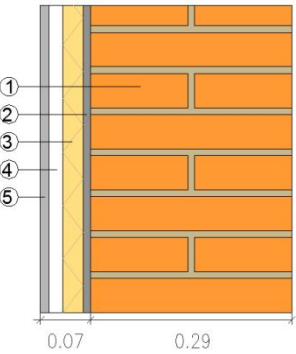
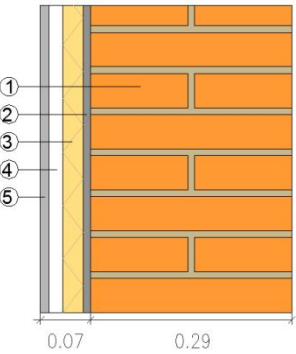
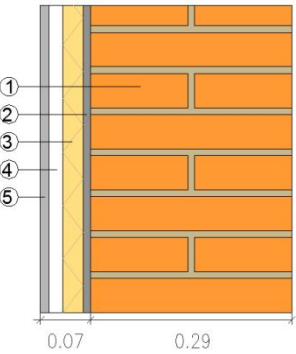
<b>Taula 6.2.2</b>		<b>PROPOSTES DE REHABILITACIÓ PER L'EXTERIOR: Façana ventilada amb llana de vidre (GW)</b>		<b>Proposta 2</b>			
<b>Descripció del sistema</b>		<b>Aïllament tèrmic: Panel Mur P4562</b>		<b>Fotografies</b>			
<p>La façana ventilada es caracteritza per disposar d'una cambra continua ventilada entre l'acabat o revestiment exterior y l'aïllament de la mateixa. La cambra funciona per efecte xemeneia, es crea per convecció una corrent continua ascendent d'aire, escalfant per la radiació solar que incideix sobre el material d'acabat de la façana. Aquesta cambra evita la condensació del vapor d'aigua i per tant, l'aparició de possibles humitats.</p>		<p>La llana de vidre és una llana mineral. Es fabrica amb milions de filaments de vidre units amb aglutinants. Les ampolles d'aire atrapades en les fibres impedeixen la transmissió tèrmica. Presenta una porositat oberta i una gran elasticitat.</p> <p><u>Característiques:</u>            Densitat: 20 kg/m<sup>3</sup>            Dimensions: 1350x600 mm            Espessor: 6 cm            Conductivitat tèrmica (<math>\lambda</math>): 0,036 mK/W            Coeficient de difusió de vapor (<math>\mu</math>): 1</p>		<p>Primerament s'ha de replantejar la façana segons les mides de les plaques que es volen utilitzar per preveure on s'han de situar les fixacions i on apareixeran les juntes.</p> <p>Sobre el mur suport existent de fàbrica de maó es fixen els ancoratges tipus "L" d'alumini que serviran posteriorment de suport per a l'estructura portant de l'acabat.</p> <p>Es col·loca l'aïllament directament sobre la cara exterior de la façana unint-los mecànicament amb claus de fixació (3 o 4 per mg) clavats amb una profunditat suficient que no danyi el producte ni disminueixi el seu espessor. No es recomana fixar els panells amb claus de fixació que tinguin una corona de diàmetre inferior als 9 cm.</p> <p>Es fixen els muntants a les potes d'ancoratge, i a aquests l'enrastellat. Consisteix en una subestructura doble: un perfil tubular vertical d'alumini sobre el que es fixa un rastrell horitzontal especial, també d'alumini, que serveix de recolzament a les plaques d'acabat per la part posterior de les mateixes. La distància entre rastrells horitzontals deixa folgança suficient per permetre l'extracció de les peces per al manteniment o substitució de les mateixes. La unió del perfil tubular vertical a l'element suport es realitza mitjançant unes mènsules (esquadres) d'alumini que realitzen la funció de sustentació (punt fixes que suporten el pes del sistema) o de retenció (punt mòbil que contraresta la força del vent). La junta vertical entre plaques, al no estar protegida, es redueix per impedir l'entrada d'aigua a la cambra.</p> <p>S'ha de preveure una cambra d'aire contínua d'espessor superior a 3 cm entre l'aïllant i la protecció externa.</p> <p>Es fixa la protecció lleugera (aplacat) als rastrells mitjançant grapes, rebladures o cargols, amb juntes tancades o obertes segons el sistema d'acabat escollit.</p>		 <p><i>Fixació dels ancoratges.</i></p>	
<p>INT</p>  <p>EXT</p>		<p><b>Secció constructiva</b></p>  <p><b>Comportament tèrmic</b></p> <p><math>U = 0,436 \text{ W/m}^2\text{K}</math>            Cond. superficial = 0,89            Cond. intersticial = Complex</p> <p><b>Empreses</b></p> <p>Algunes de les empreses que es dediquen a la col·locació de façanes ventilades són:</p> <p>Stow Sistemas, Faveton, Sto i Knauff Insulation, entre d'altres.</p>		 <p><i>Col·locació de l'aïllament unit al suport amb claus de fixació.</i></p>			
<b>Llegenda</b>		<b>Aïllaments compatibles</b>		 <p><i>Fixació dels muntants a les potes d'ancoratge.</i></p>			
<ol style="list-style-type: none"> <li>Fàbrica de maó massís (29 cm)</li> <li>Aïllament tèrmic de llana de vidre (6 cm)</li> <li>Cambra d'aire (5 cm)</li> <li>Aplacat (3 cm)</li> <li>Perfil d'alumini en T</li> <li>Mènsula d'acer inoxidable</li> <li>Ancoratge del mur</li> </ol>		<p>Entre els aïllaments esmentats, es poden classificar el poliestirè expandit (EPS), poliestirè extruït (XPS), poliuretà (PUR), llana de roca (SW), llana de vidre (GW), suro (ICB) i les fibres de fusta (FF) com aïllaments tèrmics compatibles amb aquest sistema, segons les seves característiques tècniques.</p>		<p><b>Funció de les capes</b></p> <p>Aplacat (revestiment): Té com a funció principal protegir de les agressions ambientals i proporcionar la imatge de l'edifici. Ha de mantenir la seva forma i disposició amb el pas del temps i procurar que els moviments a causa de canvis de temperatura i humitat no afectin a l'element portant.</p> <p>Ancoratge: Els ancoratges serveixen per unir el revestiment a l'edifici, transmetent-li les càrregues que aquest genera (tant pròpies com per acció del vent).</p> <p>La cambra: Permet l'evacuació de precipitacions d'aigua de pluja que eventualment puguin infiltrar-se i evacua la humitat que es transmet de l'interior cap a l'exterior per transpiració.</p>			
<b>Observacions</b>		<b>Caractèrístiques necessàries dels aïllaments</b>		 <p><i>Col·locació de l'aplacat.</i></p>			
<p>L'objectiu principal d'aquest sistema és separar la funció impermeable de la funció d'aïllament tèrmic complint amb les exigències de protecció tèrmica, d'estalvi d'energia i de protecció del medi ambient.</p>		<p>Per aquest sistema, s'han d'emprar únicament aquells materials que puguin exposar-se a la influència de la humitat sense que es vegi perjudicada l'estabilitat dimensional i la capacitat aïllant. Per tant, una de les característiques que han de complir els aïllaments és que han de ser materials no hidròfils.</p> <p>L'aïllament fa d'embolcall continu al voltant de tot l'edifici evitant els ponts tèrmics. Ha de permetre la transpiració de la fàbrica de maó, evitar condensacions i protegir tèrmica i acústicament l'edificació.</p>					


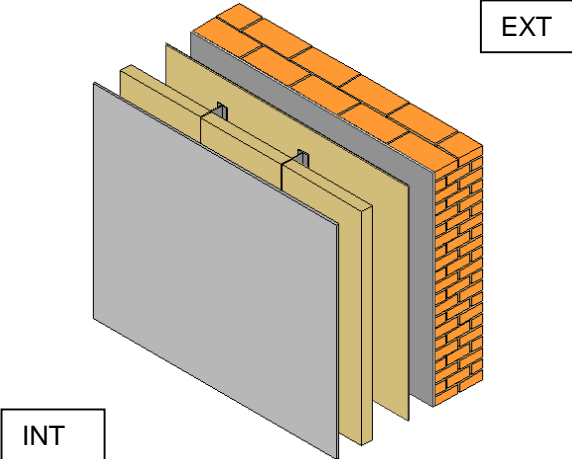


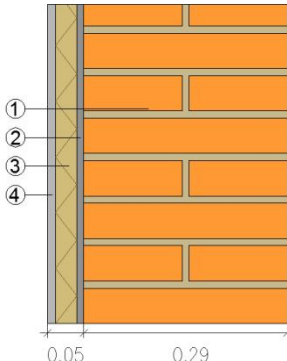




<b>Taula 6.2.3</b>		<b>PROPOSTES DE REHABILITACIÓ PER L'INTERIOR: Trasdossat directe amb poliestirè extruït</b>		<b>Proposta 3</b>	
<b>Descripció del sistema</b>		<b>Tipus de fixacions</b>		<b>Fotografies</b>	
<p>Trasdossat directe format per plaques aïllants de poliestirè extruït fixades amb morter adhesiu directament sobre el parament vertical original, tractant les juntes posteriorment. El revestiment interior és a base de morter de reforç (amb malla de fibra de vidre encastada). Finalment, s'aplica l'acabat final amb un lliscat de guix blanc.</p> 	<b>SUPERFICIE PLANA</b> 	<i>Irregularitats ≤ 10 mm</i> Les plaques es fixaran amb tires de morter adhesiu en el perímetre i en la zona central. Per a la seva aplicació s'utilitza una llana dentada.	<b>Instal·lació del sistema</b> Abans de començar la instal·lació del sistema, és aconsellable aplicar una imprimació al mur suport per aconseguir una millor adherència de les plaques. A continuació, mitjançant el sistema de fixació més adequat segons l'estat del suport, s'adhereixen les plaques aïllants amb morter adhesiu. S'han de pressionar les plaques contra el suport a base de petits cops amb ajuda d'un mall, controlant al mateix temps la planimetria de la superfície amb una regla de nivell.	 <p><i>Petjades de morter adhesiu per a la posterior fixació de les plaques</i></p>  <p><i>Col·locació de l'aïllament tèrmic de XPS sobre el mur suport.</i></p>  <p><i>Aplicació de la capa de morter de reforç.</i></p>  <p><i>Aplicació de l'acabat final.</i></p>	
	<b>SUPERFICIE AMB IRREGULARITATS</b> 	<i>Irregularitats 10 – 20 mm</i> S'utilitzen paletades de morter adhesiu en quadres de 35x35 cm. Al perímetre, s'ha de reduir la distància entre paletades.	<b>SUPERFICIE AMB GRANS IRREG.</b> 		<i>Irregularitats ≥ 20 mm</i> S'utilitzen tires auxiliars de plaques de 10 cm d'amplada fixades amb morter i les plaques fixades a aquestes tires amb paletades de pasta adhesiva.
	<b>Llegenda</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fàbrica de maó massís (29 cm)</li> <li>2. Lliscat de guix (1 cm)</li> <li>3. Morter adhesiu (1 cm)</li> <li>4. Aïllament tèrmic XPS (3 cm)</li> <li>5. Morter de reforç, malla de F.V. (4 mm)</li> <li>6. Imprimació de fixació (4 mm)</li> <li>7. Lliscat de guix (2 mm)</li> </ol>	<b>Secció constructiva</b> 	<b>Comportament tèrmic</b> $U = 0,684 \text{ W/m}^2\text{K}$ Cond. superficial = 0,83 Cond. intersticial = Compleix <b>Empreses</b> És un sistema molt utilitzat en rehabilitació. Com a principal inconvenient cal destacar que no elimina els ponts tèrmics. Empreses que treballen amb aquest sistema són: Knauf Insulation i Ursa.		
<b>Observacions</b> <p>Aquest sistema es pot realitzar amb un acabat final de lliscat de guix o bé de plaques de guix.</p> <p>Depenent de l'estructura de l'acabat exterior pot ser necessària la col·locació d'una barrera de vapor d'aigua.</p>	<b>Aïllaments compatibles</b> Entre els aïllaments esmentats, es poden classificar el poliestirè expandit (EPS), poliestirè extruït (XPS), poliuretà (PUR), llana de roca (SW), suro (ICB) i les fibres de fusta (FF) com a aïllaments tèrmics compatibles amb aquest sistema, segons les seves característiques tècniques.	<b>Aïllament tèrmic: URSA XPS NW E</b> El poliestirè extruït és una espuma plàstica aïllant de caràcter termoplàstic, estructura cel·lular tancada i expandida per extrusió. El seu procés de fabricació li confereix bones prestacions aïllants i una alta resistència mecànica. A més, presenta un grau pràcticament nul d'absorció d'aigua, ja sigui per immersió o per difusió. <b>Característiques:</b> Densitat: 25 - 42 kg/m <sup>3</sup> Dimensions: 1250x600 mm Espessor: 3 cm Conductivitat tèrmica ( $\lambda$ ): 0,034 W/mK Factor de resistència a la difusió de vapor ( $\mu$ ): 100-200			


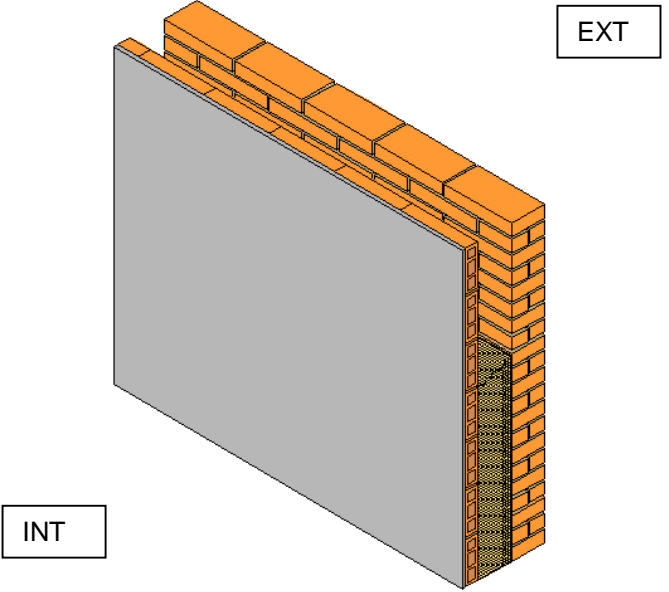
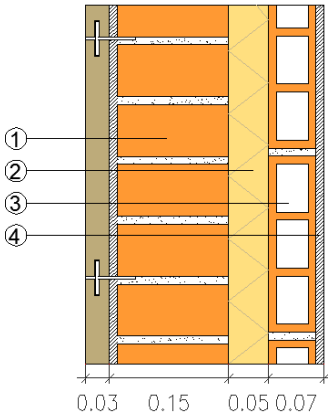


Taula 6.2.4	PROPOSTES DE REHABILITACIÓ PER L'INTERIOR: Formigó armat + poliestirè expandit		Proposta 4				
Descripció del sistema	El formigó	Instal·lació del sistema	Fotografies				
<p>Sistema constructiu sismoresistent i termoïllant, basat en un conjunt de panells estructurals de poliestirè expandit ondulat amb una armadura bàsica adossada a la cara externa constituïda per mallats d'acer d'alta resistència. Finalment, els panells són completats amb formigó aplicat "in situ". Aquest sistema és aplicable quan sigui necessari aïllar l'edifici tèrmicament i, a més, reforça la seva estructura.</p>	<p>S'han d'utilitzar formigons que compleixin amb les especificacions marcades a l'EHE-08, segons la classe general d'exposició ambiental a la qual es trobi ubicada l'obra.</p> <p>L'espessor del formigó serà com a mínim de 3 cm en cada cara sempre mesurant des de la cara exterior de l'ona del nucli d'EPS. Els ciments emprats són CEM I o CEM II de classe resistent 32.5 N/mm<sup>2</sup>. Els àrids tindran una granulometria compresa entre 0 i 6 mm.</p>	<p>Primerament aplicarem una capa de formigó de 3 cm i amb aquest encara humit col·locarem els panells formats per les malles d'acer i l'aïllant tèrmic.</p> <p>Els panells es vinculen entre si a través del solapament de 50 mm que presenten les seves malles en cares oposades; aquests solapaments seran vinculats per mitjà de simples lligams de filferro amb una separació màxima de 50 cm.</p>	 <p>Panell no estructural format per un mallat de barres d'acer i nucli d'EPS</p>				
	<p><b>L'acer</b></p> <p>Les barres d'acer llis són galvanitzades, amb límit elàstic <math>f_{yk} P = 620</math> MPa, i tensió de ruptura de 700 MPa.</p> <p>Allargament mínim &gt; 5 % Pes del galvanitzat mínim: 40 – 50 gr/m<sup>2</sup></p> <table border="1" data-bbox="875 808 1528 976"> <thead> <tr> <th>Secció constructiva</th> <th>Comportament tèrmic</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td> <math>U = 0,741</math> W/m<sup>2</sup>K            Cond. superficial = 0,81            Cond. Interst. = Compleix         </td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Empreses</b></p> <p>L'empresa que treballa amb aquest sistema és Baupanel. Disposen del document d'adequació tècnica (DITE) del sistema.</p>	Secció constructiva	Comportament tèrmic		$U = 0,741$ W/m <sup>2</sup> K Cond. superficial = 0,81 Cond. Interst. = Compleix	<p>Mitjançant el tall del panell, s'obrin els vans corresponents a les obertures, amb la folgança mínima necessària per evitar ponts tèrmics (aproximadament de 10 a 20 mm) per a la col·locació dels marcs, les grapes de fixació de les quals es lliguen a les malles. Les obertures hauran de reforçar-se a 45° en els vèrtexs de les mateixes i amb armadures longitudinals.</p> <p>La projecció del formigó es pot realitzar amb dispositius de projecció pneumàtica tipus "hopper-gun" connectats a un compressor d'aire de potència adequada o amb màquines de projecció continua. Finalment, s'aplica un lliscat de guix de 2 mm d'espessor.</p>	 <p>Panell format per l'aïllament d'EPS, la malla d'acer i el formigó projectat.</p>
Secció constructiva	Comportament tèrmic						
	$U = 0,741$ W/m <sup>2</sup> K Cond. superficial = 0,81 Cond. Interst. = Compleix						
<p><b>Llegenda</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fàbrica de maó massís (29 cm)</li> <li>2. Lliscat de guix (1 cm)</li> <li>3. Formigó armat + malla d'acer galvanitzat (3 cm)</li> <li>4. Aïllament tèrmic d'EPS (3 cm)</li> <li>5. Formigó armat + malla d'acer galvanitzat (3 cm)</li> <li>6. Acabat amb lliscat de guix .</li> </ol>	<p><b>Panell no estructural (F.A.+ EPS + F.A)</b></p> <p>El conjunt d'aquests components forma un panell d'elements de formigó armat amb nucli de poliestirè expandit (EPS), i els treballs es poden efectuar tant per l'interior com per l'exterior. Són elements sense funció estructural amb espessors variables.</p>	<p><b>Aïllament tèrmic: EPS ondulat</b></p> <p>El poliestirè expandit és un material termoplàstic obtingut per la polimerització de l'estirè. El EPS com a material està constituït per la unió de multitud de perles expandides de poliestirè, produïdes durant un procés d'emmotllament amb aportació de calor en forma de vapor d'aigua.</p>	 <p>Caixes de registre empotrades</p>				
<p><b>Observacions</b></p> <p>Aquest sistema només és vàlid amb aquest tipus d'aïllament. Aquest blocs ondulats són tallats amb una línia de tall consistent en una màquina controlada per ordinador que combina el moviment horitzontal amb el vertical deixant l'espessor desitjat.</p>	<p>L'armadura bàsica està composta per 20 barres llises longitudinals de 2,5 mm de diàmetre; l'armadura transversal de 2,5 mm de diàmetre amb una separació de 13 cm. Aquests mallats es troben units entre sí a través de 40 barres de diàmetre 3 mm per cada metre quadrat de superfície de panell.</p>	<p><b>Característiques:</b>            Densitat: 15 kg/m<sup>3</sup>            Dimensions: 4000 x 1000 mm            Espessor (e): 3 cm            Conductivitat tèrmica (<math>\lambda</math>): 0,039 W/mK            Coeficient de difusió de vapor (<math>\mu</math>): 30 - 90</p>	 <p>Maquinària de projecció</p>				



<b>Taula 6.2.5</b>		<b>PROPOSTES DE REHABILITACIÓ PER L'INTERIOR: Projectió d'escuma de poliuretà</b>		<b>Proposta 5</b>									
<b>Descripció del sistema</b>		<b>Aïllament tèrmic: Elastospray</b>	<b>Instal·lació del sistema</b>	<b>Fotografies</b>									
<p>Aplicació de l'escuma de poliuretà des de l'interior sobre la cara interna de la fulla exterior del maó massís. El tancament interior està format per un envà de guix laminat col·locat sobre muntants verticals. L'aïllant es pot projectar entre els muntants per a la subjecció del guix laminat després de la instal·lació de la perfil·leria, o bé es pot instal·lar la perfil·leria davant del PUR ja projectat.</p>		<p>L'escuma de poliuretà és un sistema bicomponent aplicat "in situ" per projecció amb una màquina d'aplicació de relació fixa disposta en un element de transport. Els components del sistema són:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Component A (poliol): Mescla de poliols, contenint catalitzadors, estabilitzants, ignifugats i agents expandents (HFC).</li> <li>- Component B (isocianat): difenilmetà – diisocianat</li> </ul> <p>L'expansió de l'escuma es realitza mitjançant l'acció de HFC i CO<sub>2</sub> (procedent de la reacció química d'aigua amb el isocianat). La proporció d'aquests gasos dins de la cel·la en l'espuma sense envelliment és del 35-50% per al HFC i de 50-65% per al CO<sub>2</sub>.</p> <p><b>Característiques:</b>  Densitat: 39 kg/m<sup>3</sup>  Dimensions: depenen de les dimensions del mur  Espessor (e): 3 cm  Conductivitat tèrmica (λ): 0,028 W/mK  Coeficient de difusió de vapor (μ): 70</p>		<p>Prèviament a la projecció de l'escuma de poliuretà s'ha de preparar la cara interior de la façana, és a dir, retirar paper pintat o pintura, en cas d'estar en mal estat, fins a trobar un substrat consistent.</p> <p>Un cop realitzada la preparació del suport interior es procedeix a muntar l'estructura; s'han d'instal·lar les guies (canals i muntants) superiors i inferiors de la perfil·leria. Els muntants s'arriostren a la paret de fàbrica amb paletades per evitar el vinclament per l'expansió de l'escuma i es cusen per la cara exterior amb altres perfils per evitar una possible torsió.</p> <p>Abans de projectar l'escuma s'han de preveure d'una banda les instal·lacions per evitar haver de trencar l'escuma un cop projectada i d'altra banda la protecció de l'estructura que servirà d'assentament de les plaques mitjançant olis, paper, plàstics o cintes.</p> <p>La projecció de l'escuma s'ha de realitzar en primer lloc darrera de la perfil·leria evitant deixar espais buits. S'ha de prestar especial atenció a no sobrepassar el pla que ocuparà el dors de les plaques de guix.</p> <p>La projecció es realitza per trams. S'ha de començar per la part superior i cada tram es projecta en direcció horitzontal de dreta a esquerra i de esquerra a dreta, de forma continuada.</p> <p>L'espessor d'aplicació de cada capa ha d'estar compresa entre 10 i 30 mm. L'aplicador ha de controlar l'espessor total aplicat mitjançant un punxó. S'aconsella que la distància entre la pistola i la superfície del mur sigui de 80 cm aproximadament.</p> <p>La primera capa d'espuma s'aplica en forma d'imprimació (capa molt fina) per aconseguir un bon ancoratge a la superfície. Un cop aquesta capa estigui curada es procedirà a l'aplicació de les successives capes fins assolir l'espessor final.</p> <p>Durant l'aplicació s'ha d'evitar el contacte amb flames obertes, la presència de fonts d'ignició i assegurar una correcta ventilació en la zona de treball. L'enduriment de l'espuma és ràpid i pot suportar esforços mecànics en pocs minuts. L'espuma però, no estarà totalment curada fins transcorregudes aproximadament 24 hores.</p> <p>Quan s'executi el trasdossat s'haurà de deixar una cambra d'aire entre l'espuma projectada i la fulla interior de guix laminat d'uns 2 cm aproximadament.</p>		 <p>Aplicació del poliuretà per l'interior en cambra d'aire entre el mur suport i el trasdossat ceràmic.</p>  <p>Aplicació per l'interior amb trasdossat metàl·lic col·locat abans de projectar. Projectar per darrera dels perfils procurant que no quedin espais buits.</p>  <p>Projecció finalitzada a l'espera de muntar les plaques de guix.</p>  <p>Projecció de poliuretà per a una posterior aplicació de les plaques de guix</p>							
 <p>EXT</p> <p>INT</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Secció constructiva</th> <th>Comportament tèrmic</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>  </td> <td> <math>U = 0,544 \text{ W/m}^2\text{K}</math>  Cond. superficial = 0,86  Cond. intersticial = Compleix </td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"><b>Empreses</b></td> </tr> <tr> <td colspan="2"> És un sistema emprat tant en obra nova com en obres de rehabilitació. Hi ha diverses empreses que treballen amb aquest sistema, entre elles Atepa i Thermolam. </td> </tr> </tbody> </table>		Secció constructiva	Comportament tèrmic		$U = 0,544 \text{ W/m}^2\text{K}$ Cond. superficial = 0,86 Cond. intersticial = Compleix	<b>Empreses</b>		És un sistema emprat tant en obra nova com en obres de rehabilitació. Hi ha diverses empreses que treballen amb aquest sistema, entre elles Atepa i Thermolam.			
Secció constructiva	Comportament tèrmic												
	$U = 0,544 \text{ W/m}^2\text{K}$ Cond. superficial = 0,86 Cond. intersticial = Compleix												
<b>Empreses</b>													
És un sistema emprat tant en obra nova com en obres de rehabilitació. Hi ha diverses empreses que treballen amb aquest sistema, entre elles Atepa i Thermolam.													
<b>Llegenda</b>													
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fàbrica de maó massís (29 cm)</li> <li>2. Lliscat de guix (1cm)</li> <li>3. Poliuretà projectat (3 cm)</li> <li>4. Cambra d'aire (2 cm)</li> <li>5. Plaques de guix (1,2cm)</li> <li>6. Muntants metàl·lics</li> </ol>													
<b>Aïllaments compatibles</b>													
Entre els aïllaments esmentats, es poden classificar el poliuretà (PUR), el cotó (CO) i la cel·lulosa (CE) com a aïllaments tèrmics compatibles amb aquest sistema, segons les seves característiques tècniques.		<b>Observacions</b>											
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- El sistema de rehabilitació amb poliuretà projectat per l'interior permet tres tipus de solucions:</li> <li>- Aplicació de l'aïllament amb un trasdossat interior de fàbrica de maó i lliscat de guix (amb cambra d'aire incorporada).</li> <li>- Aplicació de l'aïllament amb un trasdossat metàl·lic interior de placa de guix (amb cambra d'aire).</li> <li>- Aplicació de l'aïllament amb un acabat de guix directe. (Trasdossat humit).</li> </ul>											

Taula 6.2.6	PROPOSTES DE REHABILITACIÓ PER L'INTERIOR: Trasdossat metàl·lic mitjançant llana d'ovella (SHG)		Proposta 6
Descripció del sistema	L'aïllament tèrmic	Instal·lació del sistema	Fotografies
<p>Es denomina trasdossat amb estructura als revestiments amb plaques a la cara interior d'un mur que necessiten d'unes guies per a la seva col·locació. En aquest cas es un trasdossat metàl·lic. Les plaques es fixen al parament cargolant-les a l'estructura metàl·lica. Aquesta a la seva vegada pot ser autoportant o mestre.</p>	<p>La llana d'ovella es caracteritza per ser un material fresc a l'estiu i càlid a l'hivern, ja que quan la temperatura exterior puja i les fibres s'escalfen, alliberen humitat i es refreden, refrescant l'ambient. Quan la temperatura exterior baixa les fibres es refreden, absorbint la humitat i escalfant-se, temperant l'ambient. Tots dos comportaments produeixen un estalvi addicional d'energia.</p>	<p>Primerament, en cas de presentar defectes importants tipus falta d'estanquitat, esquerdes, escantellats o floridures, s'han de realitzar les reparacions oportunes sobre el mur suport.</p> <p>A continuació es col·loquen els canals metàl·lics en les parts baixes i altes del trasdossat tenint cura de la correcta alineació i aplom. És recomanable intercalar una junta estanca entre els canals i el terra o el sostre.</p>	 <p><i>Col·locació dels perfils metàl·lics.</i></p>
 <p>EXT</p> <p>INT</p>	<p><b>Característiques:</b>  Densitat: 15 kg/m<sup>3</sup>  Dimensions: 2000 x 600 mm  Espessor: 3 cm  Conductivitat tèrmica (<math>\lambda</math>): 0,043 W/mK  Coeficient de difusió de vapor (<math>\mu</math>): 1</p>	<p>Els muntants tallats a l'altura requerida s'allotgen dintre dels canals per simple pressió cada 60 ó 40 cm, sense reblat. És convenient que no existeixi contacte entre els perfils metàl·lics i el mur suport. Per aquest motiu, si l'espessor de l'aïllament ho aconsella, poden situar-se els canals i muntants de forma que es pugui col·locar una capa d'aïllament entre ells i el mur suport.</p>	 <p><i>Col·locació de la llana d'ovella.</i></p>
<b>Llegenda</b>	<b>Secció constructiva</b>	<b>Comportament tèrmic</b>	 <p><i>Parament amb la col·locació de l'aïllament tèrmic</i></p>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fàbrica de maó massís (29 cm)</li> <li>2. Lliscat de guix (1 cm)</li> <li>3. Placa d'aïllament tèrmic (1 cm)</li> <li>4. Muntants metàl·lics</li> <li>5. Aïllament tèrmic de llana d'ovella (3 cm)</li> <li>6. Plaques de guix (1,2 cm)</li> <li>7. Acabat per pal·liar les juntes (1 mm)</li> </ol>	 <p>0.05 0.29</p>	<p><math>U = 0,773 \text{ W/m}^2\text{K}</math>  Cond. superficial = 0,81  Cond. intersticial = Complex</p>	 <p><i>Parament amb la col·locació de l'aïllament tèrmic</i></p>
<b>Observacions</b>	<b>Aïllaments compatibles</b>		 <p><i>Col·locació de la placa de guix.</i></p>
<p>Les prestacions aconseguides mitjançant aquest sistema depenen de l'eficàcia del mur suport abans d'efectuar el trasdossat. Aquest sistema no acaba amb els ponts tèrmics lineals de contorn (front de forjat).</p>	<p>Entre els aïllaments esmentats, es poden classificar el poliestirè expandit (EPS), poliestirè extruït (XPS), llana de roca (SW), llana de vidre (GW), cotó (CO), suro (ICB), cel·lulosa (CE), cànem (H), vidre cel·lular (CG) i les fibres de fusta (FF) com a aïllaments tèrmics compatibles amb aquest sistema, segons les seves característiques tècniques.</p>		<p>En cas de no ser possible la interposició d'aquesta capa, s'haurà de tenir en compte la possible aparició de ponts tèrmics.</p> <p>Es col·loca l'aïllament entre els muntants únicament retingut per les ales dels muntants. És fonamental que l'aïllament reompli totalment la cavitat sense deixar espais buits. Una lleugera compressió de la llana d'ovella (de l'ordre d'1cm) pot ser aconsellable.</p> <p>Es realitzen els passos d'instal·lacions que siguin necessaris. L'elasticitat de la llana d'ovella permet el seu pas sense necessitat d'efectuar regates i debilitar l'aïllament.</p> <p>Un cop finalitzats els passos anteriors, es procedeix a la col·locació de les plaques de guix mitjançant el cargolament de les mateixes als muntants.</p> <p>De cara a millorar l'estètica de la paret interior, es realitza el tractament de les juntes de les plaques de guix.</p>



<b>Taula 6.2.7</b>		<b>PROPOSTES DE REHABILITACIÓ EN CAMBRA D'AIRE: Injecció de cel-lulosa</b>		<b>Proposta 7</b>			
<b>Descripció del sistema</b>		<b>L'aïllament tèrmic</b>	<b>Instal·lació del sistema</b>	<b>Fotografies</b>			
<p>El sistema consisteix en la injecció del material aïllant, en aquest cas flocs de cel-lulosa, mitjançant la maquinària adequada, en la cambra d'aire de paraments de dos fulles i adaptant-se a les irregularitats que aquesta pugui presentar. Es un sistema ràpid sense necessitat d'obres molestes per als usuaris.</p> <p>Aquesta solució és recomanable per a rehabilitacions quan existeix cambra d'aire. Es pot injectar la cambra des de l'exterior o l'interior.</p>		<p>La cel-lulosa és un material reciclat de paper de periòdic, tractat amb sals bòriques que li confereixen propietats ignífugues i antifúngiques. Al estar basat en una matèria prima vegetal, és biodegradable.</p> <p><u>Característiques:</u>            Densitat: 25 - 65 kg/m<sup>3</sup>            Dimensions: depèn de les dimensions del mur            Espessor: 5 cm            Conductivitat tèrmica: 0,039 W/mk            Factor de resistència a la difusió de vapor: 1 - 2</p>		<p>Primerament s'ha de realitzar un estudi i valoració de la façana per a aquest tipus d'actuació. Es realitza amb una prospecció de les cambres entre murs amb endoscopi per assegurar l'estat de les mateixes, s'han de detectar possibles variacions constructives assegurant la seva idoneïtat; s'ha de comprovar la continuïtat de la cambra, la existència d'un espessor mínim de farcit i l'existència de cablejats interiors a les cambres.</p> <p>Així mateix, s'han de revisar les parets per si existeixen esquerdes, defectes en les juntes o humitats que puguin reduir la seva resistència durant la injecció de l'aïllament. Abans de començar els treballs s'han de reparar totes les patologies detectades per garantir el correcte funcionament d'aquest sistema.</p> <p>Un cop resoltos tots aquests requisits, s'han de realitzar els perforacions d'accés a la cambra per la posterior injecció de la cel-lulosa. A través d'aquestes perforacions, aproximadament de 25 mm, s'introdueixen les mànegues que insuflen la cel-lulosa a pressió deixant la cavitat totalment omplerta d'aïllament. S'ha de formar una barrera pels agents externs lliure de juntes i ben assentada.</p> <p>Un cop finalitzada la injecció s'ha de procedir al segellat de les perforacions i, si fos necessari, l'aplicació d'una capa de pintura.</p>		 <p><i>Inspecció amb endoscopi per comprovar possibles obstacles a l'hora d'injectar la cel-lulosa.</i></p>	
		<p><b>Secció constructiva</b></p> 	<p><b>Comportament tèrmic</b></p> <p><math>U = 0,551 \text{ W/m}^2\text{K}</math>            Cond. superficial = 0,86            Cond. intersticial = Compleix</p>	 <p><i>Injecció des de l'interior de la vivenda insuflant el material aïllant.</i></p>			
		<p><b>Empreses</b></p> <p>Empreses que treballen amb aquestes tècniques són Ecoaislamientos Herranz, Biomat Ibérica, Diaterm, Isofloc, etc.</p>		<p><b>Maquinària</b></p> <p><i>Minifant 99</i> és l'equip idoni per l'insuflat de tot tipus d'aïllaments. Les seves mesures i pes reduït el fan idoni per obres de rehabilitació. Té una potència de 3.500 W, sent suficient per salvar altures d'edificis de fins 8 plantes. Té una tensió de 230 V, per la qual cosa pot operar en vivendes sense necessitat de recórrer a corrent trifàsica. Posseeix un telecomandament potent que fa la seva utilització molt còmoda.</p>			
<p><b>Llegenda</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Fàbrica de maó perforat (14 cm)</li> <li>Cel·lulosa a granel insuflada (5 cm)</li> <li>Envà de maó foradat (6 cm)</li> <li>Lliscat de guix (1 cm)</li> </ol>		<p><b>Aïllaments compatibles</b></p> <p>Entre els aïllaments esmentats, es poden classificar el poliuretà (PUR), llana de vidre (GW), cotó (CO), suro (ICB), cel·lulosa (CE), llana d'ovella (SHW) com a aïllaments tèrmics compatibles amb aquest sistema, segons les seves característiques tècniques.</p>		 <p><i>Maquinària per l'insuflat.</i></p>			
<p><b>Observacions</b></p> <p>És una solució recomanable per aïllar tèrmicament la façana i eliminar les infiltracions d'aire, sense perdre espai habitable i amb un baix impacte per l'usuari. És una solució duradora i aporta rigidesa a la façana. Amb aquest sistema, en cap moment, es garanteix l'impermeabilització del tancament ja que són conceptes diferents.</p>							

### 6.4.2. Resum de les propostes

Al Gràfic 6.3 es mostren els resultats de la transmitància tèrmica assolida amb cadascuna de les solucions proposades emprant, com ja s'ha dit anteriorment, un aïllament tèrmic determinat.

Per tal de potenciar l'amplia gama d'aïllaments tèrmics que es disposen al mercat i la versatilitat que ofereixen les solucions, s'han realitzat unes taules, les quals es poden consultar a la dreta, amb l'objectiu de relacionar les propostes de rehabilitació de façanes (dividides en tres sistemes) amb els aïllaments tèrmics anteriorment exposats a l'apartat 5.6. *Dades tècniques dels aïllaments.*

Per al càlcul del comportament tèrmic s'ha escollit, per als dos primers sistemes (rehabilitació per l'exterior i per l'interior) la solució constructiva *TIPUS D* per ser la més desfavorable de l'Estil Tradicional; mentre que per al tercer sistema (rehabilitació per la cambra d'aire) s'ha escollit la solució *Tipus E*, ambdues definides a l'apartat 3.7. *Façanes.*

La finalitat ha estat comparar els valors obtinguts dels càlculs de la transmitància tèrmica, de les condensacions superficials i del compliment de les condensacions intersticials de cada proposta emprant aïllaments compatibles amb el sistema constructiu. Els càlculs es poden consultar a l'Annex 13.

#### 6.4.2.1. Criteris per a l'elecció dels aïllaments tèrmics

S'ha potenciat la diversitat de solucions amb els aïllaments seguint diversos criteris per a la seva elecció:

- Si les propostes són tècnicament viables amb els diversos aïllaments.
- La localització de la planta de producció (relacionada amb el transport).
- El baix impacte ambiental en quant a emissions de CO<sub>2</sub> en la fase de fabricació de cada producte.
- Els criteris econòmics.

		PROPOSTES DE REHABILITACIÓ PER L'EXTERIOR											
		PUR	XPS	GW	SW	EPS	CG	Co	ICB	WF	Ce	H	ShW
P.1 Sistema Sate	U (W/m <sup>2</sup> K)	0,501	0,573	-	0,595	0,627	0,657	-	0,584	0,627	-	-	-
	C. S.	0,87	0,86	-	0,85	0,84	0,84	-	0,85	0,84	-	-	-
	C. I.	SI	SI	-	SI	SI	SI	-	SI	SI	-	-	-
P.2 Façana Ventilada	U (W/m <sup>2</sup> K)	0,361	-	0,436	0,436	0,462	0,487	-	0,427	0,462	-	-	-
	C. S.	0,91	-	0,89	0,89	0,88	0,88	-	0,89	0,88	-	-	-
	C. I.	SI	-	SI	SI	SI	SI	-	SI	SI	-	-	-

		PROPOSTES DE REHABILITACIÓ PER L'INTERIOR											
		PUR	XPS	GW	SW	EPS	CG	Co	ICB	WF	Ce	H	ShW
P.3. Trasdossat humit	U (W/m <sup>2</sup> K)	0,612	0,684	-	0,707	0,741	0,772	-	0,696	0,741	-	-	-
	C. S.	0,85	0,83	-	0,82	0,81	0,81	-	0,83	0,81	-	-	-
	C. I.	SI	SI	-	SI	SI	SI	-	SI	SI	-	-	-
P.4. Sistema Baupanel	U (W/m <sup>2</sup> K)	-	-	-	-	0,741	-	-	-	-	-	-	-
	C. S.	-	-	-	-	0,81	-	-	-	-	-	-	-
	C. I.	-	-	-	-	SI	-	-	-	-	-	-	-
P.5. Projecció amb cambra	U (W/m <sup>2</sup> K)	0,544	-	-	-	-	-	-	-	-	0,651	-	-
	C. S.	0,86	-	-	-	-	-	-	-	-	0,84	-	-
	C. I.	SI	-	-	-	-	-	-	-	-	SI	-	-
P.6. Trasdossat autoportant	U (W/m <sup>2</sup> K)	-	0,677	0,700	0,711	0,733	0,763	0,677	0,688	0,733	0,733	0,743	0,773
	C. S.	-	0,83	0,83	0,82	0,82	0,81	0,83	0,83	0,82	0,82	0,81	0,81
	C. I.	-	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

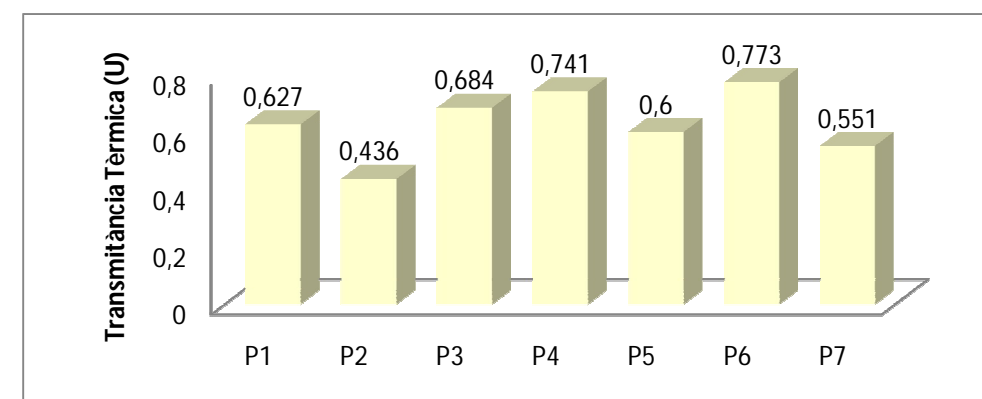
		PROPOSTES DE REHABILITACIÓ PER LA CAMBRA D'AIRE											
		PUR	XPS	GW	SW	EPS	CG	Ce	ICB	WF	Co	H	ShW
P.8. Injecció / Insuflat	U (W/m <sup>2</sup> K)	0,431	-	-	-	-	-	0,551	-	-	0,580	-	0,580
	C. S.	0,89	-	-	-	-	-	0,86	-	-	0,85	-	0,85
	C. I.	SI	-	-	-	-	-	SI	-	-	SI	-	SI

*Els aïllaments tèrmics han estat classificats de major a menor rendiment tèrmic diferenciant entre els sintètics, situats els primers, i els orgànics, posteriorment. Les dades ombrejades corresponen als aïllaments inicialment escollits a les propostes. Taules 6.2.*

#### Llegenda:

U: Transmitància tèrmica  
C. S.: Condensació superficial  
C. I.: Condensació intersticial

PUR: Poliuretà  
XPS: Poliestirè extruït  
GW: Llana de vidre  
SW: Llana de roca  
EPS: Poliestirè expandit  
CG: Vidre cel·lular  
Co: Cotó  
ICB: Suro  
WF: Fibres de fusta  
Ce: Cel·lulosa  
H: Cànem  
ShW: Llana d'ovella



Gràfic 6.3: Resum dels resultats de la transmitància tèrmica de les propostes de rehabilitació energètica.

#### 6.4.2.2. Condicions específiques dels sistemes

**Espessors:** tot i que s'han calculat els espessors mínims necessaris d'aïllament tèrmic que s'hauria d'aportar per assolir la resistència tèrmica necessària, aproximadament entre 2 i 3 cm, a continuació s'expliquen les limitacions que cada sistema proposa alhora d'executar una correcta posta en obra:

##### - Sistemes de rehabilitació per l'exterior:

El sistema SATE requereix un espessor mínim de 4 cm per tal d'assegurar un millor comportament de les juntes i estanquitat a l'aigua.

Amb la façana ventilada és necessari un espessor mínim de 6 cm per les dimensions de les mènsules, ja que longituds inferiors incrementen el preu per falta d'ús.

##### - Sistemes de rehabilitació per l'interior:

Per a les solucions interiors, no s'ha tingut en compte cap limitació, ja que és una desavantatge l'augment d'espessor al reduir la superfície útil de la vivenda. En aquest cas, s'ha escollit un espessor de 3 cm.

##### - Sistema de rehabilitació en cambra d'aire:

En aquest cas, el gruix de l'aïllament ve estipulat per l'amplada de la cambra d'aire, 5 cm.

**Aïllaments compatibles:** s'han seleccionat de tots els aïllaments tèrmics aportats els que creiem que poden funcionar tècnicament amb cadascuna de les propostes:

##### - Sistemes de rehabilitació per l'exterior:

Aquests han de ser aïllaments no hidròfils, definits com aquells que tenen una succió o absorció d'aigua a curt termini per immersió parcial inferior a 1 kg/m<sup>2</sup> segons assaig UNE-EN 1609:1997 o una absorció d'aigua a llarg termini per immersió total menor que el 5% segons assaig UNE-EN 12087:1997.

Per al Sistema SATE s'han escollit els següents aïllaments tèrmics: PUR, XPS, SW, EPS, GW, ICB i WF.

Per a la façana ventilada els aïllaments han variat mínimament: XPS, GW, SW, EPS, GW, ICB i WF.

##### - Sistemes de rehabilitació per l'interior:

Per al sistema de trasdossat humit s'han emprat els mateixos aïllaments tèrmics que amb el

sistema SATE, ja que requereixen prestacions similars.

El sistema Baupanel únicament admet el poliestirè expandit, per la forma ondulada del producte. Aquest sistema està dissenyat, en el cas d'obres de rehabilitació, per a edificis d'una certa antiguitat que a més de ser rehabilitats tèrmicament, tinguin la necessitat de reforçar l'estructura portant de l'edifici.

Per al sistema projectat s'ha utilitzat: PUR i Ce<sup>14</sup>.

Es pot observar com de totes les solucions, el trasdossat autoportant és el sistema que més varietat de productes admet per la seva execució d'obra. Aquests aïllaments són: XPS, EPS, GW, SW, GW, Co, ICB, WF, Ce, H, ShW.

##### - Sistema de rehabilitació en cambra d'aire:

Els aïllaments emprats en aquest últim sistema han estat: PUR, Ce, Co i ShW, materials bàsicament orgànics. El primer s'injecta en la cambra d'aire mentre que la resta s'introdueixen insuflant el material.

Cal destacar que, a més dels aïllaments aportats, existeixen d'altres, com per exemple, les perles de llana mineral.

#### 6.4.3. Avantatges i desavantatges dels sistemes

##### - Rehabilitació per l'exterior:

###### AVANTATGES:

- S'aprofita la inèrcia tèrmica del suport ja que el mur acumula i regula els guanys calorífics.
- Adequat per habitatges d'ús permanent.
- Eliminació de ponts tèrmics i risc de condensacions.
- Al treballar per l'exterior, no és necessari desallotjar els usuaris dels habitatges la qual cosa minimitza molèsties.
- No es perd superfície útil de la vivenda.
- En façanes ventilades, necessitat d'una subestructura fixada al mur portant per muntar el material d'acabat.

<sup>14</sup> Destacar que la cel·lulosa és un material orgànic al qual se li afegeixen sals bòriques per tal de conferir-li prestacions ignífugues i per a protegir-lo dels agents biòtics i es pot projectar amb l'addició de cola i aigua a la mescla.

- Procés de muntatge ràpid i net. Fixacions mecàniques. Possibilitat de desmuntar els elements.
- Protegeix el mur de suport i els elements constructius davant d'oscil·lacions tèrmiques i inclemències climàtiques.
- Pot condicionar l'acabat exterior.

###### DESavantatges:

- Al modificar l'estètica de la façana, no és aplicable als edificis protegits per ser patrimoni historicoartístic, estils tradicionals.
- Necessitat d'elements auxiliars com bastides, acopi de materials, contenidors i ocupació de voreres.
- Cal un projecte amb l'aprovació de la comunitat de veïns.
- Increment del gruix de la façana de l'edifici, 6 cm com a mínim, tot i que depèn de l'emplaçament i del gruix de la façana.
- A vegades, requereix la modificació de la fusteria de les finestres.
- S'han de canviar els remats dels escopidors, brancals, llindes, etc. per adaptar-se a l'augment del gruix de la façana.
- Requereix el document d'idoneïtat tècnica (DIT).

##### - Rehabilitació per l'interior:

###### AVANTATGES:

- Són independents del mur portant i permeten fer-hi reparacions i corregir defectes de desplom.
- Adequat en climes freds i humits, i en façanes amb orientació nord.
- Donen continuïtat a l'aïllament per l'interior eliminant ponts tèrmics de pilars embeguts en parets i contorns de forats.
- Sistema de construcció en sec, sense utilització d'aigua.
- No calen sistemes auxiliars d'execució, com bastides.
- Procés de muntatge ràpid i net. Facilitat d'execució.
- Permet passar les instal·lacions fàcilment pels elements del sistema, sense fer regates.
- Les superfícies interiors agafen ràpidament la temperatura d'ambient interior.
- S'aplica individualment a cada habitatge, sent obres menors.
- No condiciona l'acabat exterior.

###### DESavantatges:

- Risc de condensacions pels ponts tèrmics no resolts en els cantells dels forjats.
- Comporta moure instal·lacions (radiadors, caixetins elèctrics, endolls, etc).
- Reducció de la superfície útil de l'habitatge, 6cm com a mínim.
- No s'aprofita la inèrcia tèrmica del suport.
- Interferència amb les persones usuàries de l'habitatge en el moment de l'execució de les obres.

##### - Rehabilitació en cambra d'aire:

###### AVANTATGES:

- No incrementen els gruixos de la façana, per tant no hi ha canvis en fusteries ni acabats interiors.
- No calen sistemes auxiliars. Sistema d'aplicació en sec.
- Es pot aplicar a tot l'edifici o individualment a cada habitatge.
- Les superfícies interiors agafen ràpidament la temperatura d'ambient interior.
- Adequat en climes freds i humits, i en façanes amb orientació nord.
- Procés de muntatge ràpid i net. Facilitat d'execució i reparació.
- Són obres menors.
- No condiciona l'acabat exterior.
- Aporten certa rigidesa a la façana.

###### DESavantatges:

- Interferència dels usuaris de l'habitatge si l'execució de les obres es realitzen per l'interior.
- Risc de condensacions.
- Les instal·lacions que passen per la cambra d'aire es poden veure afectades.
- No es resolen els ponts tèrmics de pilars embeguts en parets, brancals i cantells de forjat. Cal reduir el valor de la transmitància tèrmica de l'aïllament i del tancament per compensar.
- Cal fer un control intens en obra per garantir la continuïtat de la cambra i la inexistència de fissures importants en el mur exterior de suport.
- Es requereix personal qualificat i rigor en l'execució material de l'obra.



### 6.4.4. Percentatge de millora de la transmitància tèrmica

S'ha ampliat l'estudi de la transmitància tèrmica, que ens aporten les diverses solucions, entre diferents rangs d'espessors amb la finalitat de mostrar, orientativament, la millora de la transmitància a mesura que s'augmenta l'espessor, *Taules 6.4 (pàgina següent)*.

Cal destacar, abans de continuar, que al no actuar sobre un edifici en concret, no s'ha pogut determinar l'efecte dels ponts tèrmics. Per aquest motiu, i com considerem que és un dels factors més importants a tenir en compte a l'hora de reduir la demanda energètica, s'hauria de reduir en un 20% aproximadament els càlculs del percentatge de millora.

#### Consideracions:

Per a la determinació dels rangs d'espessors, s'ha elegit el criteri d'emprar en cada proposta cinc possibles espessors començant pel mínim que admet cada solució constructiva segons les empreses.

Tenint en compte la resistència necessària que s'ha d'afegir al mur suport original (*Tipus D*) per tal de complir amb les exigències del CTE ( $U=0,95 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), es poden determinar els espessors mínims de cada aïllament, valors en funció de la conductivitat tèrmica de cada material. Aquest espessor és de 2 cm per a tots els aïllaments tèrmics exceptuant el vidre cel·lular i la llana d'ovella, els quals necessiten un espessor de 3 cm per complir amb la resistència mínima necessària.

Degut a les limitacions de cada sistema, aquests espessors tan sols s'han tingut en compte en propostes per l'interior. Per a l'exterior en canvi, l'espessor del Sistema SATE és de 4 cm, i de 6 cm per a la façana ventilada, com ja s'ha comentat anteriorment.

A les taules apareixen en vermell les opcions que no són realment adoptables amb els materials emprats, ja que els fabricants no disposen de tots els espessors.

#### Reflexions:

Es pot concloure dient que el poliuretà és l'aïllament més versàtil. Es pot aplicar per l'exterior, per l'interior o per la cambra d'aire i a més, és l'aïllament tèrmic que posseeix la conductivitat tèrmica més baixa amb la qual cosa el percentatge de millora sempre és més elevat.

Malgrat això, al ser el material amb més despesa energètica en quant a emissions de  $\text{CO}_2$ , hem considerat que és el menys recomanable ja que hi ha molts altres aïllaments disponibles al mercat que, tot i no oferir les seves altes prestacions, es comporten més solidàriament amb el medi ambient a la vegada que redueixen la despesa energètica.

Respecte als aïllaments orgànics s'ha de destacar el suro i les fibres de fusta que aporten uns millors resultats.

A les següents figures es representa gràficament els resultats de les taules de la pàgina següent. En la lectura del gràfic es pot observar verticalment la millora de la transmitància tèrmica de cada aïllament en funció de l'espessor i horitzontalment es pot comprovar la transmitància tèrmica davant els altres aïllaments.

Els gràfics del sistema interior per projecció i el sistema per injecció no apareixen perquè s'han emprat pocs aïllaments i els resultats es poden entendre directament a la taula.

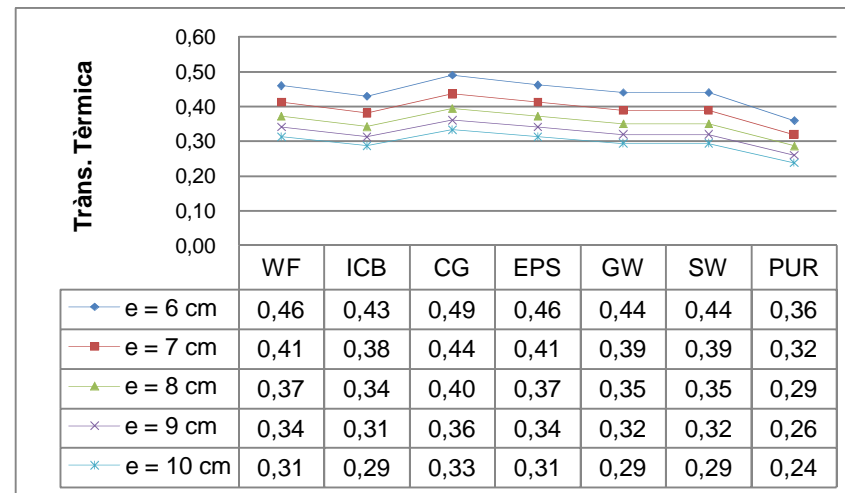


Figura 6.5: Resultats del sistema SATE.

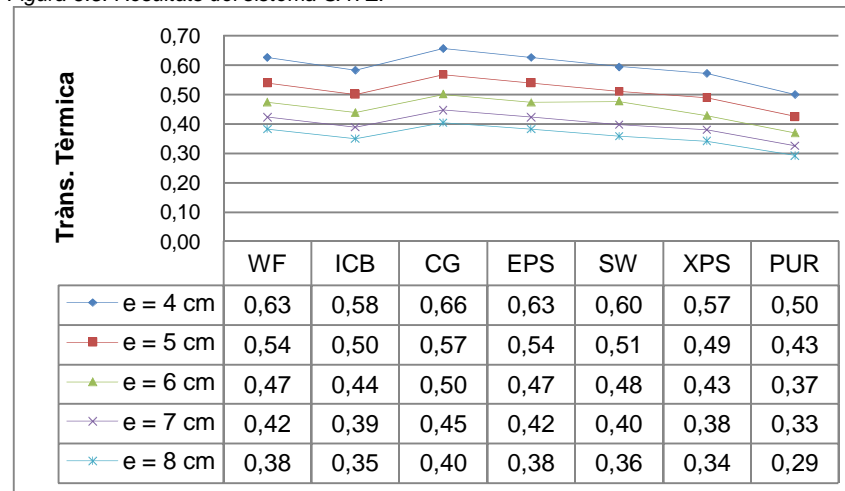


Figura 6.6: Resultats de sistema exterior de façana ventilada.

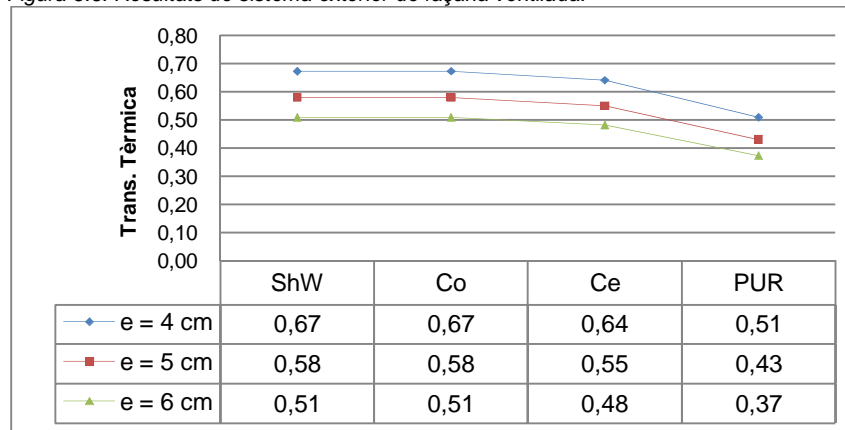


Figura 6.10: Resultats del sistema per injecció

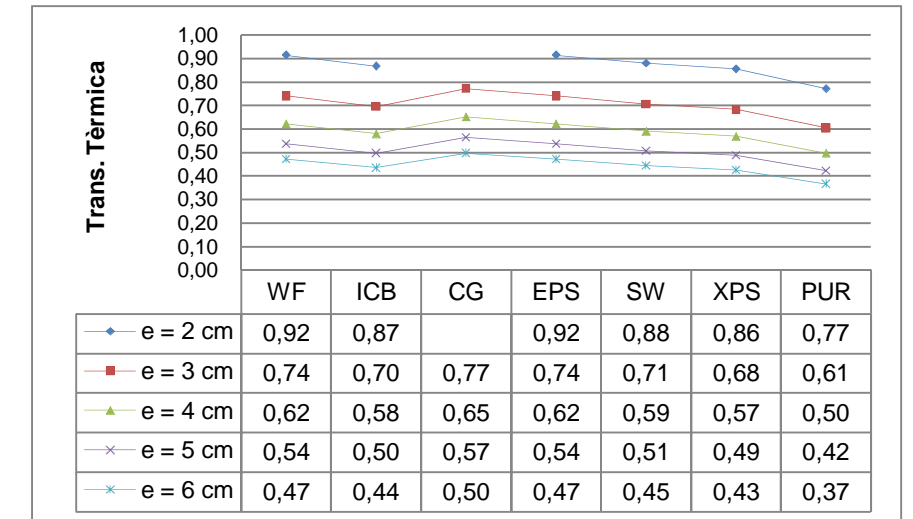


Figura 6.7: Resultats del sistema interior: Trasdossat humit.

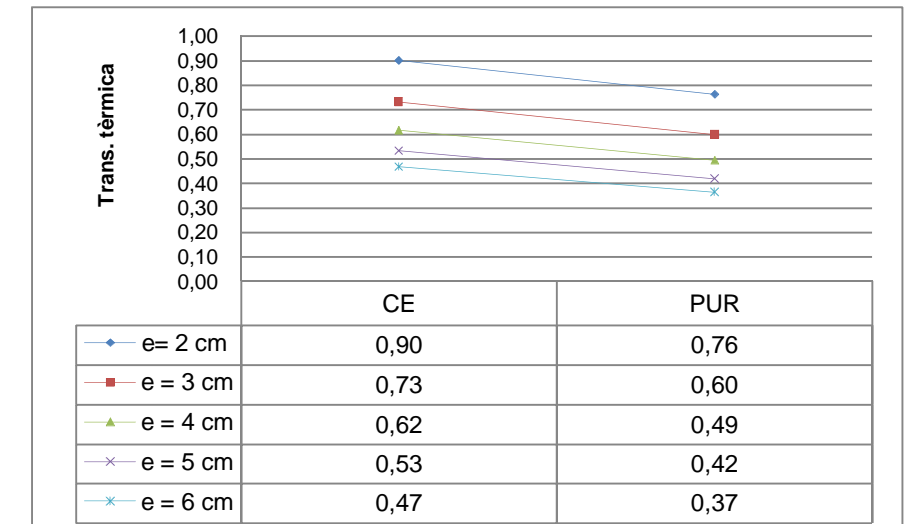


Figura 6.8: Resultats del sistema per l'interior: Projecció.

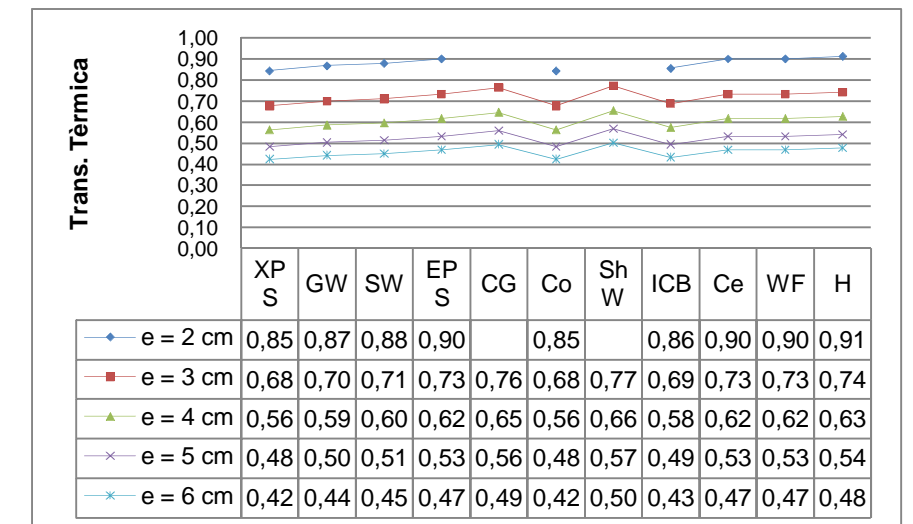


Figura 6.9: Resultats del sistema interior: Trasdossat autoportant.



Taulas 6.4: Millora de la transmissió en funció de diversos espessors.

U inicial= 1,826 W/m <sup>2</sup> K		1. SISTEMA SATE					
			e = 4 cm	e = 5 cm	e = 6 cm	e = 7 cm	e = 8 cm
Aïllaments Sintètics	PUR	U final (W/m <sup>2</sup> K)	0,501	0,425	0,369	0,326	0,292
		% Millora	72,57%	76,73%	79,79%	82,15%	84,01%
	XPS	U final (W/m <sup>2</sup> K)	0,573	0,490	0,428	0,380	0,342
		% Millora	68,62%	73,17%	76,56%	79,19%	81,27%
	SW	Uf (W/m <sup>2</sup> K)	0,595	0,511	0,477	0,398	0,358
		% Millora	67,42%	72,02%	73,88%	78,20%	80,39%
	EPS	Uf (W/m <sup>2</sup> K)	0,627	0,540	0,474	0,423	0,382
		% Millora	65,66%	70,43%	74,04%	76,83%	79,08%
	CG	Uf (W/m <sup>2</sup> K)	0,657	0,568	0,501	0,447	0,404
		% Millora	64,02%	68,89%	72,56%	75,52%	77,88%
Aïllam. Orgànic	ICB	Uf (W/m <sup>2</sup> K)	0,584	0,501	0,438	0,389	0,350
		% Millora	68,02%	75,56%	76,01%	78,70%	80,83%
	WF	Uf (W/m <sup>2</sup> K)	0,627	0,540	0,474	0,423	0,382
		% Millora	65,66%	70,43%	74,04%	76,83%	79,08%

U inicial= 1,826 W/m <sup>2</sup> K		2. FAÇANA VENTILADA					
			e = 6 cm	e = 7 cm	e = 8 cm	e = 9 cm	e = 10 cm
Aïllaments Sintètics	PUR	U final (W/m <sup>2</sup> K)	0,361	0,320	0,287	0,260	0,238
		% Millora	80,23%	82,48%	84,28%	85,76%	86,97%
	SW	Uf (W/m <sup>2</sup> K)	0,436	0,389	0,351	0,320	0,294
		% Millora	76,12%	78,70%	80,78%	82,48%	83,90%
	GW	Uf (W/m <sup>2</sup> K)	0,436	0,389	0,351	0,320	0,294
		% Millora	76,12%	78,70%	80,78%	82,48%	83,90%
	EPS	Uf (W/m <sup>2</sup> K)	0,462	0,413	0,373	0,341	0,313
		% Millora	74,70%	77,38%	79,57%	81,33%	82,86%
	CG	Uf (W/m <sup>2</sup> K)	0,487	0,436	0,395	0,361	0,333
		% Millora	73,33%	76,12%	78,37%	80,23%	81,76%
Aïllam. Orgànic	ICB	Uf (W/m <sup>2</sup> K)	0,427	0,381	0,343	0,313	0,287
		% Millora	76,62%	79,13%	81,22%	82,86%	84,28%
	WF	Uf (W/m <sup>2</sup> K)	0,462	0,413	0,373	0,341	0,313
		% Millora	74,70%	77,38%	79,57%	81,33%	82,86%

U inicial= 1,826 W/m <sup>2</sup> K		3. TRADOSSAT HUMIT					
			e = 2 cm	e = 3 cm	e = 4 cm	e = 5 cm	e = 6 cm
Aïllaments Sintètics	PUR	U final (W/m <sup>2</sup> K)	0,772	0,605	0,498	0,423	0,367
		% Millora	57,72%	66,87%	72,73%	76,83%	79,90%
	XPS	Uf (W/m <sup>2</sup> K)	0,856	0,684	0,569	0,488	0,426
		% Millora	53,12%	62,54%	68,84%	73,27%	76,67%
	SW	Uf (W/m <sup>2</sup> K)	0,880	0,707	0,591	0,508	0,445
		% Millora	51,81%	61,28%	67,63%	72,18%	75,63%
	EPS	Uf (W/m <sup>2</sup> K)	0,915	0,741	0,623	0,537	0,472
		% Millora	49,89%	59,42%	65,88%	70,59%	74,15%
	CG	Uf (W/m <sup>2</sup> K)	-	0,772	0,652	0,565	0,498
		% Millora	-	57,72%	64,29%	69,06%	72,73%
Aïllam. Orgànic	ICB	Uf (W/m <sup>2</sup> K)	0,868	0,696	0,580	0,498	0,436
		% Millora	52,46%	61,88%	68,24%	72,73%	76,12%
	WF	Uf (W/m <sup>2</sup> K)	0,915	0,741	0,623	0,537	0,472
		% Millora	49,89%	59,42%	65,88%	70,59%	74,15%

U inicial= 1,826 W/m <sup>2</sup> K		4. SISTEMA BAUPANEL					
			e = 2 cm	e = 3 cm	e = 4 cm	e = 5 cm	e = 6 cm
AS	EPS Ondulat	U final (W/m <sup>2</sup> K)	0,914	0,741	0,622	0,537	0,472
		% Millora	49,95%	59,42%	65,94%	70,59%	74,15%

U inicial= 1,826 W/m <sup>2</sup> K		5. PROJECCIÓ + CAMBRA D'AIRE					
			e = 2 cm	e = 3 cm	e = 4 cm	e = 5 cm	e = 6 cm
AS	PUR	U final (W/m <sup>2</sup> K)	0,763	0,600	0,494	0,420	0,365
		% Millora	58,21%	67,14%	72,95%	77,00%	80,01%
AO	Ce	Uf (W/m <sup>2</sup> K)	0,902	0,733	0,617	0,533	0,469
		% Millora	50,60%	59,86%	66,21%	70,81%	74,32%

U inicial= 1,826 W/m <sup>2</sup> K		6. TRADOSSAT SEC					
			e = 2 cm	e = 3 cm	e = 4 cm	e = 5 cm	e = 6 cm
Aïllaments Sintètics	XPS	U final (W/m <sup>2</sup> K)	0,845	0,677	0,564	0,484	0,424
		% Millora	53,72%	62,92%	69,11%	73,49%	76,78%
	GW	Uf (W/m <sup>2</sup> K)	0,869	0,700	0,586	0,504	0,442
		% Millora	52,41%	61,66%	67,91%	72,40%	75,79%
	SW	Uf (W/m <sup>2</sup> K)	0,880	0,711	0,596	0,514	0,451
		% Millora	51,81%	61,06%	67,36%	71,85%	75,30%
	EPS	Uf (W/m <sup>2</sup> K)	0,902	0,733	0,617	0,533	0,469
		% Millora	50,60%	59,86%	66,21%	70,81%	74,32%
	CG	Uf (W/m <sup>2</sup> K)	-	0,763	0,646	0,560	0,494
		% Millora	-	58,21%	64,62%	69,33%	72,95%
Aïllaments Orgànics	Co	Uf (W/m <sup>2</sup> K)	0,845	0,677	0,564	0,484	0,424
		% Millora	53,72%	62,92%	69,11%	73,49%	76,78%
	ICB	Uf (W/m <sup>2</sup> K)	0,857	0,688	0,575	0,494	0,433
		% Millora	53,07%	62,32%	68,51%	72,95%	76,29%
	Ce	Uf (W/m <sup>2</sup> K)	0,902	0,733	0,617	0,533	0,469
		% Millora	50,60%	59,86%	66,21%	70,81%	74,32%
	WF	Uf (W/m <sup>2</sup> K)	0,902	0,733	0,617	0,533	0,469
		% Millora	50,60%	59,86%	66,21%	70,81%	74,32%
	H	Uf (W/m <sup>2</sup> K)	0,913	0,743	0,627	0,542	0,477
		% Millora	50%	59,31%	65,66%	70,32%	73,88%
	ShW	Uf (W/m <sup>2</sup> K)	-	0,773	0,655	0,569	0,502
		% Millora	-	57,67%	64,13%	68,84%	72,51%

U inicial= 1,404 W/m <sup>2</sup> K		7. INJECCIÓ EN CAMBRA D'AIRE					
			e = 2 cm	e = 3 cm	e = 4 cm	e = 5 cm	e = 6 cm
AS	PUR	U final (W/m <sup>2</sup> K)	-	-	0,510	0,431	0,374
		% Millora	-	-	63,68%	69,30%	73,36%
A.O	Ce	Uf (W/m <sup>2</sup> K)	-	-	0,642	0,551	0,483
		% Millora	-	-	54,27%	60,75%	73,55%
	Co	Uf (W/m <sup>2</sup> K)	-	-	0,673	0,580	0,510
		% Millora	-	-	52,07%	58,69%	63,68%
	ShW	Uf (W/m <sup>2</sup> K)	-	-	0,673	0,580	0,510
		% Millora	-	-	52,07%	58,69%	63,68%

## 6.5. Rehabilitació de buits

### 6.5.1. Definició

Les obertures de façanes tenen un paper fonamental en el funcionament tèrmic i de confort lumínic dels habitatges. Són elements de captació solar directa, de ventilació i de llum natural, tots ells condicions bàsiques per a l'habitabilitat dels habitatges.

El forat, per la seva naturalesa i solucions constructives tradicionals, és la part tèrmicament més dèbil de l'evolvent d'un edifici i per la qual es produeixen les majors pèrdues d'energia. Això és degut a l'excessiva entrada de calor solar a través del vidriat que impedeix mantenir una temperatura agradable a l'interior. Com a conseqüència, s'ha d'optar per l'ús d'equips de climatització que consumeixen gran quantitat d'energia. Una altra opció, és baixar les persianes renunciant a l'entrada de llum natural i substituint-la per llum elèctrica.

La rehabilitació dels forats vidriats de façana, tant pel que fa al vidriat com als marcs o perfils, és una via òptima per aconseguir millores significatives en la demanda energètica de l'edifici i els conseqüents estalvis en termes econòmics i mediambientals, com són la reducció del consum energètic i la disminució de les emissions de CO<sub>2</sub> derivades d'una menor producció d'energia.

Els buits representen, també, una discontinuïtat respecte a la part massissa, la qual cosa pot generar ponts tèrmics, i tenen una transferència de calor interior/exterior directa i elevada. Per tant, s'han de controlar les superfícies d'envidrament i la transmitància tèrmica (de vidre i marc), que ha de ser el més baixa possible.

A causa d'aquesta discontinuïtat i canvi de material es poden produir ponts tèrmics entre la fusteria de la finestra i l'obra. Per evitar-los s'ha de donar continuïtat a l'aïllament tèrmic en tots els massissos que envolten les obertures i segellar les unions del premarc i l'obra. També hi poden haver ponts tèrmics (per una diferència de temperatura i humitat entre l'ambient exterior i interior) a les fusteries, si són perfils metàl·lics buits. Per evitar-los cal que els perfils metàl·lics siguin amb ruptura de pont tèrmic de gruix superior a 12mm, bé perquè estiguin reomplerts amb material aïllant bé perquè portin incorporada al perfil una junta plàstica.

La renovació dels vidres i marcs és una de les accions més eficaces per millorar la eficiència energètica de l'edifici, augmentant el confort tèrmic de les vivendes. A més, ofereix la possibilitat d'incorporar altres prestacions com l'acústica, la seguretat o el baix manteniment dels mateixos, sense renunciar les seves prestacions tèrmiques.

Un factor a tenir present en el tractament de buits és la protecció solar que li atorguem. Les proteccions solars ajuden a controlar l'entrada de la radiació solar directa i els guanys tèrmics a l'interior de l'habitatge, aprofitant el que és més beneficiós en cada moment. Són imprescindibles especialment a l'estiu, ja que eviten el sobreescalfament.

La ventilació natural ajuda a millorar el confort tèrmic interior a l'estiu, reduint la temperatura i la humitat i incrementant la sensació de frescor als usuaris. Aquests efectes s'aconsegueixen especialment amb ventilació creuada, és a dir, a través d'obertures situades en façanes oposades o en façanes i patis interiors, que tenen temperatures diferents.

Per mantenir la qualitat de l'aire dels espais interiors i evitar les condensacions superficials per una humitat excessiva a l'ambient interior, cal assegurar una renovació d'aire mínima, que es pot aconseguir amb alguns d'aquests sistemes: la ventilació voluntària, els airejadors integrats a les fusteries exteriors, o els sistemes de ventilació mecànica. A l'Eixample concretament, a la majoria de cases que segueixen el model de planta característic, gaudeixen d'aquesta ventilació creuada que comunica els patis interiors amb les façanes principals.

La rehabilitació de les obertures es pot executar de manera global per tot l'edifici o de manera parcial o individual per l'usuari.

Global per tot l'edifici des de l'exterior:

- Quant per motius d'ubicació dels forats o altres motius tècnics sigui l'única possibilitat d'actuació.
- Quan estigui prevista una rehabilitació de façana.
- Es garanteix l'homogeneïtat dels acabats de totes les obertures i proteccions solars.

Individual des de l'interior de la vivenda:

- És el sistema recomanat, especialment quan la rehabilitació només inclou l'actuació pel que fa a les obertures de façana.
- Els usuaris de les vivendes han de facilitar l'accés als operaris a l'interior de l'habitatge, de manera coordinada.

Per escollir els productes i la solució constructiva més recomanable en la rehabilitació energètica d'edificis d'habitatges i per millorar el comportament tèrmic de les obertures, s'han de tenir en compte d'una banda els criteris tècnics i d'altra les limitacions que hi puguin haver en els components que conformen el buit.

#### 6.5.1.1. El buit

El buit de façana és un element que permet grans fugues de calor en règim d'hivern i un excés d'aportacions solars en règim d'estiu, que són necessaris compensar amb despeses energètiques de calefacció o refrigeració, per tal de mantenir els nivells de confort adequats.

Les prestacions tèrmiques del buit estaran limitades tant pels materials emprats com per l'estat de conservació. El mal estat dels marcs, les successives capes de pintura y la presència de ranures comprometen la permeabilitat de tal forma que les entrades d'aire no desitjades es tradueixen en càrregues tèrmiques que és necessari compensar mitjançant consums energètics addicionals per evitar la pèrdua de confort. Aquests consums addicionals provoquen majors emissions de CO<sub>2</sub> i un augment de la factura energètica.

#### Propietats del buit

- **Transmitància Tèrmica:** és directament proporcional a les propietats dels materials i a la participació dels marcs i vidres en el conjunt de la superfície del buit.

$$UH = (1 - FM) \cdot UH,v + FM \cdot UH,m$$

UH,v: transmitància tèrmica de la part semitransparent (vidre).

UH,m: transmitància tèrmica del marc de la finestra/lucernari/porta.

FM: la fracció del forat ocupada pel marc en el cas de finestra/de la part massissa en el cas de portes.

Al augmentar l'aïllament tèrmic, s'aconsegueix:

- Major nivell de confort.
- Reducció de l'efecte de paret freda en les proximitats del vidriat.
- Reducció de les condensacions interiors.
- Reducció del cost de calefacció per tal d'assolir la mateixa temperatura.
- Protecció del medi ambient.

- **Factor Solar:** prescindint d'elements d'ombra com poden ser reculades, voladissos, tendals o persianes, depèn fonamentalment del vidriat emprat i de la superfície ocupada i en menor mesura del material del marc.

$$F = FS \cdot [(1-FM) \cdot g + (FM \cdot 0.04 \cdot Um \cdot \alpha)]$$

FS: factor d'ombra del vidriat obtingut en funció del dispositiu d'ombra o mitjançant simulació. En cas de que no es justifiqui adequadament, el valor de FS serà igual a 1.

FM: la fracció del forat ocupada pel marc en el cas de finestra/de la part massissa en el cas de portes.

g: factor solar de la part semitransparent del forat o lucernari (vidre) a incidència normal.

Um: transmitància tèrmica del marc del forat o lucernari.

α: absortivitat del marc obtinguda en funció del seu color.

Al millorar el control solar (reduir el factor solar) s'aconsegueix:

- Major nivell de confort.
- Reducció del reescalfament interior i de l'efecte hivernacle.
- Reducció del cost de climatització per tal d'assolir la mateixa temperatura.
- Protecció del medi ambient al disminuir el consum d'energia de climatització.

L'orientació dels vidriats és un dels principals factors a considerar. Des del punt de vista de la transmitància tèrmica, l'orientació més exigent és la NORD i les menys exigents les SUD, SUD-EST, SUD-OEST, segons la definició de les mateixes que contempla el CTE. Quan es realitza un estudi detallat de cada orientació, poden aplicar-se solucions diferents en cada façana, si be això comporta estètiques mes o menys diferents en funció de les mateixes (canvis de fusteries, vidriats, seccions de marcs, etc.).

La superfície total de forats en façana i el percentatge que representa sobre el total de la mateixa, definirà el valor màxim de transmissió del forat permessa en cada cas. Aquests valors, depenent del tipus de fusteria i vidres emprats, no podran ser superats.

Respecte a les dimensions dels vidriats, és necessari senyalar que influirà en el percentatge de superfície de forats en la façana per una part, i per una altra, en el valor de la transmissió tèrmica del forat, ja que tindrà incidència sobre el percentatge de perfil i de vidriat que conformen el mateix. Quant major sigui el vidriat, més incidència té el seu nivell d'aïllament sobre el total, permetent compensar l'efecte dels marcs de menors prestacions entre els admesos.

A efectes normatius, es consideren els elements d'ombra exterior, com poden ser les reculades, voladissos, tendals o persianes. En aquests casos, haurà d'aplicar-se un factor corrector, factor d'ombra, tal i com apareix en el CTE- DB-HE1 a l'apèndix E.

### 6.5.1.2. El vidre

El vidre és un material inorgànic dur, fràgil, transparent i amorf, és a dir, que no té estructura cristal·lina. S'obté a partir de la fusió de sorra silícia amb carbonat de sodi i calcària i es modela a temperatures molt elevades.

Cal destacar del vidre que és un material reciclable i que no perd les seves propietats en el procés per moltes vegades que es recicli.

### Característiques necessàries dels vidres

Les principals característiques necessàries que determinen un vidre són la *transmissió tèrmica*  $U$  ( $W/m^2K$ ) que com més baixa millor i el seu *factor solar*, que en façanes SO com més baix millor.

La transparència també es una propietat del vidre que s'ha de considerar ja que permet elevades aportacions de llum natural que contribueixen al confort de la vivenda. No s'ha d'oblidar la resistència al vent que ha d'aportar un vidre que és un factor determinant, entre altres, per decidir l'espessor d'un vidre.

### Tipus de vidres

**Vidre senzill (monolític):** Vidres formats per una única fulla de vidre. Aquests vidres poden ser incoloros, de color o impresos. Com a referència, el valor de la transmissió tèrmica és de  $U=5.7$   $W/m^2K$  i el factor solar és de  $g=0.83$ , *Figura 6.9*.

**Vidre laminar:** Està format per vidres monolítics, incoloros amb les dues cares paral·leles entre si. Serveix com a element de seguretat format per dos o més vidres units per la interposició de làmines de PVB (butiral de polivinil) mitjançant processos tèrmics i de pressió. En el cas de ruptura els fragments del vidre queden adherits al material plàstic i no cauen disminuint així el risc de ferides. Són vidres que no es recomanen en actuacions de seguretat, *Figura 6.10*.

**Vidre amb cambra d'aire:** Envidraments formats per dos o més llunes, separades entre si mitjançant un perfil separador, generalment metàl·lic, que deixa una cambra d'aire deshidratada entre els vidres. Permeten una gran quantitat de combinacions de tipus de vidres per aconseguir propietats addicionals de seguretat, protecció solar, baixa emissivitat, etc. L'aïllament acústic es millora reomplint la cambra amb gasos, creant una diferència d'espessor entre la fulla exterior i la interior de l'envidrament, i utilitzant vidres laminats amb resina. L'augment de l'espessor de la cambra proporciona una reducció de la transmissió tèrmica. Aquesta reducció deixa de ser efectiva al voltant dels 17mm, *Figura 6.11*.

**Vidre de baixa emissivitat:** vidres dobles amb cambra, on una de les seves fulles porta unes capes especials incoloros (aplicada per piròlisi o per polvorització catòdica) que reflexa cap a l'interior les radiacions de gran longitud d'ona despreses pels objectes interiors al escalfar-se. D'aquesta manera s'evita la reemissió d'energia cap a l'exterior, reduint les pèrdues de calor dels locals. La capa ha d'anar col·locada sobre una de les cares que miren cap a la cambra, tant a la fulla interior com a l'exterior. (Els valors de la transmissió oscil·len entre 2.5 i 1.7  $W/m^2K$ .  $g=0.68$ , *Figura 6.12*).

**Vidre de control solar:** Sota aquesta denominació poden agrupar-se vidres de diferent naturalesa: vidres de color, serigrafiats o de capa.

Les diferents capes i la possibilitat d'aplicar-se en diferents substrats vitris permet una àmplia gama de possibilitats amb diferents estètiques i les prestacions tèrmiques de control solar dels quals poden variar des de valors de 0,10 pels més reflectants fins valors de 0,60 pels vidres incoloros d'aspecte neutre. Es caracteritzen per absorbir o reflectir la radiació solar sense que això suposi una pèrdua de la transmissió lluminosa i sense renunciar al aïllament tèrmic en èpoques de menys asolellament. Aquestes capes poden estar produïdes per piròlisi o per polvorització catòdica.

### 6.5.1.3. El marc

El marc representa habitualment entre el 25% i el 35% de la superfície del buit. Les seves principals propietats, des del punt de vista de l'aïllament tèrmic, són la transmissió tèrmica i la seva absorbitat. Aquestes dues propietats participen en funció de la fracció de superfície ocupada pel marc en la transmissió total del buit i el factor solar modificat del mateix.

### Propietats tèrmiques dels marcs

Les propietats més característiques del marc són l'absorbitat i la transmissió tèrmica.

L'*absorbitat*, depèn del color del marc i del material d'aquest. Té una incidència directa sobre el factor solar modificat del forat.

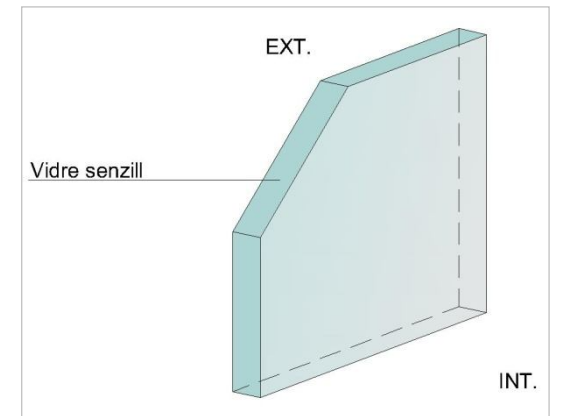
La *Transmissió tèrmica* es calcula en funció de la geometria i del material amb el que està fabricat el marc, *Taula 6.13*.

**Taula 6.13.: Transmissió de marcs<sup>15</sup>**

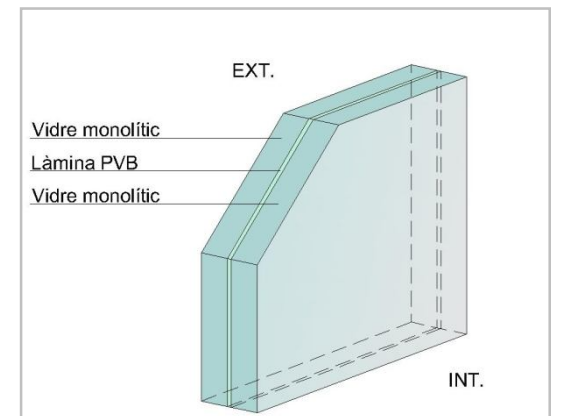
Perfil	U(W/m <sup>2</sup> K)
Fusta dura ( $\rho=700\text{kg/m}^3$ i 60mm e.)	2.2
Fusta tova ( $\rho=500\text{kg/m}^3$ i 60mm e.)	2.0
Metàl·lic	5.7
Metàl·lic RPT ( $4\text{mm} \leq d \leq 12\text{mm}$ )	4.0
Metàl·lic RPT ( $d \geq 12\text{mm}$ )	3.2
Perfils de PVC (2 cambres)	2.2
Perfils buits de PVC (3 cambres)	1.8

Altres propietats a destacar són la permeabilitat a l'aire, l'estanquitat a l'aigua i la resistència als efectes del vent.

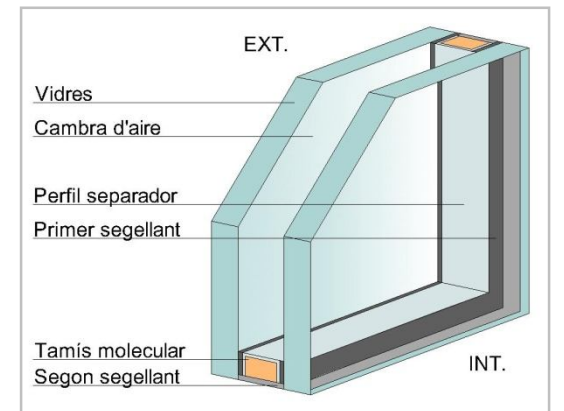
<sup>15</sup> Dades extretes del Catàleg d'Elements Constructius del CTE (Codi Tècnic de l'Edificació).



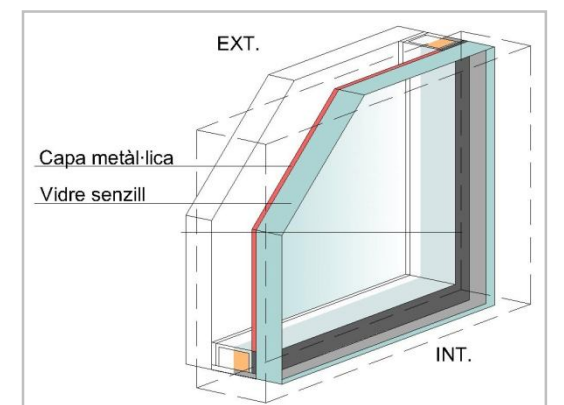
*Figura 6.9: Vidre senzill. Font: Elaboració pròpia*



*Figura 6.10: Vidre laminar. Font: Elaboració pròpia*



*Figura 6.11: Doble envidrament; vidre amb cambra d'aire. Font: Elaboració pròpia*



*Figura 6.12: Vidre de baixa emissivitat. Font: Elaboració pròpia.*



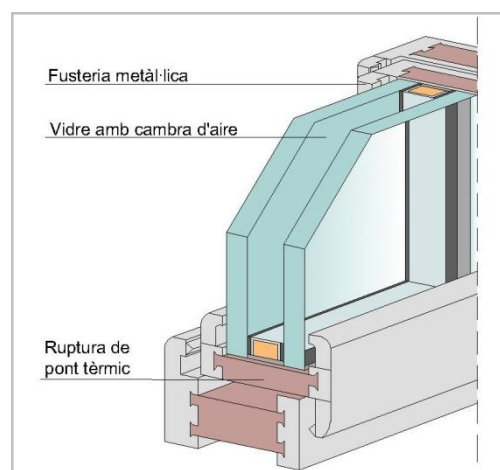


Figura 6.14: Marc metàl·lic amb ruptura de pont tèrmic.  
Font: Elaboració pròpia.

### Tipus de marcs

**Fusta:** perfils massissos de fusta que proporcionen uns nivells importants d'aïllament tèrmic, afavorit per la seva baixa conductivitat. Els valors de les transmissàncies depenen de la densitat de la fusta utilitzada.

**Metàl·lic:** estan fabricats en alumini o acer amb diferents acabats. La influència sobre el factor solar pot ser variable en funció dels colors. Els sistemes d'obertura i tancament, així com la seva hermeticitat, poden condicionar l'entrada d'aire.

**Metàl·lic amb RPT:** la ruptura del pont tèrmic consisteix en la incorporació d'elements separadors de baixa conductivitat tèrmica que connecten els components interiors i exteriors de la fusteria, reduint el pas d'energia a través seu, *Figura 6.14*.

**PVC:** perfils buits amb dos o tres cambres, oferint molt bon comportament tèrmic. Existeix una àmplia varietat de qualitats i acabats, així com sistemes d'obertura i tancament, que permeten una àmplia gama de dissenys del tancament.

### Aspectes a tenir en compte

- Material preexistent: en finestres amb marc de fusta es valorarà que el nou marc sigui també de fusta.
- Mida del forat: per a cada material hi ha unes dimensions màximes que s'han de tenir en compte, encara que aquestes no són limitades.
- Condicions climàtiques específiques: en zones ventoses, comprovar les característiques de resistència mecànica; en zones properes al mar, aplicar tractaments específics (anticorrosius).

### 6.5.1.4 Les proteccions solars

Les proteccions solars serveixen per evitar el contacte directe de les radiacions solars. Al capítol 3. *Anàlisi dels sistemes constructius* i a l'apartat 4.3.1.3. *Comprovació dels efectes d'ombra* apareix la informació sobre la finalitat d'aquestes i els tipus de proteccions solars que hi ha.

Per entendre millor la necessitat de les proteccions solars a continuació s'explica breument el comportament de les radiacions solars.

La radiació solar es rep en forma de rajos ultraviolades (3%), radiació visible (53%) i rajos infrarojos (44%).

L'objectiu de les proteccions solars seria limitar els efectes de les radiacions infraroges sense impedir el pas de la radiació visible.

La radiació visible pateix modificacions en la seva trajectòria al trobar un cos. Aquestes modificacions són de tres tipus:

- La reflexió: l'energia incident, o part d'aquesta, és reflectida sense veure alterada la seva longitud.
- La transmissió: l'energia travessa el cos interposat.
- L'absorció: l'energia és absorbida pel cos interposat en el seu recorregut i per tant produirà un augment de la seva temperatura. S'ha de tenir en compte que aquest increment de temperatura farà que el cos emeti energia per radiació amb una longitud d'ona variable però sempre molt superior a la longitud de l'ona rebuda del sol.

Cada cos combina d'una o altra manera aquestes tres modificacions de la trajectòria dels rajos solar i això els qualifica d'una o altra manera com a proteccions solars.

### 6.5.2 Aspectes a tenir presents per la determinació de les fusteries

Alhora d'escollir una solució, ja sigui en obra nova o en rehabilitació, apareixen dos aspectes a tenir presents: d'una banda tenir consciència de què es necessita que porti aquesta obertura (llum, reduir el soroll, estabilitat tèrmica entre estiu i hivern, etc.) i d'altra banda determinar com incideix i afecta el sol a l'obertura (orientació de l'edifici).

La solució adoptada ha de ser una que sigui capaç de captar la llum solar i l'energia necessària per escalfar l'interior a l'hivern i capaç de protegir-lo de la transmissió de la radiació solar a l'estiu.

### 6.5.3 Propostes de rehabilitació de buits

Primerament s'ha de fer una diferenciació entre dos termes: restaurar i substituir.

Restaurar: és l'acció d'habitar, en aquest cas, una fusteria perquè torni a tenir les prestacions originals o millorades.

Substitució: és l'acció de canviar parcial o totalment, en aquest cas, una fusteria per millorar les prestacions de la fusteria anterior.

Un cop definits aquests dos conceptes s'ha d'aclarir que les solucions que aquí es proposen són per a la substitució de les fusteries, no per a la restauració. Tot i això, a continuació es fa una breu menció sobre com s'haurien de restaurar les fusteries:

1. Es trauran les finestres de la seva ubicació original. Si s'observen que les frontisses o pernys es troben en mal estat, es netejaran i engrassaran amb un material adequat, un esprai especial engrassant.
2. Es netejarà a fons la finestra. Es traurà massilla o silicona utilitzada anteriorment per a la fixació del vidre i es substituirà per silicona transparent.
3. Un cop seca la fixació del vidre es rascarà la fusta per retirar la pintura.
4. Es polirà la fusta amb paper de vidre de gra fi fins igualar-la.
5. En cas d'haver-hi zones afectades per podriments es rascarà fins a trobar fusta sana. A continuació s'aplicarà pasta de fusta o massilla amb una espàtula.
6. Un cop reparada, es pintarà de nou la finestra amb una pintura que ajudi al material que recobreix a garantir la seva funcionalitat.

A continuació apareix la *Taula 6.15. Propostes de substitució de vidres*, amb les propostes de rehabilitació de vidres.

De cara als marcs qualsevol dels tipus descrits a l'apartat 6.5.1.3 serà vàlid sempre i quan s'esculli el que compleixi més amb els requisits necessaris, a la *Taula 6.16. Propostes de substitució de marcs*, apareixen diferents tipus de materials per a marcs amb les seves dades tècniques.

Pel que fa a les proteccions solars a la *Taula 6.17. Comportament del sol segons l'orientació*, apareixen les nocions més significatives sobre el comportament del sol a cada orientació per a l'estiu (E) i l'hivern (H). És de saber que a l'hivern les temperatures i la trajectòria solar són més baixes que a l'estiu, i que a l'hivern es busca sol i a l'estiu ombra. En aquesta taula també apareix la solució més viable per a cada orientació que en aquest cas.

<b>Taula 6.17: Comportament del sol segons l'orientació</b>	
SUD	<b>H:</b> Es donen les màximes aportacions solars. És quan el sol està més baix i les radiacions solars incideixen de manera quasi perpendicular a la finestra de manera que aquesta orientació pot ser molt valuosa tèrmicament tot i que s'hauran de preveure els desagradables enlluernaments que poden produir les radiacions.
	<b>E:</b> L'angle d'incidència és tan agut que la radiació transmesa es redueix quasi a una tercera part que a l'hivern. La radiació solar és paral·lela, reduint-se la secció d'incidència solar, i el sol assoleix la seva posició màxima al mig dia. <b>Protecció solar:</b> voladís, ràfec o lamel·les en posició horitzontal.
EST/OEST	<b>H:</b> Reben molta més radiació a l'estiu que a l'hivern ja que a l'hivern el sol quasi no arriba.
	<b>E:</b> La radiació és màxima perquè la inclinació és d'uns 30°-40°. El buit orientat a est-oest és el buit més difícil de resoldre ja que aporta un 2,5 més d'energia tèrmica a l'estiu que és quan resulta més incòmode. Per tant, és molt important protegir les orientacions est i sobretot oest. <b>Protecció solar:</b> lamel·les en posició vertical.
NORD	<b>H:</b> És una orientació molt freda en aquesta època i des del punt de vista de la transmissió tèrmica és l'orientació més exigent.
	<b>E:</b> És una bona orientació per a l'estiu perquè no hi ha una aportació tèrmica elevada però el sol manté un bon ambient. <b>Protecció solar:</b> No és necessària perquè els rajos solars són favorables.

Taula 6.15.: Propostes de substitució de vidres

1. Vidre amb cambra d'aire	2. Vidre de baixa emissivitat (aïllament tèrmic reforçat)	3. Vidre amb cambra d'aire i làmina de polièster intercalada	4. Vidre amb cambra d'aire i vidre de control solar																		
<p>Aquest sistema es compon de dos a més vidres i un perfil separador que delimita una cambra estanca d'aire deshidratat o gasos pesats. El segellant de la cambra queda garantit per una doble barrera d'estanqueïtat constituïda per segellats orgànics, assegurant l'estabilitat mecànica.</p> <p>Donada la seva configuració, aquesta solució constitueix un molt bon aïllament tèrmic i acústic. Dificulta els intercanvis de calor entre els dos ambients que delimita, aïllant tant el fred com la calor, degut a la resistència tèrmica de l'aire sec i en repòs tancat a la seva cambra. Proporciona estalvis al consum d'energia. La simple utilització d'un espessor mínim de 4mm en cada vidre aporta un important factor de correcció acústica.</p> <p>Aquest sistema es pot combinar amb vidres de control solar, laminars, de baixa emissivitat, etc., segons les prestacions de transmitància tèrmica que necessiti l'edifici, de manera que es poden millorar les propietats.</p>	<p>Els vidres de baixa emissivitat col·locats en doble envidrament permeten reduir els intercanvis tèrmics i millorar la transmitància tèrmica de l'envidrament i reduir el factor solar. La capa tractada ha d'estar situada a la cara interior que dona a la cambra, depenent si està a la cara interior del vidre exterior o de l'interior el factor solar (g) variarà.</p> <p>El vidre de baixa emissivitat és un vidre neutre amb transmissió lumínica elevada, sobre el que es disposen capes de metalls nobles mitjançant la pulverització catòdica en buit, en la seva fabricació, i que presenten una forta reflexió davant les radiacions infraroges. Per a una correcta aplicació d'aquestes capes metàl·liques, els vidres s'han d'haver rentat i assecat de forma automàtica. Després passen per diverses càmeres d'alt buit, on s'apliquen les diferents capes segons el mètode de polvorització catòdica.</p> <p>Aquests tipus de vidre retenen la calor a l'interior de la vivenda durant l'hivern i durant l'estiu redueixen l'entrada de la calor.</p>	<p>Aquest sistema d'envidrament és una bona solució de cara al control solar i acústic. La làmina de polièster és una solució altament eficaç per aconseguir vidrats amb un millor aïllament.</p> <p>Aquesta làmina és una pel·lícula que està coberta per sis (fins a dotze) capes d'òxid de metall i que permet selectivament l'entrada de la llum solar. La pel·lícula està estesa dins d'un envidrat i el resultat és un sistema amb dues cambres d'aire independents separades per aquesta pel·lícula.</p> <p>La pel·lícula de polièster és transparent però reflecta la radiació tèrmica i els rajos ultraviolades (UVA) de la llum solar.</p>	<p>Aquesta solució està composta per una cambra d'aire i un vidre amb la propietat de control solar. Aquesta propietat de filtrar la llum solar redueix la quantitat de radiació que el travessa. Una part de l'energia solar es transmet per mitjà del vidre, una altra part és rebutjada per reflexió i la resta és absorbit per la massa de vidre.</p> <p>Aquest vidre porta dipositada en una de les cares una capa metàl·lica que li confereix propietats de reflexió.</p> <p>Està format per una lluna incolora o de color a la qual se li ha aplicat una fina capa d'òxid metàl·lics donant-li una aparença més o menys reflectant.</p> <p>La capa metàl·lica s'impregna a la part interior del vidre exterior. Pot ser un únic vidre o un vidre laminar depenent de l'ús que se li vulgui donar.</p> <p>Aquest sistema es recomana especialment per hotels, edificis d'oficines, hospitals, locals, etc., però també es pot utilitzar en ús residencial.</p>	<p>Aquest tipus d'envidrament es caracteritza per permetre una elevada transmissió lluminosa, oferir una tonalitat lleu de color i aprofitar els avantatges d'estalvi d'energia de la baixa emissivitat.</p> <p>Aquesta solució utilitza la seva pròpia massa de vidre de color per filtrar part de l'energia solar incident reduint així el Factor Solar. La massa del vidre de color absorbeix una gran proporció d'aquesta energia i irradia la major part cap a l'exterior evitant així l'increment de la transferència energètica a l'interior de l'edifici.</p> <p>Es recomana instal·lar aquest vidre amb cambres de 16 mm de gruix per optimitzar els valors d'eficiència energètica. La composició de vidres i cambra pot enriquir-se amb altres tractaments com per exemple un vidre aïllant acústic o de seguretat.</p>																	
<b>Dades tècniques (aire)</b>		<b>Dades tècniques</b>				<b>Dades tècniques</b>				<b>Dades tècniques</b>											
Compos.		Compos.	4-8-4	4-10-4	4-12-4	4-14-4	Compos.	6-12-4	-	-	-	Compos.	6-12-4	6-12-4	6-12-4	6-12-4	Compos.	4-16-4	5-16-4	6-16-6	8-16-6
U (W/m <sup>2</sup> K)		U (W/m <sup>2</sup> K)	2.1	1.8	1.6	1.5	U (W/m <sup>2</sup> K)	1.38	-	-	-	U (W/m <sup>2</sup> K)	2.8	2.1	1.6	1.6	U (W/m <sup>2</sup> K)	1,1	1,1	1,1	1,1
g		g	58	58	59	59	g	41	-	-	-	g	39	35	42	28	g	45	42	38	28
TL (%)		TL (%)	77	77	77	77	TL (%)	69	-	-	-	TL (%)	30	52	59	52	TL (%)	50	51	66	38
TE (%)		TE (%)	30	30	30	30	TE (%)	-	-	-	-	TE (%)	32	28	36	24	TE (%)	36	34	29	20
Empresa: Climait Producte: Planistar		Empresa: Vitro Producte: Isolar Neutralux				Empresa: Glassalum Producte: Heat Mirror				Empresa: Vitro Producte: Solarlux				Empresa: Vitro Producte: Isolar Comfortlux							



Taula 6.16: Propostes de substitució de marcs

Fusteria mixta: fusta i alumini	Fusteria de PVC	Fusteria d'alumini amb RPT	Fusteria de fusta	Fusteria de fusta	Fusteria de fusta
					
<p>Aquest sistema té altes prestacions d'aïllament tèrmic i permeabilitat a l'aire.</p> <p>Està compost per la combinació d'una estructura de fusta protegida externament per un bastidor d'alumini. L'acoblament de la fusta i l'alumini es fa mitjançant clips de nylon i s'aconsegueix la ruptura del pont tèrmic ja que la fusta no està en cap moment en contacte amb l'alumini. Amb això es fa possible la ventilació interna eliminant el fenomen de condensació.</p> <p>Posseeix una junta perimetral continua en la fulla i té l'opció d'ocultar les juntes i millorar així l'estètica de la finestra.</p>	<p>Les fusteries de PVC tenen alts valors d'aïllament tèrmic que redueixen les pèrdues d'energia a través dels buits i permeten estalviar calefacció a l'hivern i aire condicionat a l'estiu.</p> <p>Aquest tipus de fusteria pot incorporar reforç amb ruptura de pont tèrmic aconseguint una transmissió inferior.</p> <p>La perfil·leria està formada per cinc cambres que milloren el comportament tèrmic.</p> <p>La gran varietat de formes i dissenys de la fulla fan que tingui un ampli ventall de possibilitats, en quant al disseny i colors de les finestres.</p>	<p>Els perfils del marc i de la fulla tenen gran resistència mecànica. Conten amb un sistema de drenatge mitjançant una cambra de turbulència en el marc i buits d'evacuació amb deflectors. Les fulles són practicables, amb cargols per a la ventilació de la cambra on s'allotgen els vidres.</p> <p>Els perfils són d'alumini extruït. La ruptura de pont tèrmic s'aconsegueix a base de llistons de poliamida reforçada amb fibra, enfilats en els semiperfils d'alumini mitjançant grapes mecàniques.</p> <p>Les juntes d'estanquitat són de EPDM.</p>	<p>La secció de les fusteries amb tapajuntes integrat millora l'estètica interior del tancament i facilita la col·locació sobre premarcs. La fusta és laminada de PI Flandes, Iroko, Castanyer i Roure.</p> <p>Els marcs estan tenyits per immersió FLOW-COATING i una posterior aplicació de vernís a l'aigua. Perfil·leria amb dos juntes d'estanquitat a la fulla i una opcional al marc. L'espessor del vidre oscil·la de 24 a 28 mm.</p> <p>Cap la possibilitat d'incorporar opcionalment un sistema de ventilació amb airejador AIR-SLOT 22. Es possible la fabricació de qualsevol sistema d'obertura: practicable, oscil·lobatent, corredissa, etc.</p>	<p>Perfil·leria pensada per a projectes urbans d'edificació més tradicional, on es prima la funcionalitat del producte sense renunciar a alts resultats.</p> <p>Opcionalment, es poden escollir juntes ocultes que milloren l'estètica de la finestra eliminant a la vista la presència de frontisses.</p> <p>A més, incorpora una junta de goma d'EPDM perimetral en fulla més una junta en solera. La silicona exterior és resistent als agents atmosfèrics.</p> <p>S'aconsella emprar vidres de 22 i 26 mm, els quals permeten elevar els nivells d'aïllament tèrmic i acústic.</p>	<p>La fusta d'aquests perfils és sotmesa a un secat previ en cambra que l'estabilitza davant els canvis atmosfèrics i l'esterilitza contra possibles atacs d'insectes xilòfags.</p> <p>S'apliquen vernissos a l'aigua en colors naturals, tenyits o pigmentats que proporcionen elasticitat evitant la ruptura i l'escantellat de la pel·lícula del vernís, facilitant així el manteniment.</p> <p>La junta d'estanquitat termoacústica en tot el perímetre del perfil assegura un contacte permanent i flexible entre el marc i la fulla que absorbeix les variacions dimensionals.</p> <p>L'envidrament pot ser senzill o doble.</p>
<p><b>Dades tècniques</b></p> <p>U (W/m<sup>2</sup>K) = 0,95  Permeabilitat a l'aire: Classe 4  Estanquitat a l'aigua: E 750  Resistència al vent: C5  Aïllament acústic: 39 dB</p> <p>Empresa: Benito Sistemas  Producte: Max Clima Blinder</p>	<p><b>Dades tècniques</b></p> <p>U (W/m<sup>2</sup>K) = 1,3  Permeabilitat a l'aire: Classe 4  Estanquitat a l'aigua: 9A  Resistència al vent: C4  Aïllament acústic: 70 dB</p> <p>Empresa: Industrias Rehau  Producte: Rehau Euro-Design</p>	<p><b>Dades tècniques</b></p> <p>U (W/m<sup>2</sup>K) =  Permeabilitat a l'aire:  Estanquitat a l'aigua:  Resistència al vent:  Aïllament acústic: 45 dB</p> <p>Empresa: Jasen  Producte: Janisol, finestres</p>	<p><b>Dades tècniques</b></p> <p>U = 1,4 W/m<sup>2</sup>K  Permeabilitat a l'aire: Classe 4  Estanquitat a l'aigua: 9A  Resistència al vent: C5  Aïllament acústic: 40 dB</p> <p>Empresa: Carreté  Producte: Silva-68</p>	<p><b>Dades tècniques</b></p> <p>U = 1,8 W/m<sup>2</sup>K  Permeabilitat a l'aire: Classe 4  Estanquitat a l'aigua: E900  Resistència al vent: C5  Aïllament acústic: 36 dB</p> <p>Empresa: Benito Sistemas  Producte: Ebania M-58 Bàsica</p>	<p><b>Dades tècniques</b></p> <p>U = 1,3 – 1,6 W/m<sup>2</sup>K  Permeabilitat a l'aire: Classe 4  Estanquitat a l'aigua: 8A  Resistència al vent: C5  Aïllament acústic: 32 - 50 dB</p> <p>Empresa: Carp. Ind. Benéfar  Producte: Carinbisa Aire - 12</p>

## 7. NORMATIVA RELATIVA A LA REHABILITACIÓ

### 7.1. Tipus de rehabilitacions

Pel que fa als paràmetres normatius en relació a les rehabilitacions energètiques, podem diferenciar-ne dos tipus:

**a) Grans reformes:** actuacions consistents en reformes o rehabilitacions d'edificis existents amb una superfície útil superior a 1000m<sup>2</sup> on es renovin més del 25% del total dels seus tancaments.

Aquestes renovacions han de complir els requeriments energètics que siguin més restrictius de la normativa següent:

- Document Bàsic d'Estalvi Energètic (DB-HE) del Codi Tècnic de l'Edificació (CTE).
- Decret d'Ecoeficiència Energètica (DEE).

Aquestes rehabilitacions s'assimilen a l'obra nova pel que respecta al compliment de la normativa d'estalvi energètic.

**b) Petites reformes:** actuacions consistents en reformes o rehabilitacions d'edificis existents amb una superfície útil inferior a 1000m<sup>2</sup>, i encara que siguin més grans de 1000m<sup>2</sup>, on es renovin menys del 25% del total dels seus tancaments i renovacions d'habitatges.

Per a aquests tipus de rehabilitacions no és necessari el compliment dels requeriments energètics nombrats anteriorment. Tot i això, la Generalitat de Catalunya atorga unes subvencions per a fomentar la rehabilitació d'edificis i habitatges i aquests han d'assolir uns requisits mínims estipulats en cada convocatòria per tal d'obtenir l'ajuda.

### 7.2. Normativa europea

Abans de començar a parlar de la normativa estatal i catalana, cal recordar la *Directiva 2002/91 CE* per tal d'entendre els canvis més recents.

Aquesta directiva va ser promulgada el 16 de desembre de 2002 amb l'objectiu de fomentar l'eficiència energètica dels edificis de la Comunitat Europea tenint en compte les condicions climàtiques exteriors i les particularitats locals així

com els requisits ambientals interiors i la relació cost-eficàcia.

Aquesta directiva estableix els següents requisits:

- Metodologia de càlcul de l'eficiència energètica integrada als edificis.
- L'aplicació de requisits mínims d'eficiència energètica dels edificis de nova construcció.
- L'aplicació de requisits mínims d'eficiència energètica de grans edificis existents que siguin objecte de reformes importants.
- La certificació energètica d'edificis
- La inspecció periòdica de calderes i sistemes d'aire condicionat d'edificis i; a més, l'avaluació de l'estat de la instal·lació de calefacció amb calderes de més de 15 anys.

Segons l'article 2, es defineix com eficiència energètica d'un edifici a *"la quantitat d'energia consumida realment o que s'estima necessària per satisfer les diferents necessitats associades a un ús estàndard de l'edifici, que podrà incloure, entre altres coses, la calefacció, l'escalfament de l'aigua, la refrigeració, la ventilació i la il·luminació. Aquesta magnitud s'haurà de quedar reflectida en un o més indicadors quantitius calculats tenint en compte l'aïllament, les característiques tècniques i de la instal·lació, el disseny i l'orientació, en relació amb els aspectes climàtics, l'exposició solar i la influència de construccions properes, la generació d'energia pròpia i altres factors, incloses les condicions ambientals interiors que influeixin en la demanda d'energia"*<sup>16</sup>.

Els edificis existents hauran de complir amb els requisits descrits anteriorment quan tinguin una superfície útil total superior a 1000m<sup>2</sup>, on es millori la seva eficiència energètica sempre que això sigui tècnica, funcional i econòmicament viable.

Estan exclosos a aquest compliment les següents categories d'edificis:

- Edificis i monuments protegits oficialment per ser part d'un entorn declarat o en raó del seu particular valor arquitectònic o històric, quan el compliment de tals requisits pugui alterar de manera inacceptable el seu caràcter o aspecte.

<sup>16</sup>Article 2. Definicions. Directiva 2002/91 CE.

- Edificis utilitzats com llocs de culte i per activitats religioses.
- Construccions provisionals amb un termini previst d'ús igual o inferior a 2 anys.
- Edificis de vivendes que estiguin destinats a residir durant menys de 4 mesos a l'any.
- Edificis independents amb una superfície útil total inferior a 50m<sup>2</sup>.

Es conegut per tothom que, en l'actualitat, les principals fonts d'emissions de diòxid de carboni són els productes petrolífers, el gas natural i els combustibles sòlids. Aquest fet juntament amb el compromís que té el Parlament Europeu, de reduir per al 2020 les emissions totals de gasos d'efecte hivernacle en un 20% com a mínim respecte als nivells del 1990, ha donat lloc a l'actualització de la Directiva 2002/91/CE amb l'objectiu de concretar més en les accions per tal d'aprofitar el gran potencial d'estalvi d'energia encara per realitzar en els edificis i reduir les grans diferències que existeixen en el sector.

Les mesures de la normativa actual, la Directiva 2010/31/EU de 19 de maig de 2010, pretenen millorar més l'eficiència energètica dels edificis tenint en compte les condicions climàtiques i les particularitats locals, així com l'entorn ambiental interior i la rendibilitat en termes de cost-eficiència. Aquestes mesures no han d'afectar a altres requisits aplicables als edificis, tals com l'accessibilitat, la seguretat i l'ús previst de l'edifici.

La metodologia de càlcul de l'eficiència energètica dels edificis s'ha d'establir tenint en compte almenys els següents aspectes:

- Característiques tèrmiques reals de l'edifici, incloses les seves divisions internes: capacitat tèrmica, aïllament, calefacció passiva, elements de refrigeració y ponts tèrmics.
- Instal·lació de calefacció i d'aigua calenta, y les seves característiques d'aïllament.
- Instal·lacions d'aire condicionat.
- Ventilació natural y mecànica, la qual cosa podrà incloure l'estanquitat a l'aire.
- Instal·lació d'il·luminació incorporada.
- Disseny, emplaçament i orientació de l'edifici, incloses les condicions climàtiques exteriors.
- Instal·lacions solars passives i protecció solar.
- Condicions ambientals interiors, incloses les condicions ambientals interiors projectades.

- Càrregues internes.

Aquesta metodologia inclou, a més de característiques tèrmiques, altres factors que exerceixen un paper cada cop més important, No tan sols ha es basa en les temporades en que es necessari l'ús de la calefacció, sinó que cobreix els resultats d'eficiència d'un edifici al llarg de tot l'any.

Al establir requisits d'eficiència energètica, els Estats membres han d'utilitzar instruments harmonitzats, en particular mètodes d'assaig i càlcul i classes d'eficiència energètica desenvolupada d'acord amb les mesures d'aplicació de la Directiva 2009/125/CE del Parlament Europeu i del Consell, de 21 d'octubre de 2009, per la qual s'instaura un marc per a l'establiment de requisits de disseny ecològic aplicables als productes relacionats amb l'energia i la Directiva 2010/31/UE del Parlament Europeu i del Consell, de 19 de maig de 2010, relativa a la indicació del consum d'energia i altres recursos per part dels productes relacionats amb l'energia, mitjançant l'etiquetat i una informació normalitzada, per garantir la coherència amb iniciatives connexes i reduir al mínim possible una possible fragmentació del mercat.

### 7.3. Normativa estatal

El *Codi Tècnic de l'Edificació* (CTE), aprovat pel Reial Decret 314/2006, de 17 de març, té la finalitat d'aconseguir un ús racional de l'energia necessària per a la utilització dels edificis, reduint a límits sostenibles el seu consum. Així mateix, té com a segon objectiu que una part d'aquest consum procedeixi de fonts d'energia renovable, com a conseqüència de les característiques del seu projecte, construcció, ús i manteniment.

Aquests dos objectius es concreten en cinc exigències bàsiques en el seu Document Bàsic d'Estalvi d'Energia (DB-HE), encara que nosaltres tan sols incidim en el primer document.

**HE1: Limitació de la demanda energètica:** els edificis disposaran d'una evolvent de característiques tals que limiti adequadament la demanda energètica necessària per assolir el benestar tèrmic en funció del clima de la localitat, de l'ús de l'edifici i del règim d'estiu i d'hivern, així com per les seves característiques d'aïllament i



d'inèrcia, permeabilitat a l'aire i exposició a la radiació solar, reduint el risc de l'aparició d'humitats de condensació superficials i intersticials que puguin perjudicar les seves característiques i tractant adequadament els ponts tèrmics per limitar les pèrdues o guanys de calor i evitar problemes higrotèrmics en els mateixos.

La normativa ofereix dos possibles opcions per al seu estudi: *l'opció simplificada* es basa en el control indirecte de la demanda energètica dels edificis mitjançant la limitació dels paràmetres característics dels tancaments i particions interiors que componen l'evolvent tèrmica. La comprovació es realitza a través de la comparació dels valors obtinguts en el càlcul amb els valors límit permesos; *l'opció general* es basa en l'avaluació de la demanda energètica dels edificis mitjançant la comparació d'aquesta amb la corresponent a un edifici de referència que defineixi la pròpia opció. Aquesta última opció s'ha de realitzar mitjançant l'aplicació informàtica proporcionada pel Ministeri de Vivenda (LIDER) o el programa CALENER.

El procediment d'aplicació mitjançant l'opció simplificada és el següent:

- Determinació de la zonificació climàtica
- Classificació dels espais de l'edifici
- Definició de l'evolvent tèrmica i tancaments.
- Comprovacions:
  - Verificació de que la transmitància de cadascun dels tancaments és menor a la transmitància màxima exigida.
  - Verificació de que la transmitància mitja de cada tipologia de tancament és menor que la transmitància límit exigida.
  - Verificació de que el factor solar dels forats és menor al factor solar límit exigít.
  - Verificació de que la permeabilitat a l'aire de les fusteries és menor a l' exigida: a la zona climàtica C es consideren vàlids els forats de classe 2, 3 i 4.
  - Verificació de que no existeixi risc de condensacions superficials i control a més, de les condensacions intersticials.

Cal destacar també a nivell estatal, l'aprovació l'any 2007 del *Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques dels Edificis* pel Reial Decret 1027/2007, de 20 de juliol, que té com objectiu establir les condicions que han de complir les instal·lacions tèrmiques dels edificis, destinades a

atendre la demanda de benestar tèrmic i higiene a través de les instal·lacions de calefacció, climatització i aigua calenta sanitària.

Aquest reglament té la finalitat d'aconseguir un ús racional de l'energia que consumeixen les instal·lacions tèrmiques, per consideracions tant econòmiques com de protecció del medi ambient, tenint en compte a la vegada altres requisits essencials que s'han de complir en els edificis.

D'altra banda, i com a conseqüència de la Llei 38/1999, de 5 de novembre, d'Ordenació de l'Edificació (LOE), l'estat espanyol va aprovar el Procediment Bàsic per a la certificació d'eficiència energètica d'edificis (Reial Decret 47/2007, de 19 de gener), que té com a objectiu principal establir el procediment bàsic que ha de complir la metodologia de càlcul de la qualificació d'eficiència energètica, amb la qual cosa s'inicia el procés de certificació.

En aquest procés s'hi estableixen les condicions tècniques i administratives per a les certificacions d'eficiència energètica dels projectes, tenint en compte els factor que tenen més incidència en el consum d'energia dels edificis de nova construcció o que es modifiquen, reformen o rehabiliten en determinades condicions.

#### 7.4. Normativa a Catalunya

El Govern de la Generalitat de Catalunya va considerar necessari redactar un decret, el Decret 21/2006, 14 de febrer, que regulés els criteris ambientals i d'eficiència en els edificis de nova construcció, els procedents de reconversions d'antigues edificacions i obres de grans rehabilitacions, és a dir, edificis que tan sols conservin la façana o constitueixin una actuació global en tot l'edifici.

Els paràmetres d'eficiència fixats s'agrupen en quatre àmbits: aigua, energia, materials i sistemes constructius i residus.

Entre els paràmetres relatius a l'energia, les parts massisses dels tancaments verticals exteriors, incloent ponts tèrmics integrats en façana, tindran un coeficient de transmitància tèrmica és de 0.70 W/m<sup>2</sup>K; les obertures de façanes disposaran de vidres dobles o d'altres sistemes que assegurin un coeficient de transmitància tèrmica ≤ 3.30 W/m<sup>2</sup>K; en canvi, en les obertures de façanes orientades

al sud-oest (+/- 90°) han de disposar d'un element o d'un tractament protector exterior o entre dos vidres, de manera que el factor solar sigui ≤ 35%.

Els paràmetres que fan referència als materials i sistemes constructius, estan formats per un llistat de diverses solucions constructives cada una puntuada. S'ha d'obtenir un mínim de 10 punts per tal de complir amb aquest requisit.

La finalitat d'aquest Decret d'Ecoeficiència és continuar impulsant la sostenibilitat en els edificis, evitant que les pautes constructives actuals comprometin les generacions futures.

Actualment, existeix un esborrany del Real Decret de Certificació Energètica d'Edificis existents d'aplicació a tots els edificis que a l'entrada en vigor d'aquest Real Decret no estiguin inclosos en l'àmbit d'aplicació de l'article 2 del Real Decret 47/2007, del 19 de gener. Així mateix, queden exclosos de l'àmbit d'aplicació els esmentats en el Decret anteriorment esmentat.

L'objectiu del Decret és establir les condicions per a la realització de certificacions d'eficiència energètica dels edificis existents amb la finalitat de promoure edificis d'alta eficiència energètica i les inversions en estalvi d'energia mitjançant la informació objectiva que obligatòriament s'ha de proporcionar als compradors i usuaris sobre les seves característiques energètiques, en forma d'un certificat d'eficiència energètica que permeti valorar i comparar les seves prestacions.

Finalment, farem un breu incís sobre el recent Decret 187/2010, de 23 de novembre, sobre la Inspecció Tècnica dels Edificis d'habitatges, el qual institueix un sistema de control periòdic de l'estat dels edificis d'habitatges, i en definitiva porta a la pràctica un procediment per verificar el deure genèric que tenen els propietaris de conservar i rehabilitar adequadament els seus edificis de manera que sempre estiguin en condicions d'ús efectiu i adequat.

Amb la publicació d'aquest decret s'inicia el camí per assolir els reptes i objectius recollits en el Pacte Nacional per l'habitatge 2007-2016, signat el 8 d'octubre de 2007 entre el Govern de la Generalitat i entitats i organitzacions relacionades amb el sector de l'habitatge de Catalunya, en relació a vetllar per la qualitat i prestacions del

parc residencial construït, mitjançant el foment del manteniment i la rehabilitació dels edificis i habitatges.<sup>17</sup>

La Llei 18/2007, de 28 de desembre, del Dret a l'Habitatge, configura alhora el marc normatiu pel qual s'ha de regir aquesta matèria i, especialment, el foment de la conservació i rehabilitació dels habitatges i el control periòdic de l'estat dels edificis d'habitatges com una mesura imprescindible per impedir la degradació del parc immobiliari.

Els principals objectius d'aquest decret són: evitar situacions de risc, identificar i quantificar les patologies existents indicant la necessitat d'actuació, proporcionar als usuaris informació que els permeti orientar i prioritzar les seves inversions, fomentar la cultura del manteniment per allargar la vida útil dels edificis i evitar la degradació del parc, introduir el concepte del manteniment preventiu per davant del manteniment correctiu que sempre presenta majors dificultats tècniques i un cost econòmic més elevat, i proporcionar informació a l'Administració sobre la situació real del parc, a fi de poder orientar i valorar correctament les polítiques de rehabilitació.

L'informe de la inspecció tècnica és el document emès pel tècnic competent encarregat de la inspecció visual, on descriu les característiques generals de l'edifici, les possibles deficiències detectades en els seus elements comuns, els terminis per esmenar-les, i finalment, fa una qualificació sobre l'estat general de l'edifici.

S'elabora seguint un model, el qual es pot obtenir al web corporatiu de la Generalitat de Catalunya i al web de l'Agència de l'Habitatge de Catalunya.

L'informe de la inspecció ha de detallar les deficiències detectades en els diversos elements constructius de l'edifici, i les ha de qualificar segons: deficiències greus, deficiències lleus, molt greus, amb deficiències greus, amb deficiències lleus o sense deficiències.

El certificat d'aptitud és el document emès per l'administració competent sobre la base de

<sup>17</sup> Francesc Baltasar i Albesa. Conseller del Departament de Medi Ambient i Habitatge.

l'informe de la inspecció tècnica d'edificis d'habitatges presentat i de les comprovacions que l'Administració (Agència de l'Habitatge de Catalunya) pugui realitzar, en virtut del qual es qualifica la idoneïtat de l'edifici per a l'ús de l'habitatge. Segons quin sigui l'estat general de l'edifici d'acord amb l'informe de la inspecció tècnica, el certificat d'aptitud és qualificat com apte o no apte.

Cal d'estacar que existeix un període límit per passar aquesta inspecció, el qual es mostra a continuació a la *Taula 7.1*.

### 7.5. Incentius des de l'Administració

Hi ha diverses entitats que proporcionen ajudes econòmiques per tal de motivar a la societat a participar en les rehabilitacions tèrmiques dels edificis. També proporcionen programes de conscienciació i educació per tal que els hàbits quotidians redueixin el consum excessiu d'energia.

Empreses com Afelma (*Asociación de Fabricantes Españoles de Lanas Minerales Aislantes*) han creat *Plans de Rehabilitació* amb l'objectiu de motivar al públic a rehabilitar l'envoltant del seu edifici. Concretament el Pla es fonamenta en l'obertura d'una línia de crèdits a baix interès (2%), amortitzables en 10 anys i la concessió d'ajudes públiques per una valor de 6000€ per vivenda, així com en la definició d'un sistema simple d'accés a les ajudes.

Tant l'Institut Català de l'Energia (ICAEN) com el *Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía* (IDAE) han habilitat una partida d'ajudes econòmiques per a aquelles rehabilitacions que comportin una disminució del consum d'energia dels edificis.

En l'àmbit municipal, el Consorci de l'Habitatge de Barcelona fomenta la rehabilitació d'habitatges i edificis d'habitatges de Barcelona amb subvencions a fons perduts i en facilita la tramitació mitjançant la Xarxa d'Oficines de l'Habitatge de Barcelona.

L'Àrea de Medi Ambient impulsa els ajuts que es poden sol·licitar per a millorar acústicament i energèticament els habitatges.

Aquests programes subvencionen les obres en les quals s'instal·li aïllament tèrmic a les façanes, terrats i cobertes dels edificis. Així mateix, existeixen programes de millora de la sostenibilitat i rehabilitació energètica d'edificis o habitatges, on es millorin tèrmica i acústicament les parets i/o tancaments (vidres, fusteries, etc.) mitjançant aïllament tèrmic o instal·lant energies renovables.

Els propietaris dels habitatges i les comunitats de propietaris d'edificis privats poden sol·licitar aquestes subvencions i per beneficiar-se d'aquestes han de complir una sèrie de condicions, com poden ser el pressupost mínim de les obres, el 70% de l'edifici ha d'estar destinat a habitatges d'ús residencial, cal que siguin residència habitual i permanent del promotor de les obres, els edificis han de ser anteriors al 1981, etc.

En relació a les obertures de les façanes, cal nombrar que la Generalitat de Catalunya va fomentar l'11 de gener del 2010 el Pla Renova't, de finestres, obertures i proteccions solars.

### 7.6. Normativa relativa als aïllaments

Al mercat hi ha una gran diversitat de productes d'aïllament tèrmic. El projectista ha de conèixer aquelles característiques tècniques que ha de demanar a aquests productes per a poder-los emprar.

El Document Bàsic d'Estalvi de l'Energia del CTE obliga als aïllants, tant si tenen norma harmonitzada com si no, a estar caracteritzats per una sèrie de propietats i a disposar de la documentació que acrediti les esmentades propietats. Una de les opcions vàlides per complir amb aquest requisit és el marcatge CE.

La Directiva de Productes de la Construcció 89/106/CEE (DPC) estableix dues vies per al marcatge CE dels productes:

- A través d'una norma europea harmonitzada: aquesta via, de caràcter obligatori, s'aplica als productes que s'inclouen dins l'abast d'alguna de les normes que es poden consultar a la *Taula 7.2*.

- A través d'un Document d'Idoneïtat Tècnica Europea (DITE): aquesta via, que és voluntària, s'aplica als productes que no estan coberts per

cap norma harmonitzada. El DITE esdevé la norma particularitzada per al producte i fabricant en qüestió, i és elaborat sota petició del fabricant per un institut autoritzat membre de l'EOTA (European Organization for Technical Approvals).

També és aplicable a aïllants no tradicionals, basats en materials d'origen natural o materials reciclats, com podrien ser la llana d'ovella, el suro, el cotó, les fibres de fusta, la cel·lulosa, etc.

Aquests materials estan fets de fibres d'origen animal, a partir de retalls tèxtils desfibrats, o partir de paper reciclat, etc. La seva presentació també varia, presentant-se al mercat en forma de feltres, mantells, taulers o material solt en flocs que se subministra en bales. El marcatge CE d'aquests aïllants els permet competir en les mateixes condicions, quant a informació tècnica del producte, que els aïllants que tenen norma harmonitzada, aportant la informació necessària per al projector.

Si ens referim al context espanyol, però, sempre és obligatòria l'acreditació i garantia de les prestacions del producte, segons la Llei d'Ordenació de l'Edificació (LOE) per part del subministrador.

En aquest sentit, el marcatge CE per la via del DITE és una eina reconeguda a tal efecte, si bé en aquest cas cal acompanyar el marcatge CE amb el propi document DITE, atès que en aquest document el projectista hi trobarà aspectes importants del producte, com poden ser les característiques tècniques, les condicions d'ús o la posada a l'obra, que materialment no es poden recollir en el propi marcatge CTE.

Recentment, l'ITeC ha emès dos DITE's, un d'aïllant de fibres de cotó i un segon de llana d'ovella, que es poden consultar a la corresponent pàgina web de l'organisme.

### 7.7 El sistema Dap'c® (Declaració Ambiental de Productes de Construcció):

Actualment, el Col· està liderant juntament amb el Departament de Medi Ambient i Habitatge de Catalunya un projecte sobre Ecoetiquetes Tipus III o Declaracions Ambientals de Producte centrat en el sector de la construcció, o el que és el mateix, el sistema Tapa's.

La certificació Dap'c® és un sistema d'ecoetiquetatge d'EPD (Environmental Product Declaration) de la construcció pioner a Espanya reglat per la ISO 14.025 i seguint les directrius de l'esborrany de norma europea. Les Declaracions Ambientals de Producte aporten informació objectiva de l'impacte ambiental dels productes i són un instrument útil per al compliment de la legislació vigent i per a la millora ambiental del sector de la construcció.

L'objectiu és aglutinar aquelles empreses fabricants que volen comprometre's amb la millora ambiental dels seus processos productius amb la finalitat última de dotar al sector de la construcció de la transparència mediambiental necessària perquè els tècnics i professionals puguin prendre les decisions oportunes a l'hora d'escollir els productes a utilitzar en els seus projectes segons criteris mediambientals, més enllà dels estètics, econòmics i funcionals.

Antiguitat de l'edifici	Termini màxim
Anteriors a 1930	Fins al 31/12/2012
Entre 1931 i 1950	Fins al 31/12/2013
Entre 1951 i 1960	Fins al 31/12/2014
Entre 1961 i 1970	Fins al 31/12/2015
A partir de 1971	Fins al 31/12 de l'any en que l'edifici assoleix els 45 anys d'antiguitat.

Taula 7.1: Termini màxim per passar la inspecció depenent de l'antiguitat de l'edifici, segons el Decret 187/2010.

Productes aïllants manufacturats	Norma harmonitzada
Llana Mineral (MW)	UNE-EN 13162
Poliestirè Expandit (EPS)	UNE-EN 13163
Poliestirè Extruït (XPS)	UNE-EN 13164
Escuma de poliuretà (PUR)	UNE-EN 13165
Escuma fenòlica (PF)	UNE-EN 13166
Vidre cel·lular (CG)	UNE-EN 13167
Llana de fusta (WW)	UNE-EN 13168
Perlita expandida (EPB)	UNE-EN 13169
Suro Expandit (ICB)	UNE-EN 13170
Fibra de fusta (WF)	UNE-EN 13171

Taula 7.2: Normes harmonitzades de productes aïllants per a aplicacions en l'edificació. Font: L'Informatiu 327.



Les Declaracions Ambientals de Producte (Environmental Product Declaration EPD) es fonamenten en unes directrius ISO i s'han vingut desenvolupant durant els últims 10 anys en alguns països europeus com França, Alemanya, Suècia, Regne Unit, Holanda, Finlàndia o Noruega, així com a EUA, Canadà, Japó o Corea.

Les Declaracions Ambientals de Productes tenen com a finalitat aportar informació quantitativa i desglossada dels diferents impactes ambiental que pot ocasionar un producte al llarg del seu cicle de vida.

Són conegudes com "Ecoetiquetes tipus III", i és per això que no defineixen uns criteris sobre la preferència ambiental dels productes ni estableixen uns requisits mínims a complir, simplement informen. Es tracta d'una avaluació global dels impactes mediambientals d'un producte des del seu origen fins al final de la seva vida útil. Això es fa utilitzant el mètode d'Anàlisi del Cicle de Vida (ACV), seguint les regles que s'estableixen per a cada Categoria de Producte sobre una base científica o reglamentària.

Són diferents els paràmetres que s'analitzen, però de manera genèrica podem comentar: Consum energètic, esgotament de recursos; consum d'aigua; residus sòlids; canvi climàtic, acidificació atmosfèrica; contaminació de l'aire i l'aigua; destrucció de la capa d'ozó; formació d'ozó fotoquímic, etc.

Avui dia ja existeix legislació que regula aquest aspecte. El Decret d'Ecoeficiència, d'aplicació a l'àmbit de Catalunya, diu a l'article 6.2 que com a mínim, al construir un edifici hauríem d'utilitzar una família de productes que tingui distintiu de garantia de qualitat ambiental de la Generalitat de Catalunya, etiqueta ecològica de la UE, marca AENOR Medioambiente, o qualsevol altra etiqueta ecològica tipus I, d'acord amb la norma UNE-EN ISO 14.024/2001 o tipus III, d'acord amb la norma UNE 150.025/2005 IN.

Segons l'organització internacional de normalització ISO hi ha tres tipus d'etiquetes:

**TIPUS I:** distingeixen aquells productes que tenen un millor comportament ambiental en relació a la mitjana del mercat. Son atorgades per un

organisme oficial que edita una sèrie de criteris. Si l'empresa els compleix se li atorga l'ecoetiqueta.

**TIPUS II:** són autodeclaracions que fa el fabricant on explica alguna propietat del producte que el distingeix a nivell ambiental, com per exemple que estigui fet amb material reciclat o que es consumeixi poca energia per fabricar-lo.

**TIPUS III:** a diferència de les altres, el fabricant no diu que el seu producte és millor. Senzillament, dona informació objectiva sobre quin és el impacte del producte al llarg de tota la seva vida útil. En aquest cas, el consumidor ha de comparar la informació per saber quin producte és millor.

Cal mencionar els òrgans assessors experts que han col·laborat durant l'execució del sistema i que encara avui continuen establerts com a òrgans de consulta.

El Consell Assessor està format per professionals independents que representen a les parts interessades en el desenvolupament de les declaracions ambientals de producte en el sector de la construcció: administracions, usuaris, associacions, compradors, institucions independents, organitzacions no governamentals i d'altres entitats.

A continuació es mostren totes aquelles entitats que formen part d'aquest consell:

- Agència de l'Habitatge de Catalunya
- Applus
- Asociación Española de Promotores Públicos de Vivienda y Suelo (AVS Cataluña)
- Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT)
- CIDEMCO Centre de Investigación Tecnológica
- Científicos por el Medio Ambiente (CIMA)
- Col·legi d'Arquitectes de Catalunya (COAC)
- Col·legi Enginyers Industrials de Catalunya (EIC)
- Col·legi d'Enginyers Tècnics Industrials de Barcelona (CETIB)
- Col·legi d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Catalunya (CECCP)

- Departament de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya
- Escola Superior de Comerç Internacional (ESCI)
- iMat – Centro Tecnológico de la Construcción
- Institut Català del Sòl (INCASÒL)
- Instituto Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja
- LABEIN
- Ministerio de Vivienda (Gobierno de España)
- Universidad Politécnica de Madrid (UPM)
- Universitat Autònoma de Barcelona (UAB)
- Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

Dels nou Dap'c que disposa el Col·legi d'Aparelladors, Arquitectes Tècnics i Enginyers de l'Edificació de Barcelona, tres d'ells corresponen a productes aïllants.

Per últim, cal mencionar que les entitats verificadores són professionals o institucions que han demostrat competència tècnica per determinar si la Declaració Ambiental de Producte (Tapa's®) elaborada per una empresa compleix amb les normes internacionals i els requisits del sistema.

Actualment, el sistema disposa d'una entitat verificadora autoritzada, estan en curs noves acreditacions. Aquesta entitat és el Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya.



#### Declaració Ambiental del Producte:

P0051 Panel feltre de 50mm.

Empresa: Ursa Uralita.

Font: Col·legi d'Aparelladors, Arquitectes Tècnics i Enginyers de l'Edificació de Barcelona.

## 8. METODOLOGIA D'ANÀLISI

Al llarg del projecte s'han posat de manifest els factors que s'han de tenir presents a l'hora de llançar propostes de rehabilitació energètica de façanes.

Aquest últim capítol presenta una metodologia esquemàtica que engloba tots els elements, a més de les façanes, aquells que conformen la pell de l'edifici amb l'objectiu de reduir el comportament tèrmic d'aquests.

Aquesta metodologia està estructurada en quatre fases:

- Objectius específics
- Dades d'arquitectura
- Dades de construcció
- Avaluació del comportament tèrmic
- Línies d'actuació

### 8.1. Objectius específics

- Identificar, analitzar i valorar els sistemes constructius des del comportament tèrmic.
- Desenvolupar i extraure conclusions que combinin la conservació i rehabilitació de les edificacions existents proposant estratègies que disminueixin la despesa dels consums i, per tant, millorin l'eficiència energètica.
- Discutir i definir, dins dels sistemes de rehabilitació energètica mitjançant l'aplicació d'aïllament tèrmic, quin sistema pot adaptar-se millor a les necessitat de l'edifici.
- Conèixer l'eficàcia de la solució i el percentatge de millora de l'estalvi energètic de cadascuna de les propostes.

### 8.2. Dades d'arquitectura

Les dades d'arquitectura permeten fer una primera aproximació a l'edifici amb l'objectiu de conèixer característiques com l'orientació, l'emplaçament i, en definitiva, de quina manera es relaciona amb el seu entorn.

Cal utilitzar totes les fonts documentals disponibles per tal de recollir les dades existents i contrarestar-les amb la primera aproximació a l'edifici: registre fotogràfic, plànols cadastrals, plànols d'arxius, etc.

A l'hora de registrar les dades obtingudes, s'han de separar de forma *gràfica*, actualitzant els plànols existents dels edificis i enregistrent els canvis substancials de la forma i de l'envoltant; i *estadísticament*, traduint a valors comparables les dades genèriques de l'arquitectura de l'edifici (volum, superfícies totals, proporció de superfície massissa-buida de façanes, etc.).

Cal conèixer l'edifici al màxim familiaritzant-se amb tots els seus elements i sistemes i, en el cas d'edificis històrics, buscar bibliografia de referència que ens situï en el context històric en què es varen construir.

### 8.3. Dades de construcció

Les dades de construcció han de donar la informació sobre com treballa l'edifici i quin és el paper de l'envoltant. S'ha d'obtenir la màxima informació de la tipologia constructiva de l'edifici.

Per realitzar aquesta etapa, és necessari disposar d'una informació detallada, que hauria de provenir de la mateixa memòria constructiva de l'edifici. Si això no és possible, cal obtenir-la mitjançant la recerca "*in situ*" mitjançant cales d'inspecció i realitzant l'aixecament de les seccions constructives o dels detalls constructius més característics de l'edifici.

A partir de les dades extretes de l'aixecament, cal obtenir els valors que caracteritzen el nivell d'aïllament, la capacitat de transmissió, la conductivitat, la permeabilitat, etc. de tots els elements que constitueixen l'envoltant de l'edifici.

### 8.4. Avaluació del comportament tèrmic

Seguint les regles i procediments del *DB- HE1: Limitació de la demanda energètica*, els edificis han de disposar d'una envoltant de característiques tals que limiti adequadament la demanda energètica necessària per assolir el benestar tèrmic en funció de:

- El clima de la localitat.
- L'ús de l'edifici.
- Les condicions climatològiques de l'emplaçament en règim d'estiu i d'hivern.
- Les característiques d'aïllament i d'inèrcia dels elements que conformen l'edifici.
- La permeabilitat a l'aire.
- L'exposició a la radiació solar.
- La reducció del risc d'aparicions d'humitats de condensacions superficials i intersticials que puguin perjudicar.
- Tractant adequadament els ponts tèrmics per limitar pèrdues o guanys de calor, evitant així problemes higrotèrmics en els mateixos.

Un cop analitzats els valors de la transmitància tèrmica de tots els elements que formen la pell de l'edifici, es procedeix a l'anàlisi global del conjunt per tal de comparar les dades amb els valors límits que exigeix la normativa i conèixer el compliment o no d'aquests paràmetres.

### 8.5. Línies d'actuació

Una vegada identificades les deficiències i les oportunitats de millora de la qualitat de la pell de l'edifici, es poden comportar actuacions com:

- Col·locació d'elements de protecció solar: ràfecs, lames, vegetació, etc.
- Incorporació o reforç de l'aïllament dels tancaments exteriors o dels espais interiors respecte de zones no climatitzades.
- Correcció de ponts tèrmics.
- Substitució de materials en mal estat de conservació.
- Afavoriment de la ventilació natural creuada.

### 8.6. Conclusions

La finalitat ha estat millorar les solucions existents realitzant una Metodologia que incorpora l'anàlisi dels sistemes constructius i la millora de la transmitància tèrmica que suposa una rehabilitació. Es vol impulsar la rehabilitació sostenible a través de pautes que orientin futures intervencions constructives, de control i millora en els paràmetre d'habitabilitat i de sostenibilitat dels recursos disponibles per tal d'optimitzar en lo possible el comportament tèrmic, gestió i durabilitat dels materials.

Dades d'arquitectura
La situació i l'emplaçament de l'edifici. La zona climàtica L'orientació. Els efectes d'ombra. Data de construcció Arquitecte Ús de l'edifici Identificació cadastral
Dades de construcció
Dades generals de l'edifici Nombre de plantes Altura façana Longitud façana Profunditat edificable Tipologia constructiva Informació gràfica Plànols d'alçats Plànols seccions Plànols plantes Detalls constructius Estat de conservació Anàlisi lesions Descripció constructiva dels tancaments Parament Façana principal, posterior i mitgeres. Obertures Proteccions solars Elements sortints Elements singulars Sostres Coberta
Càlcul del comportament tèrmic
Murs Sostres Cobertes Buits
Línies d'actuació
Intervenció en les lesions Possibilitats d'actuació Pressupost
Resultats
Estimació de l'estalvi energètic en relació a la disminució de la transmitància tèrmica.



## CONCLUSIÓ

En els últims anys està creixent l'interès de la societat per realitzar una millor gestió de l'energia, augmentant l'exigència d'estalvi i l'eficiència energètica per obtenir així una reducció de consums i en conseqüència estalvis econòmics, un menor impacte mediambiental i una major sostenibilitat de les fonts d'energia convencionals. Hem explotat els recursos no renovables de tal manera que ara que la societat comença a ser conscient i a espantar-se, es comença a pensar en altres opcions, la rehabilitació.

Amb aquest projecte hem intentat profunditzar en el comportament de les façanes de l'Eixample, que al nostre parer, pateixen una ignorància constructiva respecte als paràmetres ambientals amb els que avui en dia convivim. Es pot dir que l'estalvi energètic a partir de la limitació de la demanda en la pell dels edificis no s'ha considerat intrínsec a la rehabilitació de les façanes, i que aquest tipus d'intervencions han estat certament minoritàries a l'Eixample<sup>18</sup>.

Donat que l'objectiu del nostre treball era identificar les mancances que els edificis de l'Eixample tenien en quant a comportament energètic des del punt de vista de la pell, hem treballat en les següents línies:

- Anàlisi dels sistemes constructius amb la intenció d'avaluar-los des del punt de vista de l'eficiència energètica i la limitació de la demanda. En conseqüència, càlcul del comportament tèrmic.
- Identificació i catalogació del parc edificat, que en 150 anys, aproximadament, ha hagut d'adaptar-se a diversos models d'edificació segons les ordenances municipals, les tecnologies constructives i les necessitats socials.
- Classificació de les mançanes recopilades dels projectes proporcionats pel *Departament d'Expressió Gràfica Arquitectònica II* segons l'any de construcció amb la finalitat d'averiguar quin estil predomina a l'Eixample; el Premodernisme en particular i l'estil tradicional en general.
- Elecció d'una mançana, que contingués edificis amb la major diversitat d'estils possible, per fer un estudi més acurat.
- Redacció sobre la normativa que afecta a les rehabilitacions, diferenciant entre grans reformes, les quals han de complir els paràmetres més exigents entre el Codi Tècnic i el Decret d'Ecoeficiència, en el cas de Catalunya, i les petites reformes les quals no tenen encara vigent ninguna normativa aplicable. S'ha fet una lectura ràpida de la normativa europea, l'estatal i la catalana, incidint també en els incentius que proporcionen les administracions de cara a les rehabilitacions per motivar a la societat cap a la rehabilitació energètica.
- Recopilació d'informació de les característiques dels diversos tipus d'aïllaments que actualment hi ha al mercat per a la darrera comparació de les seves prestacions.
- Elaboració d'unes propostes d'intervenció per a la millora dels paràmetres característics de les envolvents prenent la normativa actual (CTE) com a referent.

Amb tot, s'ha conformat una metodologia consistent en l'anàlisi, el processament de dades i l'avaluació de diferents solucions constructives per a la rehabilitació de les façanes. Creiem que aquest projecte pot ser una bona eina per aconseguir alguns dels objectius del "Manifest: El repte de la Rehabilitació",

signat el passat 23 d'abril de 2009 per associacions i col·legis professionals i en el que s'apostava per impulsar la recerca aplicada en el camp de la rehabilitació i el manteniment.

La realització d'aquest projecte ha estat molt gratificant degut als diversos àmbits que engloba. La combinació d'investigació, recerca i suposició han fet d'aquest una font d'idees per seguir treballant dins d'aquest camí. Volem que la rehabilitació deixi de ser un pensament i es converteixi en un fet. Enreure ha de quedar la *Barcelona guapa i segura* per deixar pas a la *Barcelona guapa, segura i eficient*.

Creiem fermament que les rehabilitacions energètiques a partir de les intervencions en les pells dels edificis són una eina que permet donar nous valors al patrimoni arquitectònic construït sense renunciar als actuals paràmetres de confort i sempre sota criteris de sostenibilitat.

<sup>18</sup> Segons les dades proporcionades per l'empresa mixta ProEixample, de les intervencions realitzades en els darrers 15 anys relacionades amb les envolvents dels edificis, només un 20% s'han considerat de millora de l'aïllament tèrmic i acústic.

## BIBLIOGRAFIA

### Normativa:

- CTE-DB-HE1. Document bàsic de la Limitació de la Demanda Energètica.
- CTE-DB-S. Document bàsic de Salubritat.
- Real Decret 47/2007, del 19 de gener, pel que s'aprova el Procediment bàsic per a la certificació d'eficiència energètica.
- Decret 21/2006, del 14 de febrer, pel qual es regula l'adopció de criteris ambientals i d'ecoeficiència en els edificis.
- Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiència energètica dels edificis.
- Ordenança de Rehabilitació i Millora de l'Eixample. 22/11/2002
- Reial Decret 21/2006, de 14 de febrer, pel qual es regula d'adopció de criteris ambientals i d'ecoeficiència en els edificis.

### Llibres consultats:

- *Los orígenes del Ensanche de Barcelona. Suelo, técnica e iniciativa*; Autor: Miquel Corominas i Ayala; Edicions UPC.
- *Secrets d'un sistema constructiu. L'Eixample*; Autor: Antonio Paricio Casademunt; Edicions UPC.
- *La fachada de ladrillo*; Autor: Ignacio Paricio; Editorial: Bisagra.
- *Catálogo de elementos constructivos del Código Técnico de la Edificación*; Redacció: Institut Eduardo Torroja de ciències de la construcció amb la col·laboració de CEPCE i AICIA.
- *La protección solar*; Autor: Ignacio Paricio; Editorial: Bisagra.
- *Reconeximent, diagnosi i intervenció a les façanes*; Autors: Rafael Belmont Ribas, Antoni Paricio Casademunt i Núria Vila Martínez; Publicat per l'ITEC.
- *Arquitectura i energia natural*; Autors: Rafael Serra Florensa i Helena Coch Roura; Edicions UPC.
- *Cerdà i la Barcelona del futur. Realitat versus projecte*; Una producció de l'Any Cerdà, la Diputació de Barcelona i l'Ajuntament de Barcelona.
- *34 kg de CO2*; Autors: Toni Solanas, Dani Calatayud, Coque Claret; Departament de Medi Ambient i Habitatge.
- *Estudi Tecnològic dels aïllaments tèrmics a Catalunya en l'àmbit de l'Edificació*; Autor: Josep Solé i Grup Uralita; Publicat per la Generalitat de Catalunya i l'Institut Català de l'Energia (ICAEN).
- *Guia de Aplicaciones de Aislamiento de EPS en Edificación*; Publicat per ANAPE.
- *Guia Técnica para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios*; Publicat per l'IDAE.
- *Guia de Rehabilitación Energética de Edificios de viviendas*; Publicat per ANDIMA.
- *Guia de la renovació energètica d'edificis d'habitatges. Envolupant tèrmica i instal·lacions*; Publicat per la Generalitat de Catalunya: Departament de Medi Ambient i Habitatge.
- *Guia Técnica para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios con Sistemas Compuestos de Aislamiento Térmico por el Exterior (SATE)*; Publicat per l'IDAE.
- *Avaluació Energètica d'edificis. L'experiència de l'UPC, una metodologia d'anàlisi*; Autors: Montserrat Bosch, Fabian López, Inmaculada Rodríguez i Galdric Ruíz; Edicions UPC.
- *Nuevo diccionario politécnico de las lenguas*, Autor: Federico Beigbeder Atienza, Ediciones: Días de Santos SA.

### Ponències: Congrés de Rehabilitació i Sostenibilitat. El futur és possible.

- *Un marco normativo para los edificios existentes*?. Autor: Servando Álvarez Domínguez.
- *Estrategias para la rehabilitación energética sobre dos cascos históricos en Hondarribia*. Autor: Lauren Etxepare Igiñiz.
- *Rehabilitación integral del interior de las viviendas*. Autor: Juan Briz Caro.

### Projectes UPC:

- *Catálogo i aixecament arquitectònic de les façanes de l'Eixample*; Autors: alumnes EPSEB; Tutor: Julio Iglesias. Departament d'Expressió Gràfica Arquitectònica II.

- *Estat Actual d'una mostra de les façanes de l'època Modernista de Barcelona*; Autors: Marta Casas i Yolanda Fernández; Tutors: Joan Ramon Rosell i Judith Casas.

### Pàgines web consultades:

- [www.bcn.es/urbanisme](http://www.bcn.es/urbanisme)
- [www.proeixample.es](http://www.proeixample.es)
- [www.gentcat.cat](http://www.gentcat.cat)
- [www.idae.es](http://www.idae.es)
- [www.itec.es](http://www.itec.es)
- [www.bcn.es/guia/bcnpicc.html](http://www.bcn.es/guia/bcnpicc.html)
- [www.generadordeprecios.info/rehabilitacion](http://www.generadordeprecios.info/rehabilitacion)

### Empreses comercials:

- [www.knaufinsulation.es](http://www.knaufinsulation.es)
- [www.ursa.es](http://www.ursa.es)
- [www.rockwool.es](http://www.rockwool.es)
- [www.atempa.org](http://www.atempa.org)
- [www.ursa.es](http://www.ursa.es)
- [www.rmt-nita.es](http://www.rmt-nita.es)
- [www.bioklimanautre.com](http://www.bioklimanautre.com)
- [www.ecohabitar.org](http://www.ecohabitar.org)
- [www.isolana.es](http://www.isolana.es)
- [www.termofitex.com](http://www.termofitex.com)
- [www.maydisa.com](http://www.maydisa.com)
- [www.polydros.es](http://www.polydros.es)
- [www.aisleco.com](http://www.aisleco.com)
- [www.panel-roc.com](http://www.panel-roc.com)
- [www.hiperpol.es](http://www.hiperpol.es)
- [www.intropol.es](http://www.intropol.es)
- [www.isover.net](http://www.isover.net)
- [www.cannabric.com](http://www.cannabric.com)
- [www.ecomarc.es](http://www.ecomarc.es)
- [www.climalit.es](http://www.climalit.es)
- [www.metalco.es](http://www.metalco.es)
- [www.finstral.com](http://www.finstral.com)
- [www.saint-gobain-glass.com](http://www.saint-gobain-glass.com)

### Revistes:

- Tectòniques 4, 10, 28, 31 i 33.
- Cercha 107. Comentari: Xavier Casanovas.
- L'informatiu 326 i 327. Col·legi d'Aparelladors, Arquitectes Tècnics i Enginyers d'Edificació de Barcelona.
- CIC 477: Publicació mensual sobre Arquitectura i Construcció. Juliol – Agost 2010.

### Entitats:

- Arxiu Municipal Administratiu de Barcelona – Catàleg de microfilms de plànols històrics. C/Bisbe Caçador, 4, baixos (Ciutat Vella) 08002 – Barcelona
- Arxiu Municipal del Districte de l'Eixample. Aragó, 311 (Eixample) 08009 – Barcelona.
- Proeixample S.A. C/ València, 307, 1r 2a. 08009, Barcelona.
- ITeC (Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya).



## AGRAIMENTS

Al finalitzar un projecte és inevitable recapacitar sobre les persones i institucions que han fet possible la realització d'aquest. És per aquest motiu que fer un escrit d'agraïments, sent justes i conseqüents amb les persones que ens han ajudat, resulta un plaer.

Durant el transcurs d'aquest projecte hem pogut extreure de moltes persones paraules, agraïments, ajuda, bondat, amistat i ànims que ens han ajudat a madurar tant en l'aspecte professional com en el personal. És per aquest motiu que volem agrair a diverses persones la seva ajuda, perseverança i paciència.

Entre elles voldríem agrair, de manera especial i sincera a la nostra tutora del PFG, la seva disposició per guiar-nos en aquest camí, les seves correccions, les discussions acalorades que han beneficioses tant a nivell científic com personal, però sobretot li volem agrair la seva qualitat humana davant les nostres crisis existencials.

D'altra banda, volem agrair als nostres companys de professió l'ajuda oferta, directa o indirectament, mitjançant projectes, llibres i ponències. I en aquest punt, cal donar les gràcies a totes aquelles empreses i administracions públiques o privades, que ens han facilitat tot tipus de dades i ens han ajudat a entendre conceptes que no s'extreuen dels llibres.

Per suposat, l'agraïment més profund i sentit va per a les nostres respectives famílies que sense el seu recolzament, col·laboració i paciència hagués estat impossible portar a terme aquest treball.

Per últim volem, ambdues, agrair-nos recíprocament l'ajuda, l'amistat, l'esforç i tot el coratge dipositat per tal que aquest projecte tirés endavant i es convertís en un fet.