

Tesi Doctoral

Els blocs plurifamiliars acollits a polítiques públiques d'habitatge
a Sabadell.

Construcció amb sistemes de murs de càrrega.

Període 1940 - 1980

Laia Marín i Sellarés

Director: Prof. Antoni Paricio Casademunt

Doctorat en Tecnologia de l'Arquitectura, Edificació i Urbanisme

Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Vallès (ETSAV)

Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

Tesi presentada per obtenir el títol de Doctora per la Universitat Politècnica de Catalunya

Barcelona, Maig 2017



Agraïments

A totes les persones i tècnics que desinteressadament m'han ajudat en el desenvolupament de la tesi:

A tots aquells veïns anònims que m'han donat accés als seus edificis.

A Gerard Osete, Raquel Pascual i Núria Sabaters per l'ajuda en la del·lineació; Josep Beltran, Joan Ramón Blasco, Robert Brufau, Jaume Cleries Basco, Carlos Fernandez, Pere Mateu, Jesús Perez Lluch, José Linares Salido, Xavier Sauquet, Vila, pel seu coneixement tècnic.

Als tècnics de l'Archivo Central del Ministerio de Fomento, de l'Arxiu del Col·legi d'Arquitectes de Catalunya, de l'Arxiu Nacional de Catalunya, de la Fundació Bosch i Cardellach de Sabadell, de l'Institut d'Estudis Fotogràfics de Catalunya, de l'Arxiu de VIMUSA; tot l'equip de l'Arxiu Històric de Sabadell i en especial a Estefania Castro, Laura Fernández, Montse Mañosa, Antonio Onetti , Jordi Torruella, i Joan Comasòlivas.

Al meu director de tesi.

Als meus amics i a la meva família.

Resum

El fet que en l'època de postguerra hi hagués una gran falta d'habitatge porta a l'Estat espanyol a dur a terme polítiques d'habitatge amb ajuts econòmics a tots aquells projectes que s'ajustessin a unes condicions determinades tant constructives com de cost.

Entre les tipologies estructurals utilitzades en aquestes promocions, el mur d'obra de fàbrica com element estructural és un dels més utilitzats, trobant-lo tant en edificacions baixes com en edificacions no tant baixes on s'aprofita l'obra de fàbrica fins als seus límits des d'un punt de vista tècnic actual.

Aquesta edificació construïda entre els anys 40 i 80 del s. XX és una edificació actualment en ús, on cal dur a terme algunes actuacions de reparació i manteniment pel pas del temps i que posa en consideració la necessitat o no de realitzar alguna actuació més a part de la simple reparació dels elements malmesos. Per tal de conèixer el comportament estructural de l'obra de fàbrica construïda des de postguerra fins al final del període de construcció amb mur de càrrega com element estructural, i per poder avaluar la necessitat de dur a terme actuacions de reforç, s'analitza el comportament estructural dels edificis plurifamiliars acollits a les polítiques de promoció pública que es duen a terme en el període d'estudi a la ciutat de Sabadell, una de les ciutats de Catalunya amb un gran creixement demogràfic i falta d'habitatge en el període d'anàlisi.

La mostra està extreta dels projectes inclosos a 172 llicències d'obres de l'Ajuntament de Sabadell acollits a les polítiques públiques d'habitatge, a través de la documentació dipositada a l'Ajuntament consistent en plànols i memòries tècniques. Després ha estat contrastat amb els models primaris, visitant-los exteriorment i en els casos que ha estat possible accedint als interiors.

En tot aquest període hi ha una evolució molt significativa de les normes, des de la falta de les mateixes en el primer període d'anàlisi, fins a un sistema completament reglat al final del període. En el present treball s'exposa aquesta evolució per tal d'entendre el sistema constructiu i estructural així com la seva evolució, portant a terme les comparacions necessàries per poder analitzar en quin estat es troben actualment aquestes estructures de suport.

Es comprova la capacitat resistent de l'obra de fàbrica dels edificis que mostren les condicions més adverses, en les diferents tècniques i normes que hi hagut al llarg del període d'estudi per tal de ser comparat i després poder avaluar la situació actual a la que es troben aquestes edificacions en ús a dia d'avui.

Les conclusions i aportacions de la present tesi doctoral fan referència a: l'evolució constructiva de l'obra de fàbrica com element estructural entre la dècada dels 40 i 80 del s. XX, i al coneixement del model estructural. Evolució del marc normatiu i sistemes de càlcul del període per ser analitzats des de l'actualitat. Propostes d'actuació en els edificis actuals davant de determinades deficiències.

Transversalment, s'aporta l'evolució tipològica dels edificis acollits a polítiques de promoció pública i l'evolució del marc normatiu que les acull.

Índex

Índex general

Agraïments	3
Resum.....	5
Índex.....	7
Índex general.....	7
Índex de les figures.....	11
1. Justificació i objecte de la recerca	13
1.1 Justificació.....	13
1.2 Objectiu de la recerca	14
2. Estat de la qüestió.....	15
2.1 Context històric de la ciutat de Sabadell	15
2.2 Tipologia edificatòria de l’habitatge acollit a les polítiques de promoció públiques	18
2.2.1 Tipologies dels habitatges de promoció pública.....	18
2.2.2 Sistemes constructius dels habitatges a Catalunya	19
2.2.3 Sistemes constructius dels habitatges fora de Catalunya.....	20
2.3 Marc normatiu de la promoció d’habitatge amb polítiques públiques	21
2.4 Marc normatiu i tècnic per la construcció amb obra de fàbrica	23
2.4.1 Normes sobre les càrregues a les que es sol·licita l’edifici.	25
2.4.2 Norma sísmica en el període d’estudi.	26
2.4.3 Normes i coneixements tècnics referent a l’obra de fàbrica.....	27
2.4.4 Altres normes i publicacions tècniques	29
3. Metodologia.....	31
3.1 Límits: temporal, geogràfic, tipus constructiu, mínim número d’entitats	31
3.1.1 Límit: temporal.....	31
3.1.2 Límit: geogràfic.....	31
3.1.3 Límit: tipologia constructiva	32
3.1.4 Límit: número d’entitats.....	32
3.2 Estat de la qüestió.....	33
3.3 Selecció de la mostra d’anàlisi	33
3.3.1 Recerca de la documentació gràfica i escrita.....	33
3.3.2 Selecció del mostratge.....	34
3.4 Procés d’anàlisi de la mostra	36
3.4.1 Recopilació de documentació gràfica i escrita dels projectes	36
3.4.2 Inspecció visual	37

3.4.3 Anàlisi a partir de les fitxes i inspeccions	37
3.4.4 Càlculs	38
3.5 Conclusions	38
4. Anàlisi de la mostra.....	39
4.1 Classificació de la mostra.....	40
4.1.1 Disposició dels elements estructurals verticals respecte la façana	41
4.1.2 Tipologia dels murs de trava i distàncies entre ells	45
4.1.3 Tipologia de la ceràmica	46
4.1.4 Relació de la llum i el tipus de bigueta.....	50
4.1.5 Existència de congrenys i la seva col·locació respecte el forjat.....	51
4.2 Altres aspectes de la mostra.....	52
4.2.1 Planta baixa: ús i tipologia estructural.....	53
4.2.2 Alçades dels edificis	54
4.2.3 Estats de càrrega del projecte respecte el context històric.....	56
5 Anàlisi dels condicionants tècnics i normatius.....	59
5.1 Estats de càrrega.....	59
5.2 Prescripcions constructives	60
5.3 Resistència de l'obra de fàbrica.....	61
5.3.1 Anterior a la dècada dels seixanta	61
5.3.2 Recomanacions tècniques a la dècada del 60	62
5.3.3 Nova norma MV-201-1972	68
5.3.4 Comparació del sistema de càlcul al llarg del temps d'estudi	70
6. Càlcul de la tensió de treball de la fàbrica.....	73
6.1 Base del càlcul.....	73
6.1.1 Cassinello teoria 1960	73
6.1.2 Teoria Haller.....	74
6.1.3 Sistema simplificat de la MV-201-1972.....	76
6.2 Tensió de treball de la fàbrica de la mostra.....	78
6.2.1 Tensió màxima en els edificis més alts	79
6.2.2 Tensió màxima en els edificis amb llums més grans paral·lels a façana (1a)	82
6.2.3 Tensió màxima en els edificis amb llums més grans perpendiculars a façana (1b)	84
6.2.4 Tensió màxima en els edificis que les llums estan més descompensades	86
6.2.5 Tensió màxima segons la sobrecàrrega màxima a la que està sol·licitada	87
6.2.6 Quadre resum	88
7. Conclusions de l'anàlisi.....	91
7.1 Sistema estructural i constructiu.....	91
7.1.1 Disposició de l'estructura	91
7.1.2 Disposició dels murs de trava.....	91
7.1.3 Tipus de fàbrica ceràmica.....	92

7.1.4 Tipus de sostres	92
7.1.5 Disposició del congreny de lligat	93
7.2 Altres aspectes	93
7.2.1 Ús de la planta baixa en relació al tipus d'estructura portant	93
7.2.2 Estats de càrrega	94
7.2.3 Capacitat resistent de la fàbrica	94
8. Conclusions de la recerca	95
8.1 Metodologia aplicada	95
8.2 Evolució de les normes sobre polítiques públiques d'habitatge	95
8.3 Evolució de les normes i coneixements tècnics de l'obra de fàbrica	96
8.4 Característiques i variants tipològiques	97
8.4.1 Disposició dels elements verticals	97
8.4.2 Estabilitat de l'edifici i murs de trava	97
8.4.3 Els forjats emprats	98
8.4.4 Lligat del mur i el forjat	98
8.4.5 Concordança entre l'ús de la planta baixa i els elements estructurals	99
8.4.6 Alçada de les edificacions	99
8.5 Lesions existents actualment als edificis	99
8.6 Actuacions necessàries als edificis	100
8.7 Futures línies de recerca	100
9. Bibliografia i fonts consultades	101
9.1 Normes:	101
9.1.1 Normes tècniques	101
9.1.2 Normes sobre les promocions públiques d'habitatge	102
9.2 Bibliografia	102
9.2.1 Història de Sabadell	102
Publicacions tècniques:	103
9.2.2 Articles de revistes:	104
9.2.3 Tesis doctorals i treballs acadèmics:	104
9.3 Fonts d'informació	105
Annexes	107
Annex A	109
Entrevistes realitzades	109
Entrevista Director Operatiu de Rehabilitació i Millora de l'Habitatge a l'Agència d'Habitatge de Catalunya	111
Entrevista arquitecte expert en càlcul d'estructures en període d'anàlisi	113
Entrevista arquitecte projectista en el període d'anàlisi	117
Annex B	121
Càlculs	121

Índex

Annex C.....	133
Llistat de promotors.....	133
Annex D	141
Fitxes dels edificis	141
Índex cronològic dels expedients	143
Fitxa tipus.....	148
Fitxes expedients.....	151
Índex numèric.....	699
Annex E Quadre resum.....	703

Índex de les figures

Figura 1. Gràfica de l'evolució demogràfica publicada al llibre, Sabadell Ciutat 125 anys, pag.10 editat pel Museu d'Història de Sabadell (Domènech Sampere 2002).....	15
Figura 2. Plànol de Sabadell publicat al llibre Sabadell Ciutat 125 anys, pag11, editat pel Museu d'Història de Sabadell (Domènech Sampere 2002)	17
Figura 3. Esquema dels diferents prototipus que sorgeixen a causa de les normatives i limitació dels costos segons Ignacio Paricio (Paricio Ansuátegui 1973).....	18
Figura 4. Fotografia de la façana de la promoció de Collsalarca i planta segona i tercera de la mateixa promoció. Imatges extretes de l'article Pedrosa, Valls, Sauquet 1974 fotografia de la pàgina 40 i planta de la pàgina 38.....	19
Figura 5. Plànol de la ciutat de Sabadell indicant els edificis analitzats.	35
Figura 6. Esquemes dels tipus d'estructura localitzada a la mostra amb els seus percentatges del total analitzat.	41
Figura 7 Esquema estructural de la planta tipus de l'expedient 26_06 , dues crugies paral·leles a façana (1a) 2+2.	42
Figura 8. Esquema estructural de la planta tipus de l'expedient 21_45 (esquerra) amb llums descompensades i la fitxa 19_42(dreta) amb les llums compensades.	42
Figura 9 Esquema estructural de la planta tipus de l'expedient 46_70 (esquerra) amb crugies perpendiculars a façana 3+3 i 55_142F(dreta) amb set crugies perpendiculars a façana.....	43
Figura 10. Esquema estructural de la planta tipus de l'expedient 31_124 (esquerra) amb llums compensades i la fitxa 61_157(dreta) amb les llums descompensades.	44
Figura 11. Relació de les llums màximes sense travar depenent de la disposició del mur de càrrega..	46
Figura 12. Esquema estructural de la planta tipus de l'expedient 05_11 (esquerra) i 95_371 (dreta) on els murs interiors tenen seccions de 30cm o superiors.	47
Figura 13. Exemple del detall de la càmera d'aire en el plànol núm. 20 Secciones de Muros del projecte identificat núm. 19_42.....	48
Figura 14. Esquema cronològic de l'evolució constructiva del tipus de forjat.	51
Figura 15. Identificació de la col·locació del congreny respecte al forjat de forma cronològica.....	52
Figura 16. Gràfic relació de l'ús de la planta baixa com habitatge i tipologia estructural situat cronològicament.	53
Figura 17. Gràfic relació de l'ús de la planta baixa com habitatge i local, i tipologia estructural situat cronològicament.	53
Figura 18. Gràfic relació de l'ús de la planta baixa com local comercial, i tipologia estructural situat cronològicament.	54
Figura 19. Gràfic de les alçades dels edificis segons any del projecte.....	56
Figura 20. Gràfic indicatiu dels estats de càrrega del projecte segons any de la redacció del mateix. .	57
Figura 21. Gràfica indicadora de la prescripció de congreny al forjat cronològicament.....	60

Índex

Figura 22. Dos plànols extrets del projecte 1983 de l'any 1974 signatura D04 12244 de l'AHS on s'indica com s'ha de construir complint la norma MV-201-1972.....	60
Figura 23. Taula número 12 de la pàg. 94 de (Lahuerta, Rodríguez 1962) on es comparen les diferents resistències de les fàbriques depenent de cada norma i teoria exposada al llibre.....	63
Figura 24. Gràfica pel càlcul del factor reductor de travament de Haller, figura 20 del capítol VIII.13	66
Figura 25. Esquema del bolc del mur de fàbrica segons Mazure indicat al llibre Muros de carga de fàbrica de ladrillo (Cassinello 1964)	67
Figura 26. Taula comparativa dels condicionants de les normes i teories anteriors a la MV-201-1972 i aquesta primera norma sobre el càlcul de la tensió admissible de l'obra de fàbrica.	71
Figura 27. Resistència de la fàbrica depenent del tipus de peça ceràmica i morter amb càrrega centrada. Taula extreta de la pàgina 83 (Cassinello 1971)	73
Figura 28. Taula que posa en relació la tensió admissible de l'obra de fàbrica menyspreant l'esveltesa amb l'obra de fàbrica aplicant el coeficient corrector de l'esveltesa del mur $\lambda =$ alçada del mur/gruix del mur. Extret de la pàgina 84 de (Cassinello 1971)	74
Figura 29. Taula per obtenir el coeficient reductor de la resistència de la fàbrica extret del llibre Muros de fàbrica de ladrillo (Lahuerta Rodríguez 1962) pàgina 113.....	75
Figura 30. Taula per obtenir el tipus de maó i de morter a utilitzar per obtenir una determinada resistència, extret del llibre Muros de fàbrica de ladrillo (Lahuerta Rodríguez 1962) pàgina 90.	76
Figura 31. Fitxa 58 de Col·legi d'Arquitectes (OCE 1974-80).....	77
Figura 32. Fitxa 59 de Col·legi d'Arquitectes (OCE 1974-80).....	77
Figura 33 Quadre resum dels càlculs realitzats dels murs més tensionats dels edificis en les condicions més sol·licitades.	89

1. Justificació i objecte de la recerca

Actualment hi ha un gran parc edificat amb més de 40 anys de la seva construcció, que pel sol fet del pas del temps, obliga a dur-hi a terme actuacions de manteniment i millora. Alguns d'aquests edificis van ser construïts en postguerra amb unes condicions normatives i socials determinades que a mesura que avançava el temps varen evolucionar. Les tècniques constructives també varen patir canvis fins arribar a les que coneixem actualment, on l'estructura d'obra de fàbrica ceràmica es pot considerar en desús en edificis plurifamiliars de més de planta baixa i dues plantes pis. Aquest fet condiciona que els tècnics joves hagin perdut aquell saber de "la bona construcció" que poques vegades es troba descrit en la bibliografia, però que es fa imprescindible de conèixer al moment de valorar l'estat de conservació de l'edifici.

La present tesi doctoral pretén donar a conèixer l'evolució dels edificis amb murs de càrrega d'obra de fàbrica com element estructural des de la postguerra fins que es deixa d'utilitzar el mur de càrrega com element estructural, posant de relleu els canvis normatius i de càlcul que utilitzaven els tècnics per tal de poder valorar la viabilitat dels edificis construïts amb unes tècniques i normes completament diferents a les actuals.

Per dur a terme aquest anàlisi s'ha estudiat l'edificació d'habitatges plurifamiliar construïda entre el 1940 i el 1980 a la ciutat de Sabadell aconseguida a través de polítiques de promocions públiques o ajuts econòmics per part de l'administració.

1.1 Justificació

Actualment es fa necessari intervenir sobre l'edificació existent construïda al terç central del s.XX, en aquest moment el tècnic necessita conèixer perfectament l'objecte de la seva intervenció, en alguns casos desconegut, sobre tot quan aquesta construcció s'ha construït amb tècniques i sistemes estructurals diferents als actuals. Així el present estudi pretén donar a conèixer el sistema constructiu de l'ús de l'obra de fàbrica ceràmica com element estructural en els habitatges plurifamiliars construïts entre el 1940 i el 1980 al mateix temps que els condicionants que portaren a construir d'una forma determinada. Amb el fi que si es coneixen les premisses i la realitat de la construcció de l'època de l'edifici, aquest saber facilitarà l'actuació de la rehabilitació.

El present document pretén donar unes premisses bàsiques a tenir en compte a l'actuar sobre un edifici que pugui presentar alguna mancança tècnica des del punt de vista estructural i des dels temps actuals.

Per tal de dur a terme el present estudi es fa necessari escollir una mostra a partir de la qual efectuar la recerca. En aquest moment es posa de relleu la necessitat que tots els edificis analitzats tinguin uns condicionants semblants per tal de poder ser comparats. No serien equiparables edificacions amb llums molt diferents o amb alçades o estats de càrrega molt dispars, d'on es faria més difícil la comparança. D'aquesta manera es centra l'estudi en els habitatges plurifamiliars aconseguidos a través de polítiques d'ajuts econòmics per part de l'Estat, el qual al llarg del temps ha posat els condicionants d'habitabilitat,

1.-Justificació i objecte de la recerca

obligant als tècnics a construir amb unes superfícies determinades a part d'altres condicionants com es veu en el present document.

En el període d'estudi hi ha un gran creixement demogràfic a les ciutats industrialitzades de Catalunya i per tal que la recerca sigui abordable es fa necessari limitar geogràficament l'àmbit de l'estudi. S'observa que la ciutat de Sabadell és una ciutat que el en període d'anàlisi pateix una transformació molt important quadruplicant pràcticament el número d'habitants entre els anys 1940 i 1981 del s. XX¹. Això significa que es sol·liciten, només de la ciutat de Sabadell, més de 771 expedients² d'habitatges per ser acollits a les polítiques d'ajuts econòmics entre l'any 56 i 79 al llavors Ministerio de la Vivienda.

1.2 Objectiu de la recerca

L'objectiu principal de la recerca és:

Conèixer com avaluar, i actuar als edificis d'habitatges plurifamiliars on l'estructura portant és l'obra de fàbrica ceràmica, construïts entre els anys 40 i 80 del segle passat.

Per tal d'acomplir l'objectiu principal es fa necessari assolir altres objectius de segon ordre:

- Establir una classificació de l'evolució constructiva dels habitatges plurifamiliars construïts amb obra de fàbrica ceràmica a Sabadell acollits a polítiques de promocions econòmiques.
- Determinar les limitacions constructives i tècniques causades per les normes de les polítiques de promoció pública durant el període d'anàlisi.
- Aprofundir en el coneixement de l'evolució de les tècniques primer i normes després a partir de les quals es dimensionava el mur de càrrega.
- Avaluar les lesions estructurals que presenten les edificacions objecte d'anàlisi.

¹ Dada extreta de (Domènech Sampere 2002)

² Dada facilitada per l'Agència Catalana de l'Habitatge.

2. Estat de la qüestió

Al moment d'analitzar l'evolució constructiva dels habitatges edificats en el període de postguerra fins al final de la utilització del mur de càrrega com element estructural a Sabadell, cal conèixer l'estat de l'art en diferents aspectes:

- En el context històric de la ciutat Sabadell, creixement en el període d'anàlisi.
- Tipologia edificatòria de l'habitatge acollit a les polítiques de promoció pública.
- Marc normatiu de la promoció d'habitatge amb polítiques públiques.
- El marc normatiu i tècnic de la construcció amb obra de fàbrica.

2.1 Context històric de la ciutat de Sabadell

En el període de postguerra fins ben entrada la dècada dels 70 del segle XX, la ciutat de Sabadell pateix un gran creixement demogràfic, igual que altres ciutats industrials de Catalunya. Aquesta és la causa d'una problemàtica important per la ciutat de Sabadell en el període d'anàlisi, la falta d'habitatge.

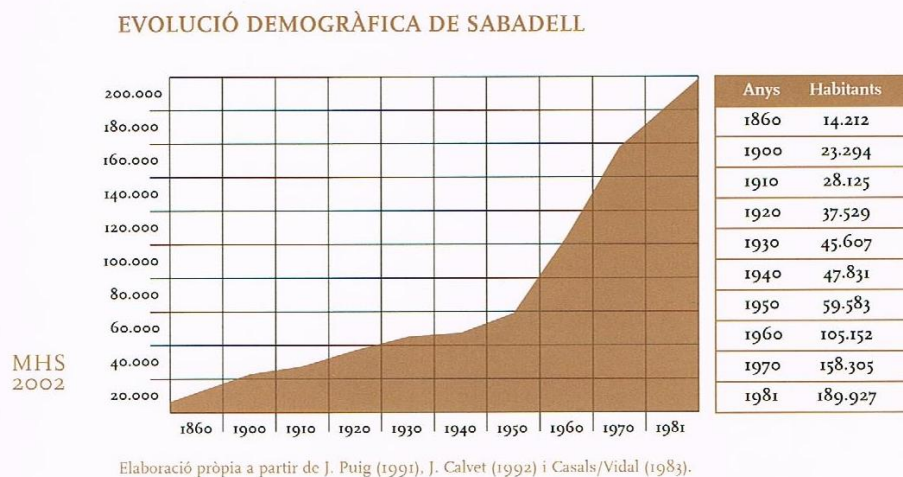


Figura 1. Gràfica de l'evolució demogràfica publicada al llibre, *Sabadell Ciutat 125 anys*, pag.10 editat pel Museu d'Història de Sabadell (Domènech Sampere 2002)

El període de creixement ha estat àmpliament estudiat i documentat des del punt de vista social per diferents autors i historiadors tan pel que fa el conjunt de la ciutat com pels diferents barris.

Durant els anys 40 i 50 des de l'Ajuntament de Sabadell s'impulsen polítiques d'ordenació urbanística en la recerca de solucions, analitzant el creixement de la ciutat, creant plans urbanístics que es veuen obligats a modificar per la Llei del 1956 Ley de Régimen del Suelo, entre altres com està exposat al *Quaderns* de l'Arxiu de la fundació Bosch i Cardellach (Bracons Singla 1993).

La falta d'habitatge obliga a una construcció ràpida de nova edificació. Aquesta nova construcció provoca l'aparició de nous barris per acollir els recent arribats, tal com es reflexa a la col·lecció de llibres editats per l'Ajuntament de Sabadell i el Museu d'Història de Sabadell sobre el desenvolupament dels barris i el creixement de Sabadell, *Col·lecció Sabadell i els seus barris* on s'exposa el creixement que van tenir en l'època d'estudi els diferents barris de la ciutat:

2.-Estat de la qüestió

El sector nord oest com La Concòrdia i Can Llong (Muset Pons i Desola Mediavilla, 2009) va iniciar-se construint habitatge unifamiliar imitant les tipologies angleses de la caseta i l'hortet que posteriorment es convertiran en promocions d'habitatge plurifamiliar gràcies a la creació de promotores com VISASA creada l'any 1952 a partir de l'Asociación Católica de Dirigentes de Sabadell.

Un barri diferenciat és La Creu Alta que va patir un creixement més lent diferenciant-se dels barris de creixement ràpid on s'instal·laven els nou vinguts tal com indica Laudo i Muset en el llibre dedicat a aquest barri (Laudo i Cortina, Muset Pons 2004).

Els barris de Can Rull i la Serra d'en Camaró s'urbanitzen durant els anys 20 i 30 del s. XX, però a finals dels anys 60 i 70 l'empresa VIMUSA³, Vivienda Municipal Sabadell, junt amb altres promotors privats construeixen més de 1000 habitatges com s'exposa en el llibre dedicat aquests barris (Lopez Viana 2011).

El sector sud, la Creu de Barberà, amb els barris Campoamor, Espronceda i les Termes entre el 1947 i el 1967 es construeixen més de 4.000 habitatges com indica Assumpta Muset en el títol *Sabadell Sud: la creu de Barberà, Campoamor, Espronceda i les Termes Sabadell* (Muset Pons 2007).

El fenomen del gran creixement de la ciutat tant demogràfic com constructiu també és analitzat per les empreses i associacions promotores dels habitatges d'obra pública i les entitats que posteriorment custodiaran aquestes edificacions i que en alguns casos han fet el seu manteniment. Tant ADIGSA⁴ com VIMUSA o la Caixa de Sabadell han explicat aquest període en les seves memòries i en alguns casos analitzant barri a barri, exposant la necessitat social que es va cobrir en un període de falta d'habitatge.

Al sector sud, al barri d'Espronceda es van allotjar bona part dels damnificats de les riuades del 1962 en uns edificis inacabats, on els carrers van quedar per asfaltar fins el 1974 quan es dur a terme un projecte de reparació d'alguns edificis i s'enderroquen les torres de 17 pisos d'estructura metàl·lica massa esvelts de cara al vent. D'aquests edificis posteriorment l'empresa ADIGSA se'n farà càrrec del manteniment a partir del juny del 1985 (Oliva Vilà 1995) i (Santos 1995).

Entre aquestes publicacions també trobem la història de l'empresa Vivienda Municipal de Sabadell (VIMUSA) redactat per Josep Mercadé (Mercadé i Mateu 2007), o les memòries de la Caixa de Sabadell (Roca Fabregat 2008) on es llista tota l'obra duta a terme per part de l'entitat financera enumerant les diferents obres que va promocionar directament o que va ajudar a finançar a promotors i a empreses com SA Marçet o Artexil SA.⁵

En el plànol de Sabadell que s'adjunta a continuació elaborat pel Museu d'Història de Sabadell a partir de diferents dades publicades, s'indica gràficament el creixement que va patir la ciutat des del s. XVIII fins els anys 70, on s'observa com la major part de la ciutat tal com es coneix actualment ha estat

³ VIMUSA és l'acrònim de Vivienda Municipal de Sabadell SA, empresa creada l'any 1967, per donar opcions d'habitatge als ciutadans a causa de la gran demanda, i com a eina més eficient que el Patronato Municipal de la Vivienda segons Josep Mercadé i Mateu en el llibre *40 anys de VIMUSA* (Mercadé i Mateu 2007).

⁴ ADIGSA societat Administració, Promoció i Gestió SA, relacionada amb la Generalitat de Catalunya a través de la Secretaria de l'Habitatge per coordinar els habitatges de protecció pública, entre altres funcions. Les publicacions es duen a terme des del Departament de la Generalitat de Benestar Social.

⁵ Es tracta d'empreses de la ciutat que construeixen habitatges pels seus treballadors seguint els suggeriments de l'Alcalde Marçet (alcalde de Sabadell 1940-1960)

construïda entre el 1916 i el 1969. On la última part d'aquest període és l'època d'anàlisi del present treball.

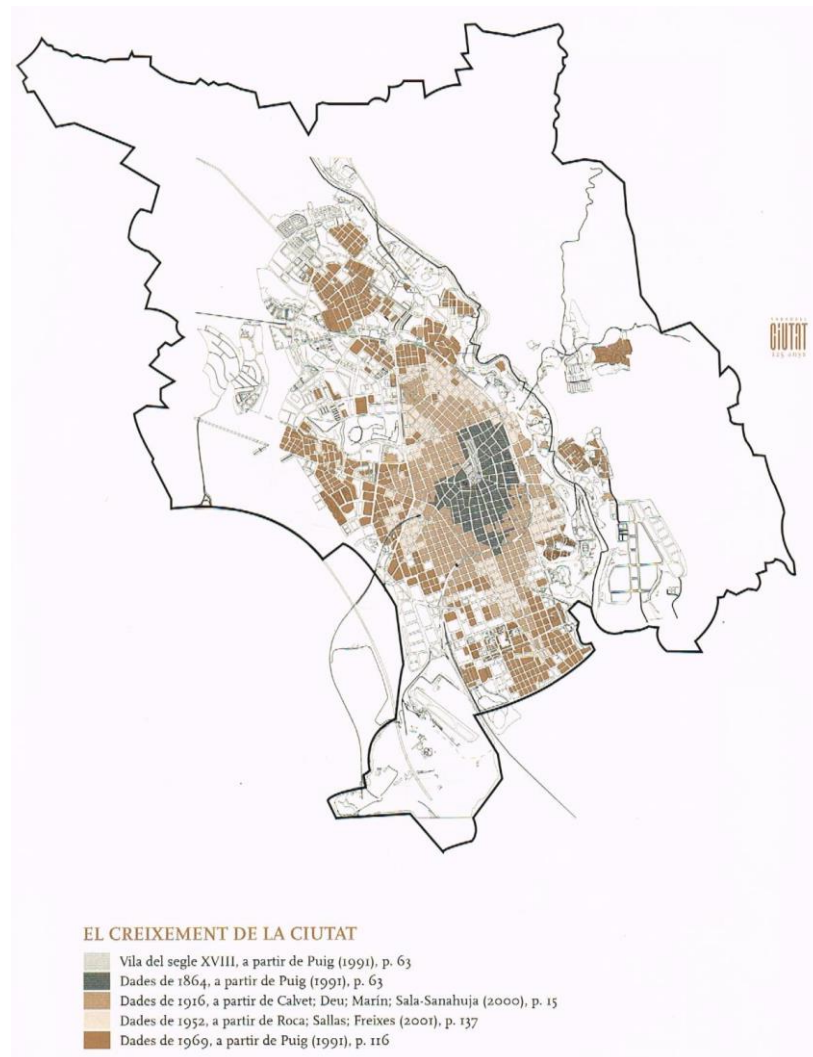


Figura 2. Plànol de Sabadell publicat al llibre *Sabadell Ciutat 125 anys*, pag11, editat pel Museu d'Història de Sabadell (Domènech Sampere 2002)⁶

⁶ El plànol està elaborat a partir de les dades extretes dels llibres de Jaume Puig i Castells, *El Procés de formació de la ciutat de Sabadell*. Sabadell. Ajuntament de Sabadell 1991 (Puig 1991); Esteve Deu, Jordi Calvet, Martí Marín, Joaquim Sala Sanahuja, *Sabadell al segle XX*. Vic: Eumo Editorial 2000 (Calvet 2000); i Pere Roca Fabregat, Joan Carles Sallas Puigdemívol, Antoni Fréixes Perich, *Can Deu de mas a parc*. Sabadell: Fundació Caixa de Sabadell 2001 (Roca 2001).

2.2 Tipologia edificatòria de l'habitatge acollit a les polítiques de promoció públiques

2.2.1 Tipologies dels habitatges de promoció pública

La manca d'habitatge i el fet d'haver de construir amb uns límits econòmics i de superfície màxima per habitatge, a causa de les polítiques públiques, porta a construir amb unes tipologies determinades que han estat analitzades amb anterioritat des del punt de vista de la distribució interior de l'habitatge, el número d'habitatges per escala i dels materials utilitzats.

Les publicacions sobre les tipologies i distribucions dels habitatges econòmics són diverses entre les que destaca l'article de la revista *Cuadernos de Arquitectura y Urbanismo* núm. 96 de l'abril de 1973 redactat per Ignacio Paricio Ansuátegui (Paricio Ansuátegui 1973). En aquesta publicació Paricio exposa els prototips que s'utilitzen en el disseny dels habitatges a causa de les acotacions que fa la norma respecte les superfícies mínimes edificables i els costos que ha de tenir la construcció. Exposa que aquests dos factors limiten al projectista i aquest acaba seguint uns esquemes determinats, aquesta idea es resumeix en el paràgraf de l'article següent:

“Hemos visto cómo varios prototipos de viviendas diferentes convergían en una única solución de momentáneo comprimido entre la economía y la norma.”

Per tal d'explicar la idea Paricio exposa els prototips utilitzats per construir habitatge acollit a polítiques públiques amb l'esquema que s'adjunta a continuació extret del mateix article.

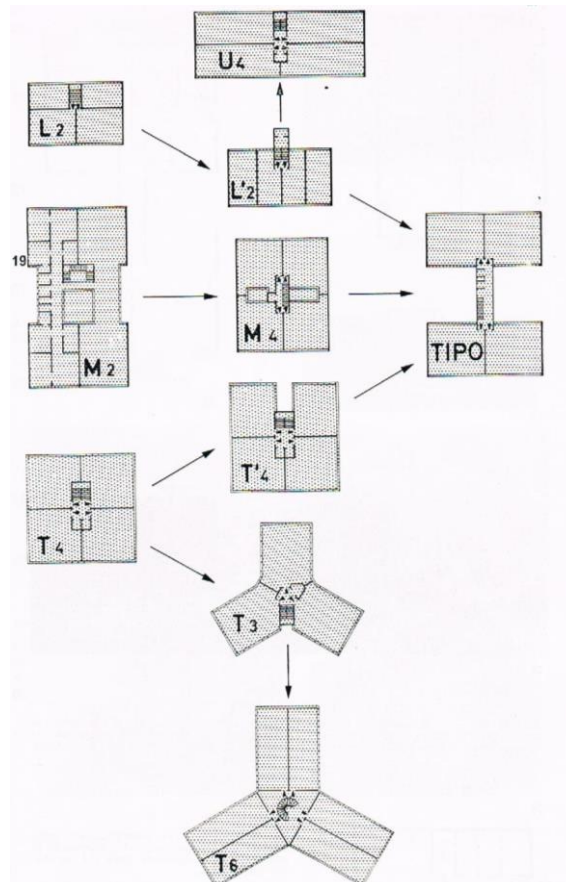


Figura 3. Esquema dels diferents prototipus que sorgeixen a causa de les normatives i limitació dels costos segons Ignacio Paricio (Paricio Ansuátegui 1973)

Tot i el fet que les polítiques de reducció al màxim els costos de l'edificació i el compliment necessari d'unes superfícies mínimes de les diferents estances i al mateix temps uns ratis màxims de 0,75⁷ entre la superfície útil i la construïda, es troben alguns exemples a la ciutat de Sabadell que volen fugir d'aquestes tipologies tant estandarditzades. L'equip d'arquitectes Muntañola, Sauquet, Pedrosa y Valls duen a terme tres conjunts edificatoris a Sabadell amb una gran sensibilitat sociològica i amb la intenció de buscar un major confort per l'usuari tal com exposa en el pròleg de l'article *Arquitectura: ¿Cómo y para quién?* redactat per X. Rubert de Ventós a l'article del mateix equip d'arquitectes que expliquen les promocions i com han fugit de les arquitectures del bloc lineal, reculant parts de les façanes i donant més intimitat i nous usos als espais comunitaris.

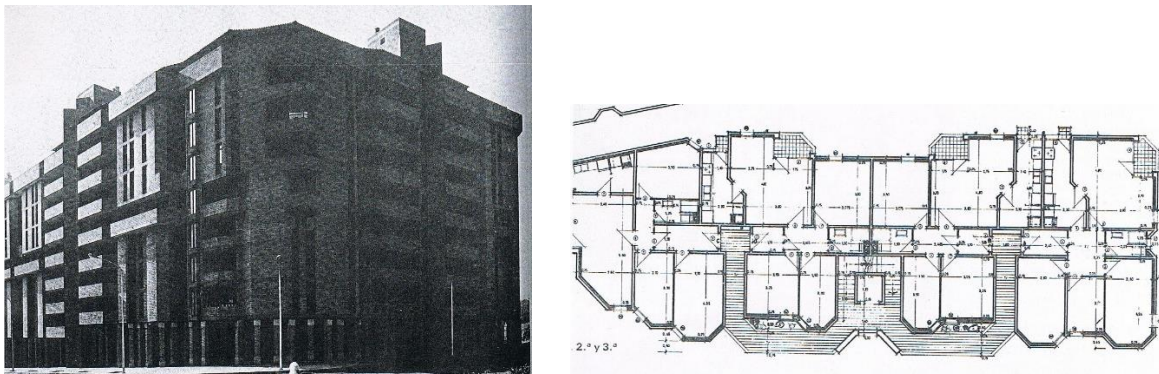


Figura 4. Fotografia de la façana de la promoció de Collsalarca i planta segona i tercera de la mateixa promoció. Imatges extretes de l'article Pedrosa, Valls, Sauquet 1974 fotografia de la pàgina 40 i planta de la pàgina 38.

Respecte a la tipologia estructural es limiten a explicar que és la tradicional i que en un dels casos la promoció de Ronda Collsalarca van apurar l'obra de fàbrica, fent carregar quatre plantes en els murs de façana i les altres quatre plantes en els murs perpendiculars de façana, com es pot observar en el següent paràgraf extret de l'article redactat per Pedrosa – Valls – Sauquet (Pedrosa Valls Sauquet 1974).

“En el aspecto constructivo cabe indicar que es de paredes de carga de 15cm. con la particularidad que agotamos racionalmente su capacidad de trabajo cargando cuatro forjados perpendicularmente a fachada y cuatro paralelamente. La planta baja se solucionó a base de pilares de ladrillo colocados en número suficiente para transmitir la carga perimetral. También aquí los materiales son los tradicionales: ladrillo visto, hierro en jácenas pintado azul y persianas de cuerda de color verde.”

2.2.2 Sistemes constructius dels habitatges a Catalunya

Posteriorment i amb l'objectiu de conèixer com es construïa a la segona meitat del segle XX a Catalunya s'han dut a terme diferents estudis acadèmics centrats a la ciutat de Barcelona, entre els quals es troben diferents treballs de final de grau i final de carrera de l'Escola d'Enginyers de l'Edificació i dirigits per

⁷ Aquesta limitació que dóna poc marge de maniobra a l'arquitecte, la plasma Ignacio Paricio en l'article *Las razones de la forma en la vivienda masiva* (Paricio Ansuátegui 1973)

2.-Estat de la qüestió

la professora Rosselló Nicolau i el professor Serra Santasusagna, com és *Estudi del teixit residencial del polígon de trinitat nova (inici 1957). Instituto Nacional de la Vivienda i Patronat Municipal de l'Habitatge*, de Guillem Albert i Viu Gonzalez, 2012⁸ on es posa de manifest i es pot constatar que la gran majoria de les tipologies de Trinitat Nova es construïen amb les tipologies comentades anteriorment en l'article de Ignacio Paricio (Paricio Ansuátegui 1973) i que la majoria de les estructures són murs de càrrega d'obra de fàbrica massissa, calada o foradada depenent de la tipologia del bloc d'habitatges i de l'alçada en la que es troba el mur en concret. Un altre exemple és el treball final de carrera *L'habitatge social a la Barcelona dels anys 50. El cas del Polígon Perera (Sant Martí)*, Miralpeix Vilardell, 2012⁹ del que cal destacar que a Sant Martí les tipologies estàndards analitzades s'ajusten per adaptar-se a les cantonades tant escairades com en forma de xamfrà, apareixent més variants dins els esquemes típics de les tipologies proposades per l'Instituto Nacional de la Vivienda,

Entre els treballs acadèmics també cal destacar el treball final de màster de Roger Moreno¹⁰ dirigit pel professor Zamora i Mestre, on al analitzar les 19 obres seleccionades i dutes a terme per l'Instituto Nacional de la Vivienda esquematitza les tipologies dels edificis dels diferents elements constructius i a la pàgina 7 en l'esquema de l'estructura posa de manifest que entre els projectes analitzats les estructures entre el 1946 i 1949 són murs de càrrega paral·lels a façana i de dues crugies, en canvi a la dècada dels 60, aquestes tipologies canvien a murs de càrrega perpendiculars a la façana.

La Tesi de César Díaz (Díaz 1986) és un dels antecedents més importants per la seva coherència, rigor d'anàlisi i magnitud de la mostra dels tipus edificatoris exempts bàsicament situats a l'àrea metropolitana de Barcelona, però amb alguns exemples de l'interior de Catalunya. Entre els polígons d'anàlisi n'hi ha tres situats a la ciutat de Sabadell, el del barri: Espronceda 1962-64 (1479 habitatges), Carretera de Matadepera I/II/III 1968-74 (1080 habitatges) i Can Deu 1970-74 (1222 habitatges).

2.2.3 Sistemes constructius dels habitatges fora de Catalunya

També es troben alguns treballs acadèmics sobre la forma de construir en el període del present estudi fora de Catalunya, cal destacar la tesi doctoral de Iñigo Lizundia Uranga. *La construcción de la arquitectura residencial en Guipuzkoa durante la época del desarrollismo*. (Lizundia Uranga 2012), on després d'un minuciós anàlisi constructiu de sis conjunts d'habitatges construïts en postguerra a Guipúscoa amb falta de material i uns sistemes constructius tradicionals i limitats, representa un gran esforç econòmic la seva rehabilitació en l'actualitat.

⁸ Es fa referència al treball final de carrera (Guillem Albert, Viu González 2012)

⁹ Es fa referència al treball final de grau (Miralpeix Vilardell 2012)

¹⁰ Es fa referència al treball final de màster (Moreno Meigas 2012)

2.3 Marc normatiu de la promoció d'habitatge amb polítiques públiques

En el període d'estudi hi ha una manca d'habitatge a les ciutats industrialitzades tant de Catalunya com d'altres comunitats de l'Estat espanyol, ciutats que reben una gran afluència d'immigració provinent del camp o comunitats amb escassetat de sortides laborals. Aquest fet porta a polítiques d'ajuts econòmics per la construcció d'habitatges a les ciutats que tenen una gran demanda. Aquestes polítiques amb unes lleis que marquen la superfície màxima que ha de tenir l'habitatge i el cost màxim de la construcció entre altres, obliga a construir d'una forma determinada.

La llei del 19 d'abril de 1939¹¹ deroga la llei de "Casas Baratas", anterior, que havia sofert diferents modificacions des del seu origen i que havia estat redactada el 1911 com una Reial Llei. A la llei del 1939 s'anuncia la creació del Instituto Nacional de la Vivienda que substitueix la Junta Administradora Nacional de Casas Baratas. La nova entitat, tal com exposa aquesta llei, tindrà diferents funcions entre les quals cal destacar el fet de vetllar perquè els habitatges tinguin les qualitats mínimes d'higiene i constructives, exigirà un cost màxim de construcció, impulsarà ajuts econòmics pels llogaters o compradors últims, al mateix temps que facilitarà ajuts per la seva construcció, i proposarà tipologies d'habitatges, entre altres.

També defineix la documentació mínima necessària per tal de sol·licitar els ajuts per la construcció d'habitatges protegits. Aquesta ha de tenir uns plànols a escala 1/200 i una memòria descriptiva.

Aquesta llei serà ampliada i modificada en diferents ocasions per decrets i noves lleis fins a ésser derogada el 1954.

Una de les lleis que cal destacar en aquest període és la Llei del 25 de novembre del 1944, publicada al BOE del 27 de novembre del mateix any. On s'indica que a causa del gran nombre de persones aturades i amb l'objectiu de crear llocs de treball al mateix temps que donar l'opció a un habitatge amb unes condicions mínimes a uns preus assequibles pels llogaters o compradors, s'exposa la nova llei. Aquesta llei "Sobre reducción de contribuciones e impuestos en la construcción de casas de renta para la denominada "clase media"¹²", divideix els habitatges depenent de la seva superfície útil i de les qualitats dels mateixos, indicant les mensualitats a pagar pel lloguer de l'habitatge depenent de la categoria a la que pertanyi. Aquestes categories s'anomenen grups i queden exposats de la següent manera: primer grup, habitatges de més de 110m²; segon grup, habitatges amb una superfície útil entre 80 i 110m²; i tercer grup, habitatges d'entre 60 i 80m² de superfície útil¹³.

Aquesta llei serà derogada l'any 1948 pel Decret-Llei del 19 de novembre del 1948, on es classifiquen clarament els habitatges segons tipus i categoria. La tipologia depèn de la superfície útil de l'habitatge, aquesta es divideix en quatre grups, des del tipus A amb una superfície útil superior als 125m², fins el tipus D on els habitatges tenen una superfície útil entre 50 i 70m². Les categories es detallen clarament

¹¹ La llei del 19 d'abril del 1939 és sobre el "Régimen de protección a la vivienda y creando el Instituto Nacional de la Vivienda". Que patirà diferents modificacions fins a ser derogada el 1954.

¹² Títol de la llei "Ley de 25 de noviembre de 1944" publicada al BOE del 27 de novembre del 1944 en les pàgines 8959-8964.

¹³ La superfície útil en aquesta llei està definida com la superfície total de l'habitatge descomptant la utilitzada per murs, envans, voladissos no coberts i passadissos.

2.-Estat de la qüestió

depenent dels tipus de material i acabats emprats, els tipus d'habitacions, i la obligatorietat de col·locar un ascensor a l'edifici en funció del número de pisos o no, entre altres condicionants.

Posteriorment l'any 1954, la llei del 15 de juliol de 1954 sobre la "protección de "viviendas de renta limitada"¹⁴" indica que els habitatges que fins aleshores havien estat acollits a la llei del 1939 on s'exposava que els habitatges econòmics o els habitatges de renta limitada estaven subjectes a ser promoguts per organismes oficials, a partir d'aquesta llei poden ser promoguts tant per entitats estatals com privades, o fins i tot per un sol promotor per construir-se el seu propi habitatge. Tot i que és aquesta llei la que inicia la identificació dels habitatges acollits a les ajudes econòmiques com a "vivienda de renta limitada", les característiques tècniques que aquestes han de complir no s'especifiquen fins l'Ordre del 12 de juliol del 1955 on s'aproven les "Ordenanzas técnicas y normas constructivas para "viviendas de renta limitada"¹⁵", la qual serà vigent fins el 1969 que es publicarà un text refós junt amb l'ordre del 22 de febrer del 1968¹⁶.

Així doncs, és el 1955 quan apareixen unes prescripcions tècniques que cal dur a terme en els projectes que hagin de ser acollits a les ajudes estatals. En aquestes s'indica la documentació a entregar per tal de sol·licitar les ajudes econòmiques, els condicionants tècnics que ha de tenir l'edifici com per exemple la obligatorietat de complir els Plecs de Condicions aprovats pel Centro Experimental de Arquitectura¹⁷. S'indica que la superfície mínima que ha de tenir un habitatge ha de ser de 42m² útils al mateix temps que indica la superfície mínima que ha de tenir l'habitatge per cada persona de més que habiti en aquest¹⁸. Igual com exposa les superfícies mínimes de les sales d'estar depenent de les persones que visquin a l'habitatge¹⁹.

També limita les altures lliures dels habitatges amb un mínim de 2,8m a les plantes baixes i 2,5m a les plantes pis, i un màxim de 3,6m a les plantes baixes i 3,0m a les plantes pis, en els edificis localitzats a les zones urbanes, on no existeixi una norma urbanística diferent²⁰. Incorpora la limitació de la superfície mínima que han de tenir els patis interiors de ventilació depenent el número de plantes de l'edifici²¹.

Dedica un parell d'ordenances a definir quina és l'orientació òptima i indica que l'estructura ha de ser de dos vanos amb les estances orientades a sud o sud-est²².

¹⁴Títol de la llei "Ley de 25 del 15 de julio de 1954 sobre protección de "viviendas de renta limitada"" publicada al BOE núm. 197 del 16 de juliol de 1954 en les pàgines 4834 - 4841. On bàsicament s'indiquen les condicions econòmiques a les que s'acullen els promotors d'aquest tipus d'habitatges.

¹⁵ Títol de la " Orden del 12 de julio de 1955 por la que se aprueba el texto de las Ordenanzas técnicas y normas constructivas para "viviendas de renta limitada"" publicada al BOE núm. 197 del 16 de juliol de 1955 en les pàgines 4321-4327.

¹⁶ Ordre del 22 de febrer del 1968 a la que fa referència la ordre del 20 de maig del 1969, però que només es donen directrius tècniques pel què fa a les instal·lacions que han de tenir els habitatges per tal de ser acollits a la normativa d'habitatge de "renta limitada".

¹⁷ Ordenança 2ª de les ordenances dels habitatges del segon grup de l'Ordre del 12 de juny del 1955.

¹⁸ Ordenança 8ª de les ordenances dels habitatges del segon grup de l'Ordre del 12 de juny del 1955.

¹⁹ Ordenança 14ena de les ordenances dels habitatges del segon grup de l'Ordre del 12 de juny del 1955. On indica que la superfície mínima és per l'estança on es podrà fer vida familiar.

²⁰ Ordenança 10ena de les ordenances dels habitatges del segon grup de l'Ordre del 12 de juny del 1955.

²¹ Ordenança 11ena de les ordenances dels habitatges del segon grup de l'Ordre del 12 de juny del 1955.

²² Ordenança 12ena de les ordenances dels habitatges del segon grup de l'Ordre del 12 de juny del 1955, especifica la orientació que ha de tenir l'edifici i en l'ordenança 17ena de la mateixa Ordre l'estructuració dels blocs.

La cinquena part d'aquesta Ordre està dedicada a les normes constructives fent esment tant a les fonamentacions com als murs de càrrega que com a mínim han de ser de 12cm²³ si són de mitgera o els tipus de forjats on es limiten els quilos d'acer que ha de tenir per metre quadrat útil de forjat²⁴. Lligat a aquest tema, d'economia de material, a la part setena de l'Ordre es limita el pes propi del forjat incloent el paviment a 200kg/m² en els habitatges de categoria primera i segona, limitant-ho a 160kg/m² els de tercera categoria. Tota aquesta setena part està dedicada a l'estalvi de material indicant uns màxims tant en estructura com en els altes elements constructius de l'edifici²⁵.

Aquesta Ordre ministerial va ser ajustada per l'Ordre del 20 de maig de 1969 on es defineixen els habitatges com habitatges de Protecció Oficial. La majoria de punts i ordres són els mateixos que la norma anterior, afegint la obligatorietat de construir un ascensor si els edificis tenen més de quatre pisos o més de dotze metres d'alçada²⁶. Disminuint una mica les superfícies dels patis dels habitatges del grup I i II de les categories subvencionades i deixant les mateixes superfícies que la Ordre ministerial anterior pels habitatges de Protecció Oficial²⁷.

A l'ordenança 25ena destinada a les normes constructives, s'indica l'obligatorietat que els envans de separació entre habitatges han de ser com a mínim un envà de totxana indicat com a "tabicón de ladrillo hueco doble"²⁸, nova proposta constructiva respecte a l'ordenança que la precedeix.

L'Ordre ministerial del 20 de maig del 1969 va ser modificada el 4 de maig del 1970, on un canvi tècnic significatiu prescriu que la separació entre dos habitatges o un habitatge i una cambra de servei sigui de maó massís de 12cm o un element amb una barrera sonora equivalent²⁹. També es modifica l'alçada màxima de les edificacions sense ascensor a 10,75m, acceptant fins a 11,30m en el cas dels habitatges de la tercera categoria del grup segon³⁰.

L'Ordre ministerial del 20 de maig de 1969 és derogada l'any 1981 pel Reial Decret 1909/1981 del 24 de juliol quan s'aprova la Norma Bàsica de l'Edificació CA-81, al mateix temps que apareixen altres normes bàsiques que substituiran l' Ordre ministerial.

2.4 Marc normatiu i tècnic per la construcció amb obra de fàbrica

El marc normatiu des del punt de vista tècnic dirigit a les estructures d'obra de fàbrica o als estats de càrrega a tenir en compte en els càlculs estructurals, es situen a la última meitat del període d'anàlisi del present estudi. Anteriorment a la publicació de les normes, els tècnics seguien criteris de bona construcció o inspirats amb publicacions tècniques dels experts nacionals o europeus, com es veurà més endavant en aquest mateix capítol.

²³ En l'Ordre fa referència al mur com "de media asta" per indicar els 12cm.

²⁴ Totes les ordenances de la part cinquena l'Ordre del 12 de juny del 1955.

²⁵ Tota la part setena de l'Ordre del 12 de juny del 1955.

²⁶ Ordenança 12ena de l'Ordre del 20 de maig de 1969.

²⁷ Ordenança 13ena de l'Ordre del 20 de maig de 1969.

²⁸ Ordenança 25 apartat B de l'Ordre del 20 de maig de 1969.

²⁹ Ordenança 25 de l'aparta de les Normes de l'Ordre del 4 de maig de 1970.

³⁰ Ordenança 12ena de l'Ordre del 4 de maig de 1970.

2.-Estat de la qüestió

Si s'anomenen cronològicament les normes que apareixen en l'Estat espanyol referent a les estructures, és a dir, referent als estats de càrrega, estructures de formigó, estructures d'acer, estructures de fàbrica, i aspectes sísmics, aquestes són les següents:

1962 – M.V. 101 - 1962 “Acciones en la Edificación”. Modificada pel decret 1370/1988. NBE-AE-88.

1964 – M.V. 102 – 1964 “Acero laminado para estructuras de edificación”. Derogada 4 gener 1977 per M.V. 102-1975.

1966 – M.V. 104 – 1966 “Ejecución de las estructuras de acero laminado en la edificación”. Derogada 10 novembre 1995 NBE-EA-95.

1967 – M.V. 105 – 1967 “Roblones de acero”. Derogada 10 novembre 1995 NBE-EA-95.

1968 – M.V. 106 – 1968 “Tornillos ordinarios y calibrados, tuercas y arandelas de acero para estructuras de acero laminado”. Derogada 10 novembre 1995 NBE-EA-95.

1968 – M.V. 107 – 1968 “Tornillos de alta resistencia y sus tuercas y arandelas”. Derogada 10 novembre 1995 NBE-EA-95.

1968 – AH 68 “Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado”. Modificada pel decret 3062/1973. EH-73

1969 – PGS 1 – “Norma sismorresistentes, parte A”. Derogada 1974.

1972 – M.V. 103 – 1972 “Cálculo de las estructuras de acero laminado en edificación”. Derogada 10 novembre 1995 NBE-EA-95.

1972 – M.V. 201 – 1972 “Muros resistentes de fábrica de ladrillo”. Derogada 24 gener 1991. NBE- FL-91.

1973 – EH-73 “Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado”. Modificada per EH-80.

1974 – PDS -1. “Norma Sismorresistente” . Derogada 29 desembre 1994. NCSE-94

1975 - M.V. 102-1975 “Acero laminado para estructuras de edificación”. Derogada 10 novembre 1995 NBE-EA-95.

1976 – M.V. 108 – 1976 “Perfiles huecos de acero para estructuras de edificación”. Derogada 10 novembre 1995 NBE-EA-95.

1979 – M.V. 109 – 1979 “Perfiles conformados de acero para estructuras de edificación”. Derogada 10 novembre 1995 NBE-EA-95.

Aquestes normes estan relacionades entre sí bàsicament en quatre grans temes imprescindibles de relacionar i citar en el present treball:

- L'evolució de la forma de construir i les normes que afecten a les accions a considerar sobre els edificis, és a dir, els estats de càrrega.
- L'evolució de les consideracions tingudes en compte al llarg del temps i les normes pròpiament per l'aplicació de les accions sísmiques sobre els edificis.
- L'evolució del càlcul de la resistència de l'obra de fàbrica com element estructural anterior i posteriorment a les normes explícites sobre el tema.
- L'evolució de la resta de normes referent als materials constructius per l'execució d'estructures d'acer o de formigó.

2.4.1 Normes sobre les càrregues a les que es sol·licita l'edifici.

La primera norma referent a les càrregues a aplicar a les edificacions a l'Estat espanyol apareix el 1962 amb la M.V. 101-1962, que entra en vigor pels projectes redactats a partir del 1 d'abril de 1963. En aquesta s'indica la obligatorietat de definir les sobrecàrregues a les que es calcula l'edifici a la memòria del projecte.

Fa la mateixa distinció segons la procedència de la càrrega que existeix a la norma actual el *Código Técnico de la Edificación*. (CTE – 2006). Diferenciant tres tipus de càrregues: les càrregues degudes al pes propi de la construcció, en aquesta publicació es faciliten les càrregues dels elements estructurals més freqüents en l'època segons la seva superfície i els elements constructius més habituals indicant la seva densitat. Un altre tipus de càrrega són les degudes a la construcció de les divisòries i paviments dels habitatges, les càrregues permanents, on s'indica que per valors de sobrecàrrega d'ús inferior a 300Kg/m^2 es fa necessari tenir en compte la sobrecàrrega dels envans aplicant una sobrecàrrega uniformement distribuïda a tota la planta de 100kg/m^2 , sempre que els envans tinguin una càrrega inferior als 120kg/m^2 . El últim tipus de sobrecàrrega a anomenar és la sobrecàrrega causada per l'ús dels habitatges, en aquesta es distingeixen dues quantitats diferents depenent si l'habitatge és econòmic o no. Així els habitatges destinats a habitatges econòmics han d'estar sol·licitats per l'acció d'ús a 150kg/m^2 i en els habitatges no econòmics la sobrecàrrega d'ús a considerar ha de ser de 200kg/m^2 .

També s'indica que els habitatges amb quatre o més plantes poden tenir una reducció de les sobrecàrregues a tots els seu elements estructurals, incloent entre els elements estructurals els murs de càrrega i les fonamentacions. Les reduccions de les sobrecàrregues pot ser del 10% si té quatre pisos, el 20% si l'element suporta cinc pisos i del 30% si l'element suporta sis o més pisos.

Pel què fa a les càrregues provocades per les empentes de vent, s'indiquen els valors a tenir en compte depenent de la zona geogràfica on es troba l'edifici, l'alçada del mateix i l'esveltesa de l'edifici.

Finalment aquesta norma també contempla el grau de sismicitat depenent del tipus de terreny on es fonamenta així com la capacitat portant del terreny amb unes deformacions màximes admissibles per assentament.

2.-Estat de la qüestió

Aquesta norma no va ser derogada fins el 1988³¹ data posterior al període d'anàlisi del present estudi. Anteriorment a la norma no hi havia cap obligació d'indicar les sobrecàrregues amb les que es calculava i aquestes depenien del criteri de l'autor del projecte, excepte els habitatges acollits a les polítiques de promoció pública que havien de complir l'Ordre del 1955³² com s'exposa més endavant.

2.4.2 Norma sísmica en el període d'estudi.

La primera norma sísmica redactada a l'Estat espanyol referent a la construcció, és la que es publica el gener del 1969, PGS 1 – 1969. Això no significa que no s'hagués fet esment abans a les accions sísmiques, ja que tal com s'ha exposat al subapartat anterior, en la norma d'accions de l'edificació publicada al gener del 1963, ja s'indicava que depenent del tipus de terreny i de la zona geogràfica calia tenir en compte unes accions sísmiques o unes altres. Però no és fins l'any 1969 amb la norma específica sísmica que es prescriuen unes restriccions constructives que no havien existit fins aleshores.

En l'apartat 4.3 *Prescripciones para las obras de fábrica* de la PGS- 1 -1969 s'exposa que tota estructura construïda amb murs de càrrega d'obra de fàbrica ha de tenir un entramat de formigó tant vertical com horitzontal. Indicant clarament que els murs de càrrega han d'estar lligats per un congreu horitzontal a cada planta pis, aquest ha d'estar situat a nivell de forjat i dona les dimensions i l'armat que ha de tenir aquest per tal que tingui la funció de trava horitzontal que s'exigeix a la norma. Al mateix temps indica que els murs de trava també han de tenir un congreu, definint-ne el seu armat. I dona unes llums màximes entre els elements congreus horitzontals de 5m i entre elements de trava del mur portant de 12m.

La principal limitació respecte la construcció en obra de fàbrica és el fet que es demani que l'edifici estigui travat amb estructura porticada de formigó vertical i horitzontalment sempre que aquest tingui més de 12m d'alçada a la zona sísmica anomenada B³³ en la present norma. La prescripció de formigonar i lligar l'edifici verticalment sempre que aquest tingui més de 12m d'alçada limita a 4 pisos les edificacions sense l'entramat vertical de formigó com a trava³⁴, és a dir els edificis on l'estructura portant és l'obra de fàbrica exclusivament.

Aquesta norma va ser ampliada l'any 1974, derogant la del 1969. La modificació va ampliar la informació de les zones sísmiques³⁵, la classificació dels edificis i la seva exposició al sisme, entre altres, tot i que no hi va haver cap modificació significativa pel que fa a l'obra de fàbrica. Fins l'any 1994 amb la norma NCSE-94 no hi ha un canvi significatiu de la norma, pel que fa als cantells mínims que han de tenir els murs portants exteriors de l'edifici. Però aquesta ja està fora del període d'estudi i és anterior a l'actual NCSE - 02.

³¹ La norma va ésser derogada per la NBE-AE-88, *Norma Bàsica de l'Edificació Accions en l'Edificació* 1988.

³² Ordre Ministerial del 12 de juliol de 1955.

³³ Sabadell està situada a la zona sísmica anomenada B a la norma PGS-1-1969, definida a l'apartat 2.1 *Zonas Sísmicas*.

³⁴ Aquesta limitació es posa de manifest també en l'article publicat a la revista *Cuadernos de Arquitectura y Urbanismo* núm. 95 de l'any 1977, *Efectos de la normativa últimamente aparecida sobre la construcción en fábrica de ladrillo* de l'O.C.E. (O.C.E. 1973)

³⁵ Sabadell en aquesta nova edició de la PGS-1 - 1974, es considera que està situada a la zona sísmica VII.

Actualment la norma sísmica té les mateixes restriccions per les edificacions construïdes a Sabadell, amb una alçada màxima de 4 pisos si no hi ha elements verticals de formigó o acer que lliguin l'estructura, els murs exteriors d'un sol full han de tenir un cantell mínim de 14cm i els murs interiors de 12cm. Tots els forjats han d'estar lligats al mur amb un congreny a l'alçada del forjat tal com també s'exposen a les normes constructives dels sostres i del formigó armat.

2.4.3 Normes i coneixements tècnics referent a l'obra de fàbrica.

2.4.3.1 Primera norma de l'obra de fàbrica. M.V. 201 – 1972

Com s'observa a la llista anterior de totes les normes que afecten a les estructures en l'època d'estudi, la primera norma de l'Estat espanyol dirigida explícitament a la construcció amb obra de fàbrica no apareix fins el 1972 amb la norma M.V. 201-1972³⁶ publicada al BOE núm. 130 del 31 de maig del 1972 i que no serà d'obligat compliment fins tres mesos més tard de la seva publicació, és a dir, per les obres projectades a partir del setembre del 1972, les quals hauran de complir la nova norma.

Aquesta prescripció significa un canvi important en la forma de calcular les estructures d'obra de fàbrica respecta la que s'havia dut a terme fins al moment.

Per primer cop és d'obligat compliment calcular l'obra de fàbrica estructural tenint en compte l'esforç flector que pot transmetre el forjat en el mur. Aquest canvi provoca que hi hagi una llau de publicacions sobre la nova norma, tant per ajudar a la seva comprensió com per fer-ne una lectura crítica. Entre aquestes publicacions cal destacar les següents:

Els diferents articles publicats a la revista *Construcción Arquitectura y Urbanismo* núm. 41 de l'any 1977 on hi publiquen: Basso (Bassó 1977) exposant la situació de l'hotel de Pineda de Mar i indicant la gran esveltesa dels murs d'obra de fàbrica de Catalunya, la obligatorietat de posar congrenys de lligat dels murs i la validesa de la norma per edificis de màxim quatre o cinc plantes segons aquest article. Un altre publicació de la mateixa revista és la de López Rey (López Rey 1977) on dona una visió teòrica de la M.V.201-1972, exposant la capacitat del morter superior si aquest treballa dins una junta petita de l'obra de fàbrica que si es mesura en una proveta cilíndrica, apuntant que hi pot haver altres formes de calcular l'obra de fàbrica diferent a la norma que analitza. També hi ha un article de Fructuós Maña (Maña 1977) on exposa que la nova norma canvia totalment la forma tradicional de calcular les estructures, i es qüestiona perquè no ha seguit la nova norma la forma de càlcul de la teoria de Haller. Recorda que l'obra de fàbrica treballa com una estructura calaix i explica que la norma no considera el càlcul tradicional de la rigidesa del forjat. En l'article dona una guia de càlcul diferent a la norma que s'analitza.

La publicació que dur a terme l'Oficina Consultora Estructuras (OCE 1973) a la revista *Cuadernos de Arquitectura y Urbanismo* núm. 95, on exposa les limitacions que té la norma MV 201-1972 juntament amb l'anterior norma PGS-1-1969 i com això afecta als diferents agents que intervenen en la construcció

³⁶ Norma M.V. 201-1972. Muros Resistentes de Fabrica de Ladrillo. Decreto 20 abril 1972 (Decreto n. 1324/1972)

2.-Estat de la qüestió

amb estructures d'obra de fàbrica, des del promotor fins als fabricants de les peces ceràmiques passant pels tècnics que intervenen al projecte i l'obra.

L'Oficina Consultora Estructuras del Colegio de Arquitectos de Cataluña y Baleares porta a terme tota una sèrie de fitxes (OCE 1974-80) per tal d'ajudar als tècnics redactors en el càlcul i la bona construcció. Entre les quals hi ha quatre fitxes destinades pròpiament al càlcul de l'obra de fàbrica i el dimensionat del cantell mínim que han de tenir els murs de suport. Les fitxes 17 i 18 donen les dimensions mínimes que ha de tenir un mur de càrrega per tal de tenir la capacitat portant mínima que requereix la norma MV-201-1972. Posteriorment presenten les fitxes 58 i 59 on s'exposa una forma simplificada de calcular la tensió a la que està sol·licitada l'obra de fàbrica depenent de les llums dels vanos que suporta i el tipus de fàbrica foradada, calada o massissa, on s'observa que només té en compte la descompensació de les dues llums que suporta un mur central quan aquest és d'obra de fàbrica massissa, pel fet que aquest pot tenir una resistència que pot endur-se un moment flector que en la resta de casos no té en compte.

2.4.3.2 Anterior a la M.V. 201-1972

El fet que no hi hagués una norma específica pel càlcul de l'obra de fàbrica fins la dècada dels 70 obliga als tècnics redactors del projectes a recórrer a normes d'altres països i als estudis que es porten a terme per part de l' Instituto Eduardo Torroja i el Centro Experimental de Arquitectura conjuntament amb el Consejo Superior Colegios de Arquitectos al nostre país.

Si s'exposen cronològicament aquestes publicacions tècniques, cal indicar que es publica el 1948 *El Pliego General de Condiciones Varias de la Edificación* aprovat pel Consejo Superior de Colegios de Arquitectura (Centro Experimental de Arquitectura 1948).

Aquesta publicació consta d'onze llibres cada un dedicat a un tema diferent, des de les fonamentacions³⁷ fins a la decoració, passant per les instal·lacions especials, i fins i tot temes econòmics o d'informació per la Direcció Facultativa³⁸.

És una publicació on s'explica la bona manera de construir i la qualitat dels materials, en cap cas indica la forma de calcular la resistència de l'obra de fàbrica, tot i que sí que indica com s'ha de calcular l'estructura de formigó, dedicant un dels capítols³⁹ del mateix llibre que el de l'obra de fàbrica a aquest punt. El què sí que s'especifica són les resistències mínimes del morter i de les peces ceràmiques, al mateix temps que s'indica com s'ha de construir, les dimensions mínimes i normalitzades de les peces ceràmiques i la forma correcte de lligar les peces al pujar les parets de càrrega i de trava, entre altres aspectes del tipus tècnic. Aquesta informació es troba en el capítol III *Albañilería* del llibre segon *Obra de Fábrica* (Centro Experimental de Arquitectura 1948).

³⁷ El llibre 1er està dedicat al Moviment de Terres. *Pliego de condiciones de la edificación*. Primera Parte: *Pliego General de Condiciones Varias de la Edificación*. Título I: *Condiciones Generales de Índole Técnica*. Libro I: *Capitulo I: Movimiento de Tierras*.

³⁸ El llibre 11è està dedicat als temes d'índole facultativa, econòmica i legal. *Pliego de condiciones de la edificación*. Primera Parte: *Pliego General de Condiciones Varias de la Edificación*. Título I: *Condiciones Generales de Índole Técnica*. Libro XI: Título 2º *Pliego de condiciones generales de índole facultativa*. Título 3º *Pliego de condiciones generales de índole económica*, Título 4º *Pliego de condiciones generales de índole legal*.

³⁹ *Pliego de Condiciones de la Edificación*. Primera Parte: *Pliego General de Condiciones Varias de la Edificación*. Título I: *Condiciones Generales de Índole Técnica*. Libro II: Capítulo IV *Hormigón Armado*. Apéndice: *Normas para el cálculo y ejecución de las obras de hormigón armado de la Dirección General de Arquitectura*.

Cap als anys 60 es publica la primera edició del llibre *El ladrillo y sus fábricas*⁴⁰ (Cassinello 1971) com a manual de l'Institut Eduardo Torroja. Aquest manual és molt didàctic sobre la forma de construir l'obra de fàbrica, el tipus de peces ceràmiques existents al mercat així com els morters. Però al mateix temps exposa la capacitat de les peces ceràmiques, el morter i de la fàbrica, indicant la tensió admissible de la fàbrica d'obra tenint en compte el fet que la càrrega axil tingui una certa excentricitat, i el pendeig dependent de la seva esveltesa.

Al final del manual publica unes taules on s'indica la capacitat resistent de la fàbrica segons els paràmetres exposats i unes altres taules amb els cantells mínims de les fàbriques dependent de l'alçada de l'edifici i si és mur extrem o de l'interior de l'edifici.

Posteriorment es publiquen diferents llibres amb les teories i formes de calcular l'obra de fàbrica a altres països europeus com és la Teoria de Haller, juntament amb resums de les normes utilitzades arreu d'Europa.

Entre les *Monografías del Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento*, hi ha una publicació de Fernando Cassinello (Cassinello 1964) on explicita la preocupació en conèixer la capacitat de l'obra de fàbrica ja que aquesta té una gran dispersió. En aquesta publicació exposa les ponències del *I Congreso Internacional sobre Estructuras Cerámicas* dut a terme el 1962, on també explica les diferents normes europees, indicant la falta d'aquestes en els països llatins, França, Itàlia i Espanya.

També aposta per aquesta investigació el Ministerio de la Vivienda amb la publicació de l'any 1962 del llibre *Muros de fábrica de ladrillo* (Lahuerta, Rodríguez 1962) on s'exposen les diferents normes i estudis sobre el càlcul de l'obra de fàbrica d'Alemanya junt amb estudis de Otto Graf, norma de Gran Bretanya i Estats Units, i les teories publicades a Suïssa per Haller, on les teories estan suportades per proves de càrrega de laboratori i són la base del càlcul del gratacels d'estructura d'obra de fàbrica⁴¹ dissenyat per Haller. Tant les normes com les teories estan comparades entre sí pels autors del llibre.

Una de les publicacions que precedeix la norma MV-201-1972, però amb una base de càlcul molt semblat és les *Prescripciones del Instituto Eduardo Torroja 70*, conegut com PIET 70 (Cassinello 1970). En aquesta s'exposen els coeficients de seguretat, els mòduls d'elasticitat, la capacitat de l'obra de fàbrica,.. d'una forma molt tècnica i amb una base del què uns anys més tard serà la primera norma pel càlcul de l'obra de fàbrica a l'Estat espanyol.

2.4.4 Altres normes i publicacions tècniques

El fet que el present document analitzi l'obra de fàbrica com element estructural portant, obliga a tenir en compte la resta d'elements estructurals de l'edifici i bàsicament els sostres que són suportats pels murs de càrrega i d'una o altra manera tenen una vinculació l'un amb l'altre.

⁴⁰ El llibre *El ladrillo y su fábricas* de F. Cassinello (Cassinello 1971) consultat és la 4a edició de l'any 1971. S'ha localitzat una primera edició que possiblement és de l'any 1960, tot i que no es pot verificar ja que no està indicat en la publicació.

⁴¹Segons indiquen Lahuerta i Rodríguez en el llibre *Muros de fábrica de ladrillo* (Lahuerta, Rodríguez, 1962) Haller a la seva publicació *Hochhausbau in Backstein*. Asociación suiza de fabricantes de ladrillos y boques 1959 exposa un gratacels de 18 plantes dut a terme amb estructura d'obra de fàbrica i arriba a afirmar que segons la seva teoria es pot arribar a construir un edifici de 25 plantes amb obra de fàbrica de 15cm de gruix.

2.-Estat de la qüestió

En el període d'estudi els sostres eren de biguetes de formigó pretesades o armades, amb biguetes metàl·liques o sostres ceràmics.

Cal tenir en compte que en aquest període hi ha una època amb escassetat d'acer i per tant cal complir les restriccions normalitzades.

Pel què fa al formigó, es comencen a donar unes bases de càlcul en la publicació del *Pliego de Condiciones Varias de la Edificación* (Centro Experimental de Arquitectura 1948), i posteriorment el 1968 apareix la norma Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado (AH 68).

La norma d'acer apareix a la meitat dels anys seixanta amb la MV102-1964, que serà ampliada per les següents normes MV 104 -1966, MV105-1967, MV-106-1968... segons la prescripció sigui sobre la forma de calcular amb acer laminat o les diferents tipologies d'unions. Totes elles seran recopilades i ampliades si és el cas, en la norma del 1995, NBE-EA-95⁴².

⁴² NBE-EA-95, Norma bàsica de l'Edificació, Estructures d'Acer, publicada el 1995.

3. Metodologia

Per tal de poder assolir els objectius indicats anteriorment, el present treball ha seguit la següent metodologia:

- Definir clarament els límits temporals, geogràfics, de tipologia constructiva i número mínim d'habitatges promoguts en una sola llicència d'obres per tenir una entitat mínima per tal d'ésser analitzats.
- Conèixer l'estat de la qüestió dels diferents temes i aspectes de la present recerca amb aportacions per part de testimonis i tècnics.
- Selecció de la mostra a partir de la qual dur a terme l'anàlisi.
- Analitzar el comportament de la fàbrica a partir de la mostra seleccionada.
- Extreure'n les conclusions.

3.1 Límits: temporal, geogràfic, tipus constructiu, mínim número d'entitats

3.1.1 Límit: temporal

Al moment d'iniciar la recerca es considera que l'època posterior de la Guerra Civil Espanyola és un període que hi ha una manca important de materials de la construcció i una falta d'habitatge a Catalunya⁴³, que comporta una forma específica de construir, on l'obra de fàbrica té una important influència. Per tant es considera que l'any 1939, quan finalitza la Guerra Civil Espanyola, comença el període d'anàlisi del present treball. El final de la investigació, temporalment parlant, és al moment que les polítiques públiques d'habitatge deixen de dependre directament del Ministerio de Fomento, i passen a ser gestionades per la comunitat autònoma⁴⁴.

3.1.2 Límit: geogràfic

El gran creixement de les ciutats en el període d'anàlisi es troba bàsicament en les ciutats industrialitzades que podien absorbir molta mà d'obra nouvinguda. D'altra banda, alguns dels grans polígons de la zona metropolitana de Barcelona havien estat analitzats i contemplats en altres estudis i treballs acadèmics⁴⁵. Al moment de iniciar la recerca amb una base d'edificis amb uns límits geogràfics determinats es considera que Sabadell és una de les ciutats del Vallès Occidental (juntament amb Terrassa) que rep una gran afluència d'immigració i que pateix un gran creixement, propera a Barcelona d'on pot rebre influència de la gran ciutat, però amb entitat pròpia significativa. Així doncs, pot ser un bon objecte d'anàlisi.

Com s'ha vist al capítol 2 de l'Estat de la qüestió, es porta a terme habitatge acollit a polítiques públiques a tots els barris de Sabadell, incloent el centre històric consolidat, per això el present treball s'ha

⁴³ Tal com s'ha exposat en el capítol de l'Estat de la Qüestió, en període de Postguerra, Catalunya rep una gran afluència de immigració provinent d'altres zones geogràfiques de l'Estat espanyol.

⁴⁴ El 1980 és la Generalitat qui gestionarà els projectes acollits a polítiques públiques d'habitatge.

⁴⁵ En el capítol 2 de l'Estat de la Qüestió s'exposen diferents treballs de recerca com la Tesi Doctoral del Dr. César Díaz (Díaz Gómez 1986), o els treballs docents dirigits per la professora Rosselló Nicolau.

3.-Metodologia

focalitzat en els barris creixents i no consolidats en el període d'anàlisi, amb l'objectiu que els solars on es construeixen els nous edificis objecte d'estudi tinguin unes característiques semblants.

3.1.3 Límit: tipologia constructiva

Tal com s'ha exposat en capítols anteriors, la cerca es centra en habitatge construït amb ajudes econòmiques estatals, prenent així, que la diversitat tipològica dels edificis sigui més petita i puguin ser comparats entre sí. El fet que sigui habitatge significa que les llums seran unes determinades per tal de poder-hi encabir el programa normal d'un habitatge, i el fet que s'aculli a les polítiques econòmiques homogeneïza el cost i superfície que aquests havien de tenir per tal de ser aprovats per l'Estat com habitatges que es podien acollir als ajuts econòmics.

D'altra banda, com indica el títol de la present Tesi, l'estudi d'aquesta és el comportament estructural de l'obra de fàbrica, l'evolució constructiva, la de càlcul de la seva resistència i les lesions que aquesta hagi pogut patir. Així que de tot l'habitatge amb promocions públiques o ajudes econòmiques per part de l'Estat construïdes en el període d'estudi, només s'analitzen els edificis d'habitatges plurifamiliars construïts amb l'obra de fàbrica ceràmica com element estructural.

En el primer període de l'estudi, es construeixen moltes promocions amb habitatges unifamiliars de planta baixa i primer pis, construïts en renglera o adossats de dos en dos que queden fora d'anàlisi. Posteriorment, a la dècada dels 50 la tipologia que més s'imposa és el dels blocs d'habitatges plurifamiliars.

Al següent apartat, on s'indica com s'ha seleccionat el mostratge, totes aquelles promocions que l'element estructural no és l'obra de fàbrica ceràmica, és a dir, els murs portants de formigó prefabricat, estructures de pilars tan metàl·lics com de formigó i el bloc de formigó com element estructural, ha quedat fora d'estudi. Quan l'estructura de pilars es situa només a la planta soterrani o semi -soterrani, o bé a la planta baixa i la resta d'estructura és amb murs de càrrega ceràmics sí que s'han analitzat, podent veure així l'evolució constructiva i com s'introdueixen els pilars de formigó en les estructures d'obra de fàbrica.

3.1.4 Límit: número d'entitats

El fet que el Govern impulsés moltes polítiques d'ajuts econòmics per tal que els habitants poguessin disposar d'un habitatge "digne"⁴⁶, provoca que es duguin a terme moltes promocions tant públiques com privades acollides a aquests ajuts. La variació de les promocions és molt dispar, des de promocions d'un edifici entre mitgeres amb tres habitatges en total (un per planta)⁴⁷, fins a promocions de més de 1500 habitatges repartits en diferents blocs plurifamiliars creant un nou barri⁴⁸. Aquest fet obliga a limitar el número mínim d'habitatges per promoció perquè siguin objecte d'estudi. Aquest límit és el de 6

⁴⁶ L'habitatge digne és un forma de definir els habitatges a les normes de polítiques públiques d'habitatge.

⁴⁷ Un exemple és un edifici d'habitatges promogut per l'empresa VIMUSA, acollit a les polítiques d'habitatge econòmic situat al carrer Feijóo 33 al sector de la Creu de Barberà que s'ha deixat fora d'estudi pel fet de tenir menys de 6 habitatges, amb la referència d'estudi 00_606.

⁴⁸ Un exemple d'aquestes característiques és el barri dels Marinals, sector de Can Rull amb 705 habitatges promoguts per l'Obra Sindical del Hogar, i amb una sola llicència d'obres, amb la fitxa del present estudi número 49_127.

habitatges mínim per promoció per tal de ser avaluat, amb la voluntat que les diferents entitats analitzades tinguin una sèrie de similituds i puguin ser comparades i analitzades conjuntament.

3.2 Estat de la qüestió

Per tal de dur a terme la investigació objecte del present document es fa imprescindible conèixer l'estat de la qüestió en els següents temes:

- Creixement de la ciutat de Sabadell en el període d'anàlisi, localitzant els barris formats a partir de les promocions amb polítiques públiques d'habitatge.
- Normes sobre les polítiques públiques d'habitatge en el període d'anàlisi i els seus antecedents.
- Normes sobre l'edificació i la construcció amb obra de fàbrica anterior a l'època d'estudi i durant els anys de construcció dels edificis objecte del present treball.
- Els anàlisis tipològics anteriors al present document dels edificis construïts entre el 1940 i el 1980 amb polítiques de promoció pública o ajudes econòmiques estatals.

Tota aquesta informació es troba al capítol 2 del present document destinat a l'Estat de la Qüestió i ha estat analitzada per tal de poder dur a terme el present treball.

Simultàniament es realitzen entrevistes amb tècnics que la major part de la seva vida laboral ha estat durant els anys en que es van projectar o construir els edificis objecte del present estudi, o bé tècnics que han rehabilitat els edificis en qüestió, aportant la descripció de les lesions i patologies observades i el seu coneixement sobre el bon fer de l'època.

3.3 Selecció de la mostra d'anàlisi

3.3.1 Recerca de la documentació gràfica i escrita

Al moment de començar la recerca, buscant la informació documental a partir de la qual iniciar l'anàlisi dels edificis, es recorre a l'Ajuntament de Sabadell que informa que tota la documentació amb més de 10 anys d'antiguitat està dipositada a l'Arxiu Històric de Sabadell⁴⁹.

Així que a partir de la informació bibliogràfica sobre la història de Sabadell i la col·lecció local dipositada a les biblioteques públiques de Sabadell on destaca la col·lecció de llibres editats pel Museu d'Història de Sabadell⁵⁰, els llibres editats per VIMUSA⁵¹ i per ADIGSA⁵², i les memòries de la Caixa de Sabadell (Roca Fabregat 2008) entre altres, es busquen les llicències d'obres que custòdia l'AHS del moment que es van construir els edificis objecte d'estudi.

Simultàniament s'investiga a l'Arxiu Bosch i Cardellach de la mateixa ciutat en la col·lecció *Arquitectura dossiers* entre les capses 56-58 on existeixen diferents promocions efectuades en el mateix període d'estudi. A partir d'aquesta informació es cerca la llicència d'obres a l'AHS.

⁴⁹ A partir d'ara la referència de l'Arxiu Històric de Sabadell serà amb les seves inicials AHS.

⁵⁰ Es fa referència a tots els títols editats pel Museu d'Història de Sabadell a la Col·lecció *Sabadell i els seus barris* (Casanovas Romeu 2010), (Laudo Cortina i Muset Pons 2004), (López Viana 2011), (Muset Pons 2007), (Muset Pons i Desola Mediavilla 2009).

⁵¹ Es fa referència als títols publicats per VIMUSA (Marcadé i Mateu 2007)

⁵² Es fa referència als títols editats pel Departament de Benestar Social i ADIGSA: (Barata 1995), (Oliva Vilà 1995), (Santos 1995).

3.-Metodologia

Finalment també es fa una recerca en l'Arxiu del Col·legi d'Arquitectes de Catalunya on es localitzen informes d'inspecció dels edificis durant les obres⁵³ i posteriors a l'edificació.

3.3.2 Selecció del mostratge

A partir de conèixer els barris i zones geogràfiques de gran creixement edificats en l'època, i de les adreces i situacions dels edificis, es localitzen les llicències d'obres identificant-ne els promotors tant públics com privats que varen apostar en aquella època per realitzar habitatge acollit a les polítiques públiques. Això fa possible escombrar les llicències d'obres dipositades a l'AHS pel nom de les empreses promotores⁵⁴ dels edificis que eren d'interès per la present tesi, i obtenir el màxim número possible de llicències d'obres sol·licitades en l'època d'estudi acollides als beneficis econòmics per les polítiques públiques d'habitatge.

D'aquesta forma s'han localitzat 262 número de llicències d'obres acollides a promocions públiques dipositades a l'AHS, de les quals 172 compleixen tots els requisits per ser analitzades en el present treball.⁵⁵

Així doncs, els edificis d'habitatges plurifamiliars localitzats a partir de les llicències d'obres han estat construïts entre el 1939 i el 1980, a la ciutat de Sabadell, han estat promoguts per empreses tant privades com públiques acollides a les polítiques d'ajuts econòmics per part de l'Estat, tenen una estructura de murs de fàbrica ceràmica com a mínim a les plantes tipus dels habitatges, i s'han promogut més de 5 habitatges en una sola llicència d'obres, són la mostra d'anàlisi.

⁵³ Un dels informes localitzats a l'Arxiu del Col·legi d'Arquitectes de Catalunya és un informe redactat per l'arquitecte Pere Benavent i Abelló el 1947 com a seguiment de les obres dels 80 habitatges entre els carrers Copenhague, Clemente Isaura i el Passeig Espronceda. Vinculat a la fitxa d'anàlisi del present document número 27_26.

⁵⁴ Només s'han escombrat les llicències d'obres amb promotors que fossin persones jurídiques, tenint en compte la Llei de Protecció de Dades, no identificant cap persona física com a promotora. Tema explicat a l'annex D.

⁵⁵ En l'annex C es llisten totes les llicències d'obres localitzades a l'AHS que han estat acollides a polítiques de promoció pública tant de promotors privats i s'indica la causa per la que no han estat analitzats.

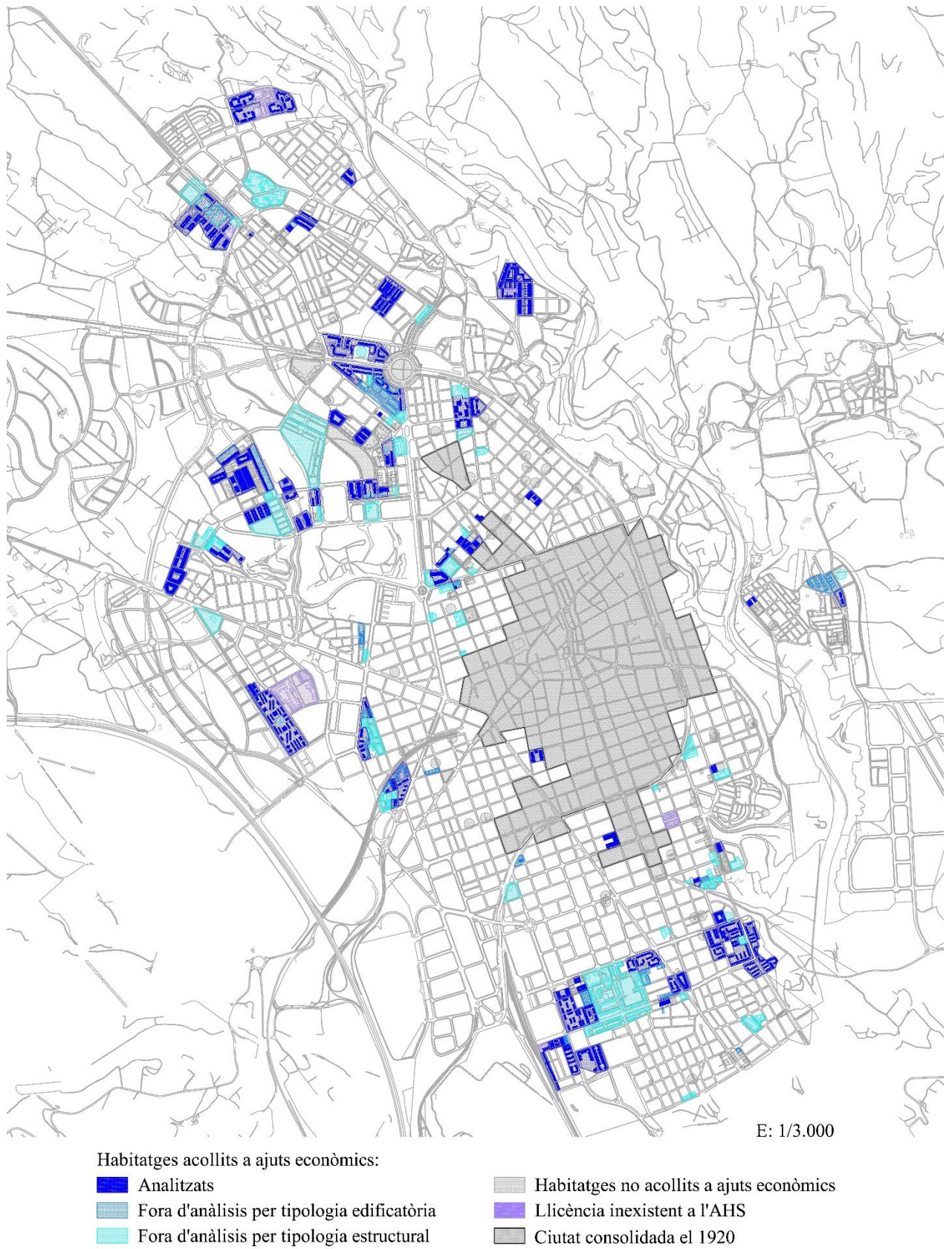


Figura 5. Plànol de la ciutat de Sabadell indicant els edificis analitzats.

3.4 Procés d'anàlisi de la mostra

3.4.1 Recopilació de documentació gràfica i escrita dels projectes

Per tal de poder analitzar d'una forma sistematitzada totes les promocions objecte del present treball s'han creat unes fitxes de cada una de les llicències i edificis, on es recullen els aspectes que es considera que posteriorment seran objecte d'anàlisi⁵⁶.

Cada fitxa està dividida en quatre parts:

La primera on s'exposa tota la informació administrativa com és l'arquitecte⁵⁷ redactor del projecte, l'adreça original del projecte, nom del projecte, any del projecte i de la construcció, entre altres.

En aquesta primera part s'indiquen els diferents edificis que s'analitzen de la fitxa relacionant-los amb la llicència d'obres d'on s'ha extret la informació, també hi ha la situació dels edificis que s'analitzen a la fitxa en qüestió, en un mapa general de la ciutat a escala gràfica E:1/6000, seguit d'un segon plànol amb un segment de Sabadell a escala gràfica E:1/300, en aquest segon plànol s'identifiquen els edificis que són analitzats en la fitxa en qüestió. I per acabar aquesta part, s'indica en negreta la documentació que s'ha obtingut de les llicències d'obres.

Seguidament s'exposa la informació tècnica de cada una de les tipologies o edificis objecte d'anàlisi, on es recull el número de plantes que té cada un dels edificis, es defineix el tipus d'estructura vertical de cada una de les plantes i l'alçada de les mateixes, el tipus constructiu de forjat i les llums màximes i mínimes de cada edifici, així com l'existència de voladissos. L'existència o no de congreny perimetral en cas que estigui indicat a la documentació i la posició del mateix respecte el forjat. També s'exposa l'estat de càrregues indicat a la memòria o a la documentació gràfica així com el percentatge de part opaca respecte el total de la façana.

En aquesta part més tècnica, es presenta un esquema sense escala del forjat de la planta tipus i un esquema de la planta baixa. Al moment de realitzar l'esquema s'ha grafiat de diferent manera si la direcció de les biguetes del forjat estava explícit en plànols només indicant la direcció d'aquestes o amb el dibuix de cada una de les biguetes, coneixent així l'interèix de les mateixes, o bé ha estat deduïda per l'autora de la fitxa.

Finalment en aquest apartat també s'indica si es coneix alguna reparació duta a terme a l'edifici i el marc normatiu en el que cal situar l'edifici a conseqüència de l'any del projecte.

La tercera part de la fitxa és un recull de la documentació escrita de la llicència d'obres original que es considera important de tenir en compte al moment d'entendre l'edifici o d'analitzar el mateix. En general és la transcripció textual de la memòria i/o del plec de condicions del projecte adjuntat a la sol·licitud de la llicència d'obres.

⁵⁶ Les fitxes de cada un dels edificis es troben a l'annex D del present document. Aquest annex conté una primera fitxa tipus, exposant en detall cada part de la mateixa. Tot i així en el present apartat s'exposen els punts més importants i es defineixen les quatre parts més significatives de les fitxes en qüestió.

⁵⁷ L'arquitecte és identificat amb un número ja que no pot ésser revelat el nom, acollint-se a la Llei Orgànica de "Protecció de dades de caràcter personal" del 13 de desembre de 1999, núm. 15/1999 i la Llei de "Transparència, accés a la informació pública i bon govern" del 29 de desembre del 2014, amb el número 19/2014.

Per acabar la fitxa, com a quarta part de la mateixa, hi ha un apartat titulat “Altres” on es posa de manifest i es destaquen característiques del projecte que l'autora ha considerat necessari de posar en rellevament per tal de tenir-ho en compte al moment de fer la visita a l'edifici o l'anàlisi del mateix. En aquest mateix apartat s'han adjuntat fotografies i s'han descrit les lesions o canvis soferts amb el pas dels anys, necessari de tenir en compte per la present tesi.

Cal destacar que la informació de partida eren les llicències d'obres, així que es troben llicències molt heterogènies. És a dir, es pot observar que una llicència conté la informació d' un total de 20 edificis⁵⁸ i en canvi un carrer amb 4 blocs idèntics adossats uns als altres, han estat entrats com quatre llicències distintes.⁵⁹ Com a metodologia d'anàlisi una sola fitxa conté el màxim nombre d'edificis dins d'un mateix carrer o barri, tant perquè s'hagin demanat en una sola llicència o bé, perquè són edificis iguals o amb petites variacions juxtaposats uns als altres, encara que la sol·licitud de llicència d'obres a l'Ajuntament hagi estat en diferents moments i per tant s'hagin obtingut llicències separades. Aquest mètode ajuda a l'anàlisi al poder tenir agrupades les tipologies edificatòries semblants.

3.4.2 Inspecció visual

Un cop identificats els casos d'estudi, es dur a terme una inspecció visual dels edificis objecte d'anàlisi. Aquesta inspecció es fa en tots els casos des de l'exterior, podent observar les lesions que es puguin manifestar a les façanes o testers, coneixent el seu funcionament a través de l'anàlisi extret de la documentació gràfica i escrita del projecte original, dipositat a l'AHS a través de la sol·licitud de les llicències d'obres.

En els casos que sigui possible accedir a l'interior de l'edifici s'hi accedeix, o bé a l'escala o bé en alguns habitatges en concret en que la propietat s'avingui a permetre que l'autora del present entri al seu habitatge. En els edificis en que s'accedeix es deixa explícit a la fitxa d'anàlisi de l'annex D de la present tesi a l'apartat indicat com a “Altres”.

3.4.3 Anàlisi a partir de les fitxes i inspeccions

Les fitxes redactades a partir dels projectes dipositats com a llicència d'obres de l'Ajuntament i de les inspeccions oculars dutes a terme en els edificis, s'analitzen des de la disposició més general al detall més concret en els següents punts:

- Disposició dels elements estructurals verticals respecte la façana i número de crugies.
- Distància entre els murs de trava, i tipologia d'obra de fàbrica que els componen.
- La tipologia de la ceràmica que forma la fàbrica dels murs de càrrega portants.
- Tipologia del forjat i llums màximes i mínimes dels sostres d'una mateixa planta.
- Existència o no de congrenys i la seva situació en relació al forjat.

⁵⁸ El barri de Can Déu es va construir amb una sola sol·licitud de llicència d'obres un total de 318 habitatges i redactat per diferents despatxos d'arquitectes com es pot observar a la fitxa 21_45 de l'annex D.

⁵⁹ Un exemple d'aquest és el cas de tres edificis promoguts i projectats per les mateixes persones situats a l'actual Avinguda de Barverà, antiga Avda. J. Antonio. Els dos edificis extrems són pràcticament idèntics i el del mig s'adapta per tal de poder ser entre mitgeres, correspon a les fitxes 130_495, 131_499 i 132_546 de l'annex D.

3.-Metodologia

A més a més, també es contemplen els següents temes:

- Ús de la planta baixa i tipus d'estructura vertical portant de la mateixa.
- L'alçada de l'edifici.
- Estats de càrrega indicats en projecte o per context històric.

A partir d'aquestes dades es crea un quadre resum, adjuntat a l'annex E, on cada element edificatòri diferent queda identificat amb les característiques constructives anteriorment exposades.

D'aquesta manera els aspectes i les característiques indicades es posen en relació amb l'època de la construcció, i l'evolució constructiva d'un mateix arquitecte.

3.4.4 Càlculs

A partir de classificar i analitzar els edificis segons les característiques indicades al subapartat anterior, es calculen les tensions màximes a les que treballa la fàbrica dels casos d'estudi més sol·licitats, aquests es tenen en compte depenent de:

- Distància entre murs de trava.
- Descompensació de les llums dels sostres.
- Número de plantes.
- Llums màximes imposant tensions més elevades.
- Estats de càrrega als que estan sol·licitats els sostres segons documentació de projecte o pel context històric.

Aquests càlculs es duen a terme amb les hipòtesis de càlcul inicials de projecte i en les hipòtesis de les diferents èpoques de l'anàlisi.

3.5 Conclusions

En les conclusions de la tesi s'indiquen els resultats i el significat dels mateixos de tota l'anàlisi anterior, al mateix temps que s'exposa si s'han acomplert els objectius inicials a l'estudi i en el cas que no sigui així s'exposaran les causes.

També s'exposen els altres resultats obtinguts no previstos a l'inici de la Tesi i que s'hagin pogut obtenir a partir de la recerca realitzada.

Finalment s'indiquen possibles futures línies de recerca.

4. Anàlisi de la mostra

Per tal d'analitzar l'evolució constructiva dels habitatges construïts en el període de postguerra fins al final del període de construcció amb mur de càrrega com element estructural a Sabadell, cal dur a terme l'anàlisi en diferents aspectes; un d'ells, l'anàlisi de la mostra de 172 llicències d'obres, dividint-la i classificant-la per tal que sigui abordable pel seu estudi.

Tenint en compte que tota la mostra està acollida al tipus edificatori d'habitatges amb estructura vertical d'obra de fàbrica, caldrà classificar la mostra en diferents subtipus des del més general fins al més concret.

En primer lloc es fa una primera classificació depenent de la disposició dels murs de càrrega respecte la façana, així hi haurà els següents subtipus dins de la tipologia que s'analitza al present document:

- Subtipus 1.a Murs de càrrega paral·lels a façana
- Subtipus 1.b Murs de càrrega perpendiculars a façana
- Subtipus 1.c Murs de càrrega ambdues direccions

Cada un d'aquests subtipus es troba estabilitzat pels murs de trava a distàncies diferents que venen donades en part pel subtipus al que pertanyen i la disposició dels murs de càrrega vertical. D'aquesta manera s'observa que cada subtipus es desglossa de la següent forma:

- DL Si la distància entre els murs de trava és igual o superior a 10m.
- DM Quan la distància entre els murs de trava és igual o superior als 7m i inferior als 10m.
- DC Els casos en que la distància entre els murs de càrrega és inferior als 7m.

Avançant cap al detall cal classificar cada un d'aquests subtipus segons l'obra que el compona, és a dir el tipus de maó que constitueix el mur de càrrega i el seu gruix. Així es distingirà segons si l'obra de fàbrica és de maó massís, calat o foradat i si el gruix és de 45cm, 30cm o 15cm. En la classificació es troben les següents característiques:

- M-30 Mur de 30cm de gruix sense identificar tipus de fàbrica.
- Mm-30 Mur amb maó massís de 30cm de gruix.
- Mm-15 Mur amb maó massís de 15cm de cantell.
- G-15 Mur de maó calat de 15cm de cantell (gero).
- G-15C Mur de maó calat de 15cm de cantell amb càmera d'aire fins completar una façana de 25 o 30cm de gruix total.
- T-15 Mur de totxana de 15cm de gruix.

4.-Anàlisi de la mostra

També s'identifica el tipus de forjat que és suportat pel mur de càrrega que s'analitza, entre els sistemes construïts que es troben a la mostra, tots ells forjats unidireccionals, poden ser de biguetes de formigó, pretesada o forjat ceràmic.

- BC Forjat ceràmic.
- BF Bigueta de formigó.
- BP Bigueta pretesada.
- BS Forjat sense definició.

Finalment és important l'anàlisi de la unió entre el mur de càrrega i el forjat que suporta, aquesta es troba definida algunes vegades a la memòria del projecte i en altres en els detalls constructius, on s'observa que el congreu està col·locat a nivell de forjat o sota forjat. Així doncs es classifica segons:

- CNF Congreu a nivell de forjat.
- CSF Congreu sota forjat.
- CSS Congreu amb congreus a nivell de forjat i sota forjat.
- CC2 Congreu cada dues plantes.
- CSI Congreu sense identificació.

D'aquesta manera cada edifici queda classificat identificant la disposició dels seus murs de càrrega respecte la façana, com estan travats els murs portants amb una valoració de les distàncies entre aquests murs de traves, el tipus de ceràmica i gruix del mur que el compon, el sistema constructiu del forjat que suporta i l'existència i col·locació del congreu. Així doncs la següent classificació 1.a DM G-15 BF CSF significa que l'edifici té una estructura de murs portants paral·lels a façana amb unes traves situades entre 7 i 10m de distància, que està compost per maó calat de 15cm de cantell, el forjat que suporta és de biguetes de formigó i la unió entre el forjat i el mur de càrrega és a través d'un congreu col·locat sota forjat.

A més a més d'aquesta classificació hi ha tres aspectes importants que per l'anàlisi de la tensió de l'obra de fàbrica cal considerar: l'alçada de l'edifici, l'estat de càrregues del forjat i l'ús de la planta baixa, ja que depenent d'aquest ús s'observa que l'estructura de la planta baixa és diferent i la tensió màxima de l'obra de fàbrica pot trobar-se a la planta pis en comptes de la planta baixa si aquesta està formada per pilars.

4.1 Classificació de la mostra

Un cop recollides totes les dades facilitades per les llicències d'obres, tant des del punt de vista administratiu com des del punt de vista tècnic, cal classificar la mostra segons els criteris indicats anteriorment, per tal de poder ser analitzada a fons i realitzant els càlculs pertinents de les situacions més exposades.

D'aquesta manera queden classificats tots els edificis segons la seva estructura:

- Disposició dels elements estructurals verticals respecte la façana i número de crugies. (a, b, c)
- Distància entre els murs de trava i tipologia d'obra de fàbrica que els componen. (DL, DM, DC)
- La tipologia de la ceràmica que forma la fàbrica dels murs de càrrega portants. (M-30, M-15, G-15, G-15C, T-15)
- Tipologia del forjat i llums màximes, així com la descompensació de les diferents llums dels sostres d'una mateixa planta. (BF, BP, BS, BC)
- Existència o no de congrenys i la seva situació en relació al forjat. (CNF, CSF, CSI)

I també per altres condicionants com són:

- Ús de la planta baixa i tipus d'estructura vertical portant de la mateixa.
- L'alçada de l'edifici.
- Estats de càrrega indicats en projecte o per context històric.

4.1.1 Disposició dels elements estructurals verticals respecte la façana

La primera classificació⁶⁰ que es posa de manifest en el present treball és la disposició dels elements de càrrega respecte la façana i el número de crugies.

S'observa que la mostra es divideix en tres grans conjunts: aquells edificis que els murs de càrrega estan situats paral·lels a la façana principal (1a), els edificis que els murs de càrrega estan situats perpendiculars a la façana principal (1b) i un tercer grup amb els murs de càrrega ambdues direccions (1c), és a dir que els elements portants tant es troben paral·lels a façana com perpendiculars a la façana.

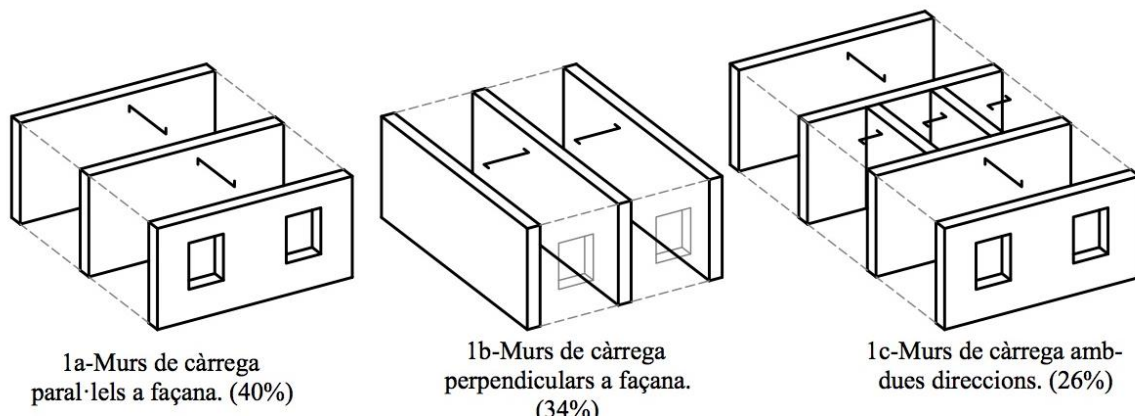


Figura 6. Esquemes dels tipus d'estructura localitzada a la mostra amb els seus percentatges del total analitzat.

4.1.1.1 Murs portants paral·lels a la façana subtipus: 1a

Aquest grup d'edificis, on els murs de càrrega portants són paral·lels a la façana, és el més nombrós de la mostra representant un 40% de les tipologies analitzades.

S'observa com la majoria de les estructures resoltes paral·leles a façana estan formades per dues crugies (pràcticament el 70%); però també es troba algun exemple de 3 crugies i de 4 crugies.

A més a més, amb la creació dels nous barris i els nous volums edificatoris, no sempre tancant l'illa de cases, també es resolen els blocs d'habitatges creant dos edificis units per l'escala, de forma que es

⁶⁰ El fet de presentar-la com la primera divisió de la mostra és perquè aquest subgrup articula tota la resta sent la classificació més general que es pot fer de tota la mostra, creant tres grans grups d'anàlisi amb alguna excepció com s'indica en la exposició, i que les següents divisions estaran formades per més subconjunts.

4.-Anàlisi de la mostra

desenvolupen dos edificis un al costat de l'altre i unitats pel nucli de comunicació, on cada un d'aquestes unitats està creada com un edifici de tres o quatre crugies exposat en el present treball com si fossin 3+3 o 4+4 crugies⁶¹.

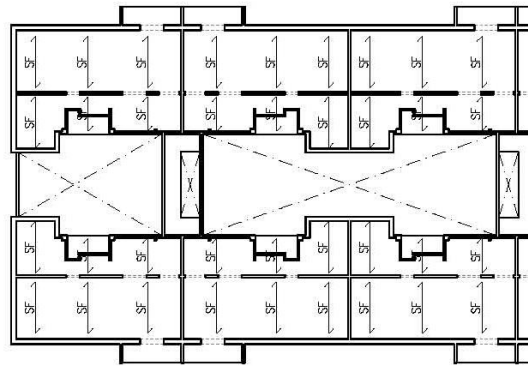


Figura 7 Esquema estructural de la planta tipus de l'expedient 26_06 , dues crugies paral·leles a façana (1a) 2+2.

Quan l'estructura està formada només per dues crugies el mur central de la planta és el que està més sol·licitat i té la secció més fina, de manera que és el mur de l'edifici amb la tensió més elevada. Aquest fet a més a més pot venir perjudicat si les dues crugies que suporta el mur central no estan ben compensades podent crear un moment flector en el mur en qüestió.

S'observa que pràcticament totes les tipologies analitzades amb dues crugies per planta, aquestes estan força ben compensades amb una relació entre elles que la llum petita és el 60% de la llum gran. Tot i que en el 9% d'aquesta tipologia la compensació entre les llums és inferior al 60% com s'ha indicat anteriorment. El cas més descompensat és el de l'expedient 21_45 projectat el 1969 on la llum petita és el 25% de la llum gran. Es tracte d'un edifici que s'adapta a la cantonada creant l'habitatge en una de les crugies i el passadís d'accés a l'habitatge a la crugia de llum petita.

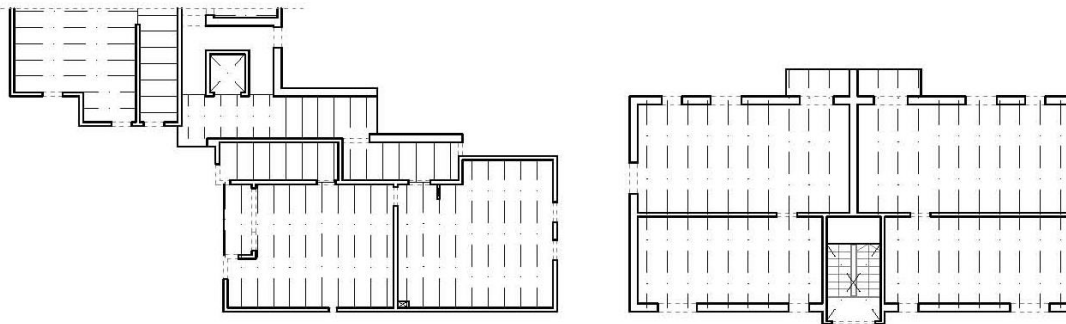


Figura 8. Esquema estructural de la planta tipus de l'expedient 21_45 (esquerra) amb llums descompensades i la fitxa 19_42(dreta) amb les llums compensades.

També cal indicar que la majoria dels casos que l'edifici consta de dues crugies i aquestes es recolzen als murs de façana i mur central paral·lel a les façanes, el nucli d'escala està situat perpendicularment i els murs del tancament de l'escala treballen com murs de trava, col·laborant així a l'estabilitat del

⁶¹ En el quadre resum de totes les tipologies analitzades adjuntat en l'annex E hi ha una columna on s'indica el número de crugies que té cada tipologia, en aquestes s'indica com 2+2, 3+3, o 4+4, quan l'escala està situada al mig i a cada costat de l'escala hi ha el número de crugies indicades amb el número que es troba separat pel símbol sumatori.

conjunt. Aquest fet redueix en molts casos la distància entre els murs de trava del mur central i més sol·licitat respecte als de façana.

Si s'observa la relació entre la compensació de les diferents llums que té l'edifici i l'edat de la construcció no es troba cap relació evident, projectant-se edificis del subtipus 1a des de l'inici de l'any de l'estudi fins el 1974, trobant-se un sol cas del 1977.

4.1.1.2 Murs portants perpendiculars a la façana: 1b

Les tipologies amb els murs portants perpendiculars a les façanes són el grup menys nombrós amb el 26% de la mostra analitzada. La majoria d'aquestes tipologies estan formades per un número parell de crugies, des de dues, quatre, sis o l'agrupació de dos edificis amb quatre crugies a través del nucli d'escala. Però també hi ha exemples amb cinc crugies i fins i tot de set.

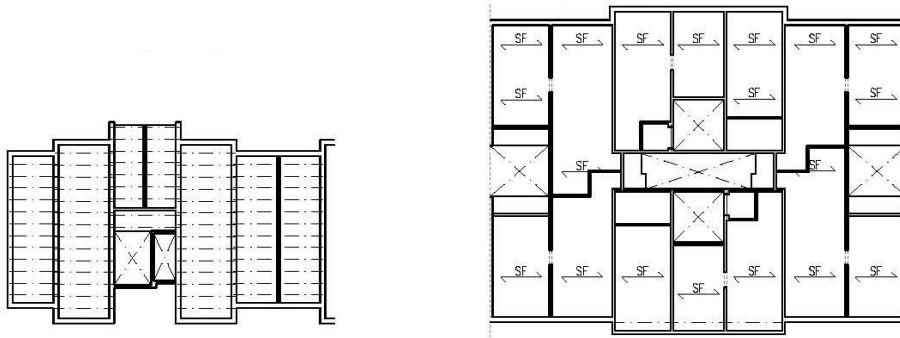


Figura 9 Esquema estructural de la planta tipus de l'expedient 46_70 (esquerra) amb crugies perpendiculars a façana 3+3 i 55_142F (dreta) amb set crugies perpendiculars a façana.

Les llums entre els murs de càrrega quan aquestes estan situats perpendicularment a la façana són força equivalents, i en molts casos fins i tot són dues crugies de la mateixa llum (un exemple es troba a la fitxa 31_124). Però també hi ha excepcions, com la variant de l'expedient 61_157, on la llum petita és el 28% de la llum gran. Aquestes dues crugies a cada un dels costats de l'escala a la zona central de la planta crea un espai amb una llum de 5,3m al costat d'una llum de 1,5m. Situant la llum major a la mitgera i la llum curta al centre de l'edifici propera al nucli de comunicacions. Això significa que el mur de suport a més a més d'estar sol·licitat a una càrrega important axil també té un cert moment flector causat per la dispersió entre les llums dels dos costats d'aquest. D'altra banda, la mitgera amb un cantell de 15cm, travada per les dues façanes i algun tabicó, suporta una càrrega axil completament descompensada, podent crear una excentricitat significativa al mur de càrrega extrem, si el forjat no s'articula.

Si es posa en relació aquesta tipologia on els murs de càrrega es situen perpendicularment a la façana amb l'època de la seva construcció, s'observa que els murs portants perpendiculars a façana es projecten a partir del 1963 fins el 1973 amb un sol cas del 1955. I si es situa cronològicament la compensació entre les diferents llum del mateix sostre, fins el 1965 la relació entre les diferents llums és superior al 60%, en canvi posteriorment la diferència entre les llums és major arribant a ser la llum petita menys del 30% de la llum gran, com s'ha exposat anteriorment.

4.-Anàlisi de la mostra

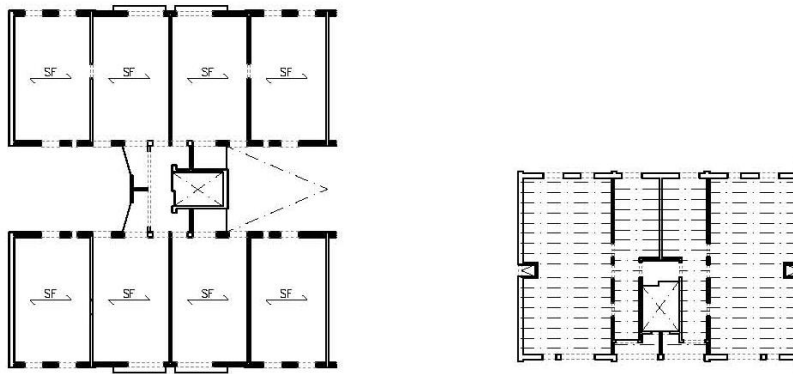


Figura 10. Esquema estructural de la planta tipus de l'expedient 31_124 (esquerra) amb llums compensades i la fitxa 61_157(dreta) amb les llums descompensades.

4.1.1.3 Murs portants ambdues direccions respecte la façana: 1c

Entre les tipologies que els seus murs de càrrega estan en les dues direccions, paral·leles i perpendiculars a les façanes, trobem diferents casos:

1cC: Les cantonades, moltes vegades es resolen amb forjats en diferents direccions per tal d'adaptar-se al solar, provocant així que els murs de càrrega paral·lels a una de les façanes siguin de trava a l'altra façana. Fent que alguns murs suportin el sostre d'un costat del propi mur i en canvi siguin el tancament de l'altre costat del mur, és a dir, col·laborin en la trava i estabilitat global de l'edifici.

1cM: Un altre cas són aquelles plantes d'edificis entre mitgeres que la direcció del forjat canvia dins la mateixa planta i per tant les biguetes es recolzen en dos sentits, fent que els murs que treballen com murs de càrrega es troben paral·lels i perpendiculars a les façanes depenent de la seva situació en planta, pel fet que el sostre canvia de direcció⁶².

1cA: Finalment també hi ha els edificis que per tal de poder arribar a tenir més altura es canvia la direcció del forjat. Així l'augment de l'alçada s'aconsegueix de dues formes: 1cA1 fent que un mur de càrrega pel tram de forjat d'un costat tingui funció no portant i només de trava pel sostre de l'altre costat del mur. O el subtipus 1cA2 que el sostre té diferent direcció depenent de l'alçada de la planta. Així els murs de càrrega de les plantes inferiors, són murs de trava a les superiors i al contrari, els murs de trava de les plantes inferiors són de càrrega a les superiors. Aconseguint d'aquesta manera que els murs carreguin la meitat dels forjats que té l'edifici en altura. Per tant suportant el mateix número de plantes, amb unes tensions poc més superiors⁶³, s'aconsegueix un edifici amb un major número de plantes.

⁶² Algunes d'aquestes tipologies recorda a les estructures dels murs de càrrega de l'exemple de Barcelona, àmpliament estudiada (Paricio 2001), (Cornadó 2015) on les crugies de façana es recolza sobre els murs de façana i les crugies interiors es recolzen sobre els murs de càrrega de la caixa d'escala o pati interior. En canvi hi ha altres que només giren el forjat en la crugia de façana o de pati interior d'illa.

⁶³ El fet que un mur sigui de càrrega a unes plantes i de trava en unes altres, fa que la càrrega que suporta a causa dels forjats sigui la meitat del total del número de forjats que té l'edifici; i només se l'incrementa el pes propi del mur de les plantes que la seva funció estructural és la de trava. D'aquesta manera augmentant molt poc la seva tensió, només la provocada pel pes propi del mur de les alçades on el mur té la funció de la trava, l'edifici pot ser el doble d'alt amb un increment molt petit de la tensió del mur de fàbrica.

Tot i que pugui semblar que les llums no tenen perquè tenir una compensació pel fet que els sostres van en diferents direccions, cal indicar que al analitzar tots els edificis amb l'estructura de suport ambdues direccions (1c), s'observa que la majoria de les tipologies analitzades les llums estan compensades i si hi ha una descompensació és entre les llums que van en la mateixa direcció i no entre les longitudinals i las transversals. Tot i que només hi ha un 8% dels casos que la llum petita és inferior al 40% de la llum gran, i en tots ells la relació és entre crugies de la mateixa direcció.

La relació entre els murs de càrrega i els de trava és molt dispar, es troben subtipus DL, DM i DC, ja que en alguns casos l'escala s'utilitza com element portant que obliga a girar el sentit del forjat⁶⁴, i en altres casos es gira la direcció del sostre per tal de facilitar obertures a les façanes.

Al moment que es posa en relació aquestes tipologies en el període de construcció de les mateixes, s'observa que es projecten aquest tipus d'estructura des del 1953 fins el 1978, és a dir pràcticament en tot el període d'anàlisi.

4.1.2 Tipologia dels murs de trava i distàncies entre ells

Quan s'analitza des del punt de vista dels murs de trava i s'observen les distàncies màximes entre aquests, es posa de manifest que el rang de les diferents distàncies és molt ampli. Es troben murs portants que disposen de murs de trava amb distàncies màximes inferiors als 4m fins a murs de càrrega que no disposen de cap element de trava amb distàncies superiors als 18m.

Un dels exemples que el mur portant té la distància entre els murs de trava més gran és el cas de la fitxa 51_132 projectat l'any 1957, caracteritzat com (1a DL) on el mur de càrrega paral·lel a façana té una longitud de 18,5m, amb obertures pel pas de portes i on tots els murs que rep com a divisòries de la distribució interior de l'habitatge tenen poca entitat, essent envans de 5cm. Així el mur de càrrega només està lligat per les dues mitgeres com elements suficientment rígids com per tenir una funció estructural de murs de trava.

Al posar en relació les distàncies màximes entre els murs de trava amb l'any del projecte, no es pot definir cap relació evident, havent en qualsevol període distàncies grans i petites. Tampoc es pot identificar una diferència entre les distàncies màximes d'abans o després de la norma MV201-1972, ja que l'any 1972 es projecten edificis amb murs portants paral·lels a façana (1a) i travats només per mitgeres i caixes d'escala amb una distància entre els murs de trava superior als 12m⁶⁵.

Si aquestes distàncies es posen en relació amb la situació de l'element portant respecte la façana, es verifica que la dispersió més gran entre distàncies màximes dels elements de trava està en la mostra on el mur de càrrega portant és paral·lel a la façana on es troben distàncies d'entre 3,7m i 18,5m. En aquesta mostra en el 55% les distàncies són superiors als 7m (DM) i pràcticament en la meitat d'aquestes les distàncies són superiors als 10m (DL).

Un cas semblant s'observa quan el mur de càrrega està ambdues direccions (1c), és a dir que a la mateixa planta hi ha murs de càrrega paral·lels a façana i altres perpendiculars a aquesta. Analitzant aquestes

⁶⁴ Es fa referència al segon cas exposat anteriorment 1cM.

⁶⁵ Es fa referència a expedient 86_322 (1a DL)

4.-Anàlisi de la mostra

mostres s'observa que en el 64% les distàncies màximes són superiors als 7m (DM) i en la meitat d'aquest tenen distàncies superiors als 10m (DL). Tot i així el rang és més petit ja que la distància màxima més petita de la mostra és de 5m i la més llarga de 17,4m.

En canvi quan els murs portants són perpendiculars a la façana principal (1b) la distància màxima entre els murs de trava és de 10m. i la gran majoria el 80% tenen distàncies superiors als 7m (DM), sent un percentatge molt petit els que les distàncies màximes estan compreses entre els 4,15m i els 6,6m⁶⁶.

Per acabar aquest subapartat indicar que en el projecte que es resol amb murs de càrrega en diferents direccions depenent de l'alçada del pis, les distàncies entre els murs de trava es troba entre els 5 i 5,5m (DC) ja que els murs de trava d'una planta tenen funció estructural de mur de càrrega a les plantes superiors o inferiors.

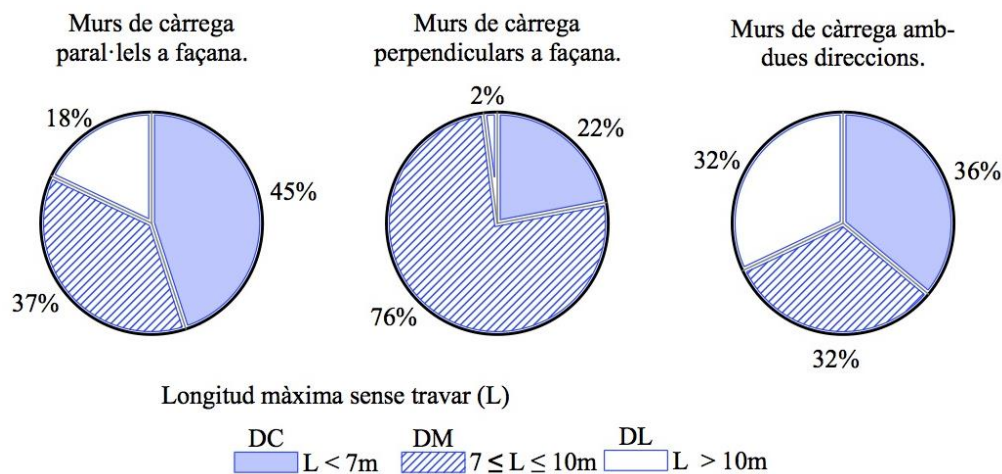


Figura 11. Relació de les llums màximes sense travar depenent de la disposició del mur de càrrega

4.1.3 Tipologia de la ceràmica

Durant els anys que es construïren els edificis d'estudi, les fàbriques que s'utilitzaven estaven formades per peces ceràmiques de maó massís, maó calat i maó foradat⁶⁷; lligades amb morter de calç o morter amb ciment portland. Un dels aspectes d'anàlisi és conèixer el tipus de fàbrica que s'utilitzava així com el gruix de mur que s'emprava en cada situació de la fàbrica respecte les alçades de les plantes, ja que cada fàbrica té una tensió admissible diferent i s'assenta de diferent manera si el ciment del morter és de calç o portland⁶⁸.

Cal indicar que per tal de conèixer el tipus de morter, cal recórrer a la memòria que no sempre és explícita en aquest aspecte. S'observa que sí que s'explicita quan es defineix que el morter ha de ser de ciment portland, la majoria de vegades abreviat per les seves sigles C.P. o c.p.; però en pocs casos es troba que s'expliciti que el morter per la construcció de la fàbrica havia de ser morter de calç.

⁶⁶ Només hi ha dos exemples en el total de la mostra.

⁶⁷ Les tres tipologies de peces indicades, així com els dos tipus de morters indicats estan definits en el *Pliego General de Condiciones de la Edificación* aprovat pel Consejo Superior de Colegios de Arquitectos, un dels primers documents tècnics editat a Madrid el 1948 i que també queda definit a les normes actuals d'obra de fàbrica.

⁶⁸ A l'entrevista amb l'arquitecte Pérez Lluch, de l'annex A, aquest expressa molt clarament i amb exemples reals el comportament diferenciat entre el morter de calç i el morter amb ciment portland.

Al moment d'identificar les fàbriques passa quelcom semblant, cal observar quina és la descripció de la fàbrica que s'indica a la memòria del projecte. En aquest cas la majoria de vegades que es descriu la peça ceràmica a utilitzar és o bé el maó calat o la totxana i indicant la seva situació en murs de trava, tancament o murs portants i a les alçades en que cal emprar cada tipus de fàbrica. Només en tres casos s'indica que l'obra de fàbrica amb la que s'hagi de dur a terme la construcció sigui amb peça ceràmica massissa, fet que no significa que no s'usés, sinó que no quedava explicitat en la memòria. En el cas de la peça ceràmica, si aquesta és vista a les façanes sí que és més fàcil identificar-la que el tipus de morter, ja que moltes vegades pel pas del temps les peces s'han degradat deixant veure si era una peça massissa o bé una peça de maó calat.

Al moment d'analitzar la mostra, s'observa que hi ha tres tipus de murs portants pel què fa el seu gruix, el mur de 45cm, el mur de 25 o 30cm i el mur de 15cm, i en cada un d'ells s'analitza com és la seva fàbrica i la posició respecte l'edifici i la planta. Evidentment hi ha més tipus de murs ceràmics de menor cantell i sense una funció estructural o amb una única funció estructural, la de mur de trava en algunes ocasions: l'envà de 10cm de cantell, conegut també com a "tabicón" molt utilitzat com a mur de trava i l'envà de 5cm per les divisions interiors de les estances dels habitatges, en principi sense funció estructural.

4.1.3.1 Murs portants de 45cm de gruix M-45

En primer lloc cal indicar que l'existència de murs de càrrega de 45cm de gruix és molt escassa ja que no arriba al 4% de totes les tipologies d'edificacions analitzades. Totes elles es troben en els primers anys de l'estudi 1947-1957 i les edificacions poden tenir entre 3 i 12 plantes pis, a totes elles la planta baixa està destinada total o parcialment a local comercial, i és la única planta amb els murs de càrrega de 45cm de gruix. Excepcionalment el 1965 es construeix una promoció amb dues tipologies on els murs de semi-soterrani i la planta baixa tenen un gruix de 45cm. identificada com a 118_492 (1c DL M-45 BP CNF)

Sempre els murs de 45cm de gruix són murs de façana i els murs de càrrega interiors són de 30cm, podent tenir a més a més els murs de trava de 15cm o de 30cm depenent del projecte. Només en un dels casos el mur amb un gruix de 45cm es troba també als murs interiors de l'edifici, es tracta d'un edifici de PB+3 del 1957, identificat al treball amb el codi 05_11 (1a DM M-45 BF CSI)

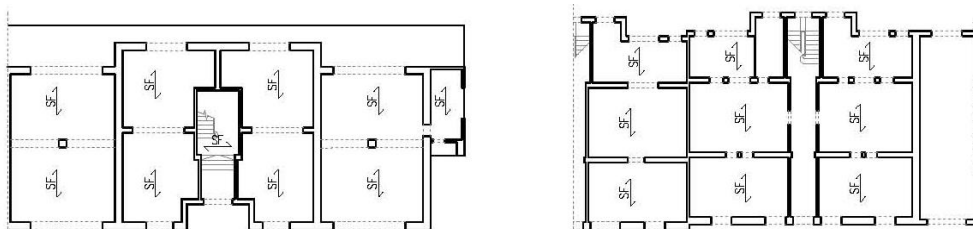


Figura 12. Esquema estructural de la planta tipus de l'expedient 05_11 (esquerra) i 95_371 (dreta) on els murs interiors tenen seccions de 30cm o superiors.

4.1.3.2 Murs portants de 30 o 25cm de gruix M-30 M-25

La majoria de les façanes són de 30cm o 25cm de cantell en un 88% del total de la mostra, però no sempre s'identifica si la façana té una fulla de mur de càrrega de 15cm de gruix i un envà de 5cm per l'interior

4.-Anàlisi de la mostra

creant la càmera d'aire. El què sí es pot afirmar és que sempre que hi ha una fulla portant i un envà de tancament de la càmera d'aire, aquesta està per l'interior, només hi ha envà exterior en els casos de les mitgeres que es tanca com envà pluvial⁶⁹. El número de casos que es pot identificar com a façanes amb càmera d'aire, és relativament petit a les plantes baixes (GC-15 a PB) amb el 22% d'exemples de la mostra, en canvi aquest número creix quan es tracte de les plantes pis amb el 33%, dels quals una mica més de la meitat tenen càmera d'aire en els pisos superior i en les plantes baixes són murs massissos sense indicació explícita de la càmera (PB Mm-30 i planta pis GC-15). Es pot afirmar que hi ha càmera d'aire i la col·locació de la mateixa quan queda exposat a la memòria l'existència de càmera d'aire als tancaments o pel fet de poder-se observar en els plànols de planta o de detall de les seccions constructives de les façanes. És important identificar les dates dels projectes que s'indica explícitament les càmeres d'aire (GC-15), aquestes comencen el 1964 fins el 1974. Anterior a aquests anys només hi ha un cas amb data del projecte el 1956 i número de fitxa 32_106 (1c DM GC-15 BC CSI)

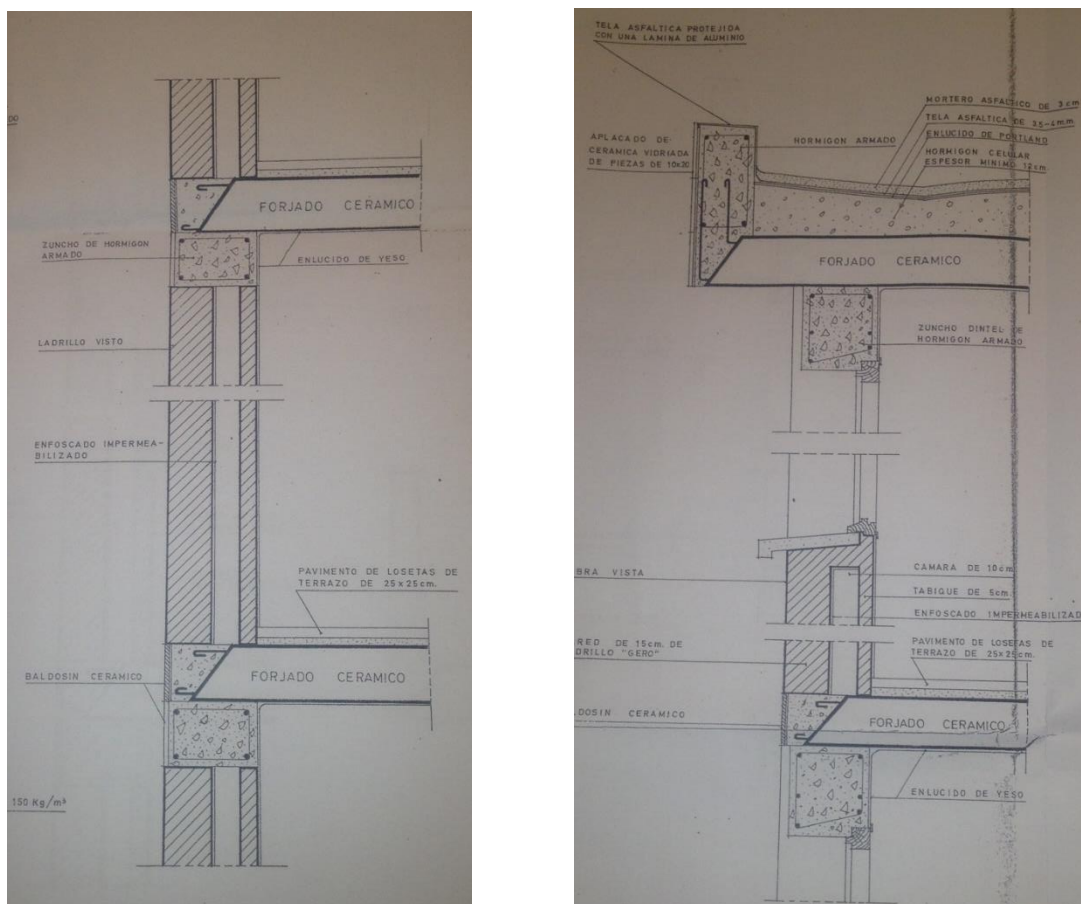


Figura 13. Exemple del detall de la càmera d'aire en el plànol núm. 20 Secciones de Muros del proyecto identificado núm. 19_42

En molt pocs casos de la mostra, el 5%, es troba que els murs de càrrega interiors, no els de façana o mitgera, són de 30cm o 20cm de cantell a la planta baixa, en tota la resta els murs portants interiors són de 15cm, encara que estiguin el doble de sol·licitats que els murs de càrrega de la façana pel fet de

⁶⁹ S'ha detectat un sol cas que és l'expedient amb la fitxa número 103_425 (1a DM M-45 BS CSI)

suportar els forjats de dues crugies. I només en tres casos al primer pis continua la secció de 30cm en un mur interior.

Només en dos casos de la mostra, el mur de 30cm és la mitgera o tester de l'edifici⁷⁰, tant si aquest té una funció estructural portant com si té una funció de trava i tancament de l'edifici.

Si es posa en relació en el període constructiu s'observa que aquests casos es troben als primers anys de l'estudi entre els anys 47 i 64 amb edificis relativament baixos, de planta baixa i quatre plantes pis com a màxim, en canvi hi ha algunes promocions entre el 1966 i el 1975 on es troben els murs de càrrega a l'interior de l'edifici i amb un guix de mur de 30cm que corresponen a tipologies de planta baixa i set o vuit plantes pis.

4.1.3.3 Murs portants de 15cm de gruix M-15

Com a resultat de tota l'anàlisi feta fins al moment sobre els diferents gruixos dels murs de càrrega de la mostra analitzada, s'evidencia que dins el grup de murs de càrrega de 15cm de gruix hi ha la major part de l'edificació objecte del present estudi.

Entre els murs de càrrega de 15cm de gruix es troben diferents casuístiques:

D'un costat les façanes de 30cm o 25cm de gruix formades per una fulla exterior de 15cm d'obra de fàbrica portant (GC-15), una càmera d'aire i un envà de 5cm en la majoria de vegades i en alguna ocasió de 10cm. sempre situat a la part interior de l'habitatge com s'ha indicat al subapartat anterior.

Per l'altre costat, hi ha els murs de càrrega de 15cm interiors a les plantes que suporten sostres per un o els dos costats depenent de la distribució dels mateixos. Entre aquesta casuística també es troben les mitgeres de 15cm de cantell que en una ocasió s'observa porta envà pluvial exterior.

En molt poques ocasions el mur de 15cm té una funció de trava a excepció de les façanes o parets mitgeres.

La tipologia de la fàbrica és explícita a la memòria quan aquesta és de maó foradat, conegut en l'argot de la construcció com totxana, i a partir de l'any 1965 també s'explicita la fàbrica amb maó calat normalment anomenat gero en les memòries analitzades.

Només es detecta tres expedients on la documentació gràfica o escrita indica explícitament que la ceràmica a utilitzar és la de maó massís⁷¹. En canvi es detecta que en el 13% del total d'expedients, s'especifica que la ceràmica ha de ser maó calat i en el 10% on s'explicita que ha de ser de maó foradat de les quals tres quartes parts l'obra de fàbrica de maó foradat es situa a les últimes plantes i una quarta part en tota l'alçada. Aquests últims, on l'obra de fàbrica de ceràmica foradada és l'element portant en tota l'alçada van ser projectats el 1963 i 1964 amb alçades màximes de planta baixa i quatre plantes pis més àtic⁷² en el primer cas i planta baixa i set plantes pis en el segon⁷³.

⁷⁰ Són les dues tipologies projectades l'any 1965 i descrites a la fitxa 16_32/5a i 16_32/5b. (1b DC M-30 BS CSI)

⁷¹ Els tres expedients on s'explicita que la peça ceràmica a utilitzar és el maó massís és al 31_124, 127_507 i 128_508.

⁷² Es tracte de part d'una promoció que forma una illa de cases amb les fitxes 121_496 fins la 126_508 projectades l'any 1963, en canvi l'edifici que es construeix el 1964 per acabar la promoció amb fitxa 128_508 es defineix l'obra de fàbrica amb maó foradat només a les plantes superiors.

⁷³ Es tracte de dues llicències identificades 137_547 i 138_520 de planta baixa i set plantes pis totes elles construïdes amb totxana segons la memòria tècnica, al costat de dos edificis del mateix arquitecte i promotora de planta baixa i vuit plantes pis més àtic on la planta baixa i el primer pis és maó massís (Mm-15) i la resta totxana (T-15).

4.-Anàlisi de la mostra

El maó foradat, segons la mostra, s'utilitza la dècada compresa entre el 1963 i 73 als dos o tres últims pisos com a mur de càrrega en edificis de planta baixa més quatre plantes pis fins a planta baixa més nou plantes pis. En aquestes últimes per tal de reduir la tensió dels murs de càrrega de la planta baixa gracies a la baixa densitat de la fàbrica construïda amb maó foradat respecte el maó calat⁷⁴.

Així doncs, s'observa que el màxim número de plantes construïdes amb maó foradat és de 8 plantes, comptabilitzant la planta baixa com una planta més, va ser projectat el 1964-65, anterior a la norma específica d'obra de fàbrica de l'Estat espanyol⁷⁵.

4.1.4 Relació de la llum i el tipus de bigueta

En el moment d'analitzar el tipus de forjat i el tipus de bigueta que s'utilitzava en cada cas, s'observen quatre grups ben diferenciats: dos grups on el tipus de forjat queda ben identificat a la memòria indicant que és un forjat de bigueta ceràmica (BC), o bé un forjat format de bigueta de formigó i revoltó sense diferenciar si és una bigueta armada de formigó (BF) o és pretesada (BP), un tercer grup on a la memòria s'indica que el forjat pot ser pretesat o ceràmic⁷⁶ i finalment hi ha un grup on en el projecte i la memòria no existeix cap tipus d'identificació del forjat que és (BS), més que el símbol de la direcció unidireccional de les biguetes ens els plànols o a la memòria indica que serà el tradicional o unidireccional però sense especificar la tipologia.

4.1.4.1 Tradicional o unidireccional sense especificació (BS)

Pràcticament en el 30% de la mostra analitzada no hi ha especificació del tipus de forjat en la memòria i a vegades la única especificació és la direcció de les biguetes del forjat unidireccional en els plànols. Aquesta indefinició es troba en els projectes des del 1949 fins el 1969 i després més excepcionalment algun projecte de la dècada del 70, des del 1971 fins al 1978. Les llums màximes d'aquests edificis són entre els 3m i els 5m.

Tot i la indefinició hi ha alguns casos, pocs, on s'especifica el forjat com el "tradicional" o simplement unidireccional sense més especificació. Cronològicament es troben en 1960, 1964 i 1973. Les llums màximes dels forjats són de 3,5m a 5,8m amb una descompensació màxima entre el forjat de més llum i de menys llum dins del mateix edifici, on la llum mínima és un terç de la llum màxima.

4.1.4.2 Forjat ceràmic(BC)

El percentatge més gran de casos es defineix el forjat com a ceràmic, amb més del 35% de tota la mostra analitzada. Cronològicament es troben des del 1956 fins el 1972 agafant pràcticament tot el període de l'anàlisi. Tot i que cal indicar que només en quatre casos s'explicita que hi haurà capa de compressió en el forjat, es tracte de dos projectes del 1966 redactats pel mateix arquitecte 18_29.82 i 17_83 (1b DM G-15 T15 BC CNF).

⁷⁴ En la conversa - entrevista amb el Dr. Sauquet, aquest exposa que s'utilitzava la fàbrica de totxana per tal de minimitzar la càrrega a les plantes inferiors. Veure annex A amb el resum de la conversa.

⁷⁵ Es fa referència a la norma MV 201-1972, primera norma oficial de murs de càrrega a l'Estat espanyol.

⁷⁶ La indefinició del tipus de forjat i la indicació de les dues possibilitats permetia deixar aquesta decisió com una decisió per més endavant al moment de dur a terme l'obra o depenent del constructor i altres factors, sense ser explicitada en el projecte de la llicència d'obres.

Al posar en relació la tipologia de forjat ceràmic amb les llums màximes, aquestes es troben entre els 3,5 i 5,8m de llum; i la relació entre la llum més petita respecta la llum més gran s'observa que la llum més petita és com a mínim una mica més d'un terç de la llum màxima del mateix edifici i pot arribar a haver casos que la llum màxima i la llum mínima del mateix edifici és pràcticament la mateixa, amb pocs centímetres de diferència.

4.1.4.3 Bigueta de formigó o pretesada i revoltó (BF BP)

Entre la mostra analitzada es troben memòries on s'indica que el forjat serà unidireccional de biguetes i revoltó sense especificar el tipus de bigueta, i en canvi altres memòries especifiquen el tipus de bigueta pretesada i indiquen, fins i tot, l'empresa subministradora d'aquestes⁷⁷.

Del 30% del total de la mostra on s'especifica que el forjat serà de biguetes, en dues terceres parts s'especifica que són pretesades (BP), respecte les que no s'indica el tipus de bigueta. Aquest fet pot posar en dubte de si les biguetes no definides són pretesades o armades. Els forjats on la memòria no especifica exactament quin tipus de bigueta s'utilitzarà tot i indicar que són de formigó (BF) es situen en el període inicial de la mostra fins el 1969 i posteriorment només es troben dos exemples un del 1974 i l'altre del 1977, on la llum màxima és 5,4m.

En canvi, els forjats on sí es fa explícit que les biguetes són pretesades (BP) es situen cronològicament des del 1962 fins el 1975. Les llums màximes que suporten són entre els 4,3m i els 6m. En casos comptats s'indica a la memòria que aquests forjats duren una capa de compressió sense indicar el cantell o indicant que sigui de 2 o 3cm. Aquests projectes van ser redactats el 1964, 1969 i 1972⁷⁸.

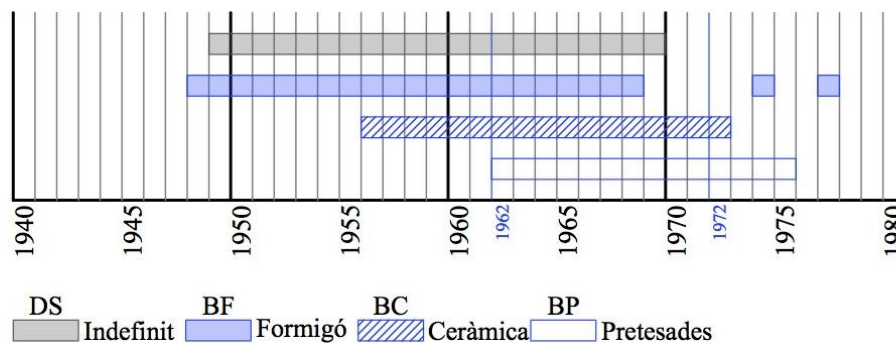


Figura 14. Esquema cronològic de l'evolució constructiva del tipus de forjat.

4.1.5 Existència de congrenys i la seva col·locació respecte el forjat

Cal indicar que en la gran majoria de la mostra no es defineix el congreny i la seva col·locació ni a la memòria ni als detalls constructius, per falta d'aquests (CSI). Però dins la indefinició, amb un percentatge del 58% del total de la mostra, sí que queda indicat a la memòria l'existència del congreny sense detallar ni l'armat ni la col·locació respecte el forjat⁷⁹ en moltes de les memòries escrites a partir del 1965.

⁷⁷ Alguns exemples que es troben a memòries són del tipus: bigueta PPB casa CYASA o pretesat de TEPESA entre altres.

⁷⁸ Cal tenir en compte que la capa de compressió segons la norma MV-201-1972 té funció estructural si és de mínim 2cm.

⁷⁹ En alguns casos indica que hi ha congreny i a vegades, defineix que el congreny té una funció de dintell. Quan s'ha consultat als tècnics coetanis amb l'època si aquesta definició podia fer referència a la col·locació del congreny sota del forjat, aquests han indicat que no forçosament, ja que es considerava que la funció era de dintell tant si estava sota del forjat com al mateix nivell; com es pot veure a l'entrevista realitzada al Dr. Sauquet ajuntada a l'annex A.

4.-Anàlisi de la mostra

També s'observa que alguns dels expedients on no es defineix cap tipus de congreny en la visita a l'edifici i al veure la façana, s'intueix l'existència del congreny no podent identificar la seva situació respecte al forjat.

De tota la mostra en el 22% s'indica que el congreny estructural està situat a nivell de forjat (CNF), o bé perquè queda descrit a la memòria o per l'existència de detalls on es pot observar que aquest lliga les biguetes amb el mur. Aquesta informació es troba de forma explícita als projectes entre el 1960 i el 1972.

En un percentatge més baix, el 15% de la mostra, es troben els forjats recolzats sobre el congreny (CSF), és a dir que aquest es situa sota les biguetes com a recolzament d'aquestes a sobre del mur portant. El període de temps en que es troben aquests exemples és una mica més d'una dècada, entre el 1965 i el 1976.

En canvi és més anecdòtic quan s'indica que cal col·locar el congreny cada dos forjats, és a dir cada dues alçades⁸⁰, amb un 2% del total de la mostra analitzada, l'any 1969. Igual com també és excepcional el fet de trobar descrit el congreny com element situat sota forjat en els murs portants i a nivell del forjat en els murs de tancament o trava. Aquest fet es constata en el 1% de la mostra analitzada i es troben casos en els anys 1967, 1969 i 1977.

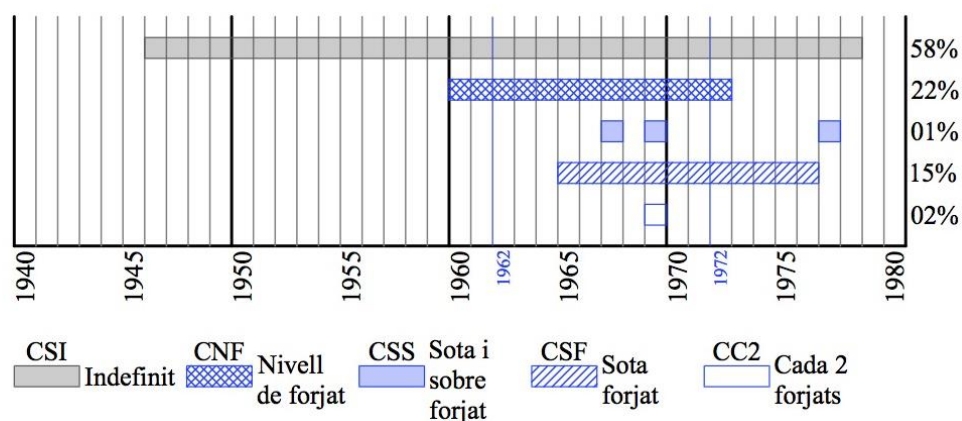


Figura 15. Identificació de la col·locació del congreny respecte al forjat de forma cronològica.

4.2 Altres aspectes de la mostra

Per tal de poder dur a terme els càlculs estructurals dels edificis de la mostra, es fa necessari tenir en compte altres aspectes a part dels que classifiquen tècnicament la mostra d'una forma jeràrquica des del més general al més concret com s'exposa a l'apartat anterior.

També és important conèixer l'alçada de l'edifici, l'estat de càrrega que indica el projecte que està calculat el sostre per tal de ser comparat amb la norma del moment i l'actual, i finalment, l'ús de la planta baixa, per tal de veure l'evolució del sistema constructiu de suport dels edificis, variant l'estructura en funció de l'ús de la planta baixa.

A continuació s'exposa el resultat de la recerca en aquests punts sobre la mostra d'anàlisi.

⁸⁰ A l'entrevista amb el Sr. Pérez Lluch coetani a l'últim tram de l'època d'estudi, explica que quan estudiava a la universitat els indicaven la necessitat de col·locar un congreny als forjats, i com a mínim col·locar-ne un cada dues alçades.

4.2.1 Planta baixa: ús i tipologia estructural

L'ús majoritari de les plantes baixes és el destinat a habitatge amb més del 50% de casos de la mostra analitzada. Seguidament en percentatge, es troben les plantes baixes destinades a habitatge i local comercial dins la mateixa escala amb un 23% de la mostra. Pràcticament amb el mateix percentatge es troben els edificis on les plantes baixes estan destinades exclusivament a l'ús de local comercial, amb el 22% de la mostra. Finalment hi ha menys d'un cinc per cent que no es troba en cap d'aquests casos, englobant en aquest grup les tipologies que la planta baixa té un ús de pas per accedir a l'interior de l'illa de cases, o en els casos que existeix una planta semi-soterrani destinada a garatge i/o local comercial i la planta baixa es destina part a local i part a habitatge sobre de la planta semi-soterrada.

4.2.1.1 Planta baixa destinada a ús exclusiu d'habitatge

Com s'ha vist anteriorment, en més de la meitat del total de la mostra analitzada es destina la planta baixa a ús d'habitatge, d'aquests la majoria estan resolts amb una estructura portant de murs de càrrega i només el 18% està resolta amb estructura de pilars o pilastres o combinació de les dues a la mateixa planta. S'observa que comença a haver ús d'elements estructurals diferents al mur de càrrega d'una sola fulla, com les pilastres a partir de l'any 1953 i de pilars a partir de l'any 1962.

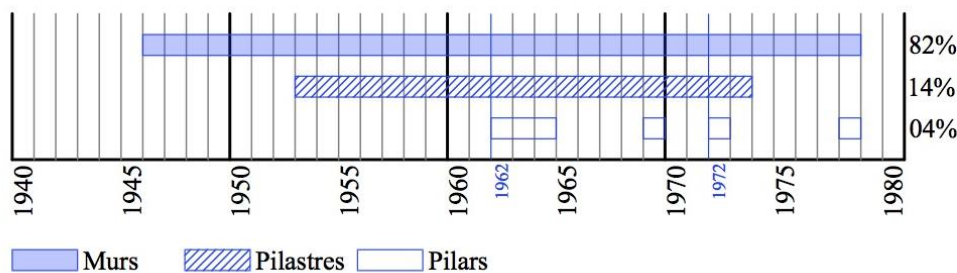


Figura 16. Gràfic relació de l'ús de la planta baixa com habitatge i tipologia estructural situat cronològicament.

4.2.1.2 Planta baixa destinada a ús d'habitatge i local comercial

L'estructura de les plantes baixes amb ús combinat d'habitatge i de local a la mateixa planta, es resol amb murs de càrrega en el 12% dels casos, sempre anteriors al 1969, començant a haver un percentatge més elevat de pilars i pilastres quan es comparteix l'ús d'habitatge i de locals comercials en la planta baixa, respecte les tipologies que només destinen la planta baixa a habitatge.

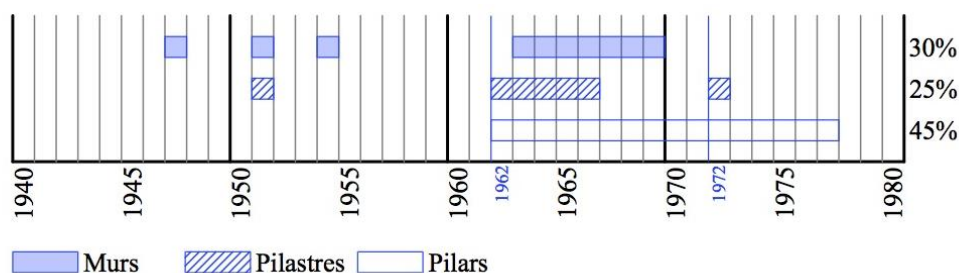


Figura 17. Gràfic relació de l'ús de la planta baixa com habitatge i local, i tipologia estructural situat cronològicament.

4.-Anàlisi de la mostra

4.2.1.3 Planta baixa destinada a local comercial

Un percentatge gens menyspreable del total de la mostra destina la totalitat de la planta baixa a local comercial. En aquest, l'estructura vertical de suport es diferencia força segons l'època del projecte. Entre el 1947 i 1957 els elements portants són murs de càrrega de més o menys secció sense pilars ni pilastres, en trobem 6 casos compresos en aquest període i dos casos més, que no utilitzen altre element portant que el mur de càrrega, són els projectes amb referència 97_401 i 67_162 amb data de projecte 1965 i 1972 respectivament.

En canvi quan s'observa quina part de la mostra té elements estructurals portants diferents del simple mur de càrrega amb els seus murs de trava, hi ha un primer període del 1957 i 1973 on el mur augmenta de secció creant pilastres com element estructural portant, amb un total del quasi 30% de la mostra analitzada amb locals comercials a la planta baixa i posteriorment a partir del 1961 i fins al final del període de l'anàlisi les plantes baixes comercials estan compostes per pilars, amb un percentatge superior al 60% de la mostra amb ús de local comercial a la planta baixa.

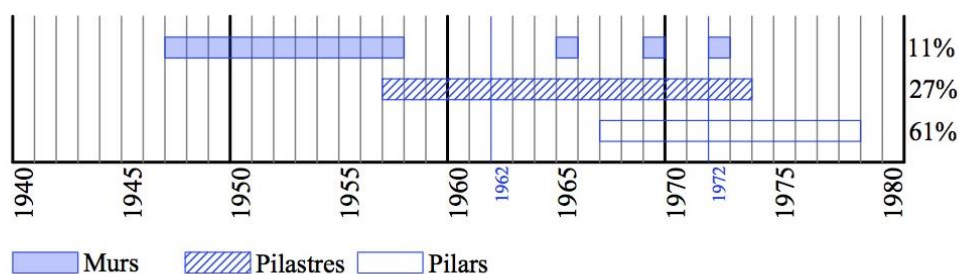


Figura 18. Gràfic relació de l'ús de la planta baixa com local comercial, i tipologia estructural situat cronològicament.

4.2.2 Alçades dels edificis

Al tractar-se d'una mostra d'habitatge plurifamiliar amb un mínim de sis habitatges a la promoció per tal de ser analitzat, limita la mostra fent que l'alçada més baixa entre els edificis analitzats sigui de planta baixa i dues plantes pis, i en canvi l'alçada més alta sigui un exemple de planta baixa més dotze plantes pis⁸¹.

L'alçada dels habitatges pot estar limitada per diferents factors, principalment els urbanístics amb una alçada reguladora determinada, i el de la capacitat màxima que pot suportar la fàbrica com element estructural entre d'altres, com la obligatorietat de col·locar un o més ascensors a partir d'una alçada determinada de pisos⁸².

Si s'analitza la mostra des del punt de vista de l'alçada dels edificis, hi ha algunes memòries on s'indica explícitament que s'ha ajustat l'alçada dels edificis a l'alçada reguladora dels habitatges, però també hi ha promocions que es porten a terme a solars completament buits on es crea el projecte urbanístic de la

⁸¹ Promoció projectada el 1957 amb unes llums màximes de 4m i forjats recolzats en les dues direccions possibles, paral·lels i perpendiculars a la façana, es tracta de la fitxa 51_132.

⁸² Es regula la necessitat de col·locar ascensor si els edificis tenen més de 4 plantes i un segon ascensor si l'edifici té més de 7 plantes pis. Aquest fet obliga al promotor a valorar la conveniència de construir una planta més i assumir el sobre cost de l'ascensor o evitar-se aquesta despesa al tractar-se d'habitatge acollit a les polítiques subvencionades.

ordenació de volums i per tant l'alçada reguladora no és la premissa limitant a l'alçada, sinó que pot passar a ser la tensió màxima a la que està sol·licitada la fàbrica com element estructural.

Respecte a la capacitat de l'obra de fàbrica, la primera norma d'obligat compliment a Espanya és la M.V. 201 editada el 1972, on realment s'indica com s'ha de calcular la tensió que està treballant la fàbrica i imposa una sèrie de limitacions⁸³. Així doncs es realitza un anàlisi diferenciat entre els edificis projectats abans del 1972 i posteriors a aquesta data que entra en vigor la norma indicada anteriorment.

4.2.2.1 Edificis projectats anteriorment al 1972

La major part de la mostra està projectada abans del 1972 amb quasi el 85% dels casos. En aquest període es construeixen habitatges des de planta baixa i dues plantes pis fins a planta baixa i dotze plantes pis. S'observa que la mostra més extensa és dels edificis de planta baixa i quatre plantes pis⁸⁴ amb el 32% dels edificis projectats anteriorment a l'entrada en vigor de la norma, seguidament amb valor quantitatiu es troben els edificis de planta baixa i tres plantes pis, amb un percentatge del 25%; tots ells es construeixen en un període llarg de la recerca amb casos dels del 1946 fins el 1971. No gaire lluny pel què fa al nombre d'edificis construïts són els edificis de planta baixa i cinc plantes pis, amb un 21%, però el període en que es projecten aquests edificis és més limitat dels del 1957 fins el 1970. També és significatiu el nombre d'edificis amb una planta baixa i sis plantes pis amb un 11% de a mostra anterior al 1972 tot i que el període de temps és més limitat situant-se a la dècada dels 60.

De la mostra analitzada en aquest període els edificis de planta baixa i dues plantes pis, o set plantes pis o vuit plantes pis representen un 2%, un 3% i un 5% respectivament. Arribant a construir-se edificis de planta baixa i nou plantes pis amb menys del 1% de la mostra i situats només en una dècada, la del 1957 al 67. Finalment cal indicar que els dos edificis més alts es troben projectats i construïts abans del 1969 i de que entrés en vigor la norma sobre l'obra de fàbrica i el sisme, aquests tenen planta baixa i deu plantes pis i planta baixa i dotze plantes pis i els dos van ser projectats pel mateix arquitecte l'any 1957.

4.2.2.2 Edificis projectats posteriorment al 1972

La mostra d'edificis projectats amb l'obligatorietat de complir la norma M.V. 201-1972 són una mica més del 15% del total de la mostra.

En aquest grup s'hi troben edificis de planta baixa més tres plantes pis fins a planta baixa i vuit plantes pis com alçada màxima.

En general els edificis són de planta baixa més tres, més quatre i més cinc plantes pis amb els percentatges següents respectivament de 28%, 20% i 18%. Només els edificis de planta baixa més tres plantes pis es construeixen màxim fins el 1972, la resta hi ha exemples fins el 1978. Els edificis de planta baixa i sis plantes pis i set plantes pis tenen un percentatge del 10% i el 13% respectivament i es troben

⁸³ En l'apartat 5.3 s'exposa en regles generals la norma M.V. 201-1972, així com les premisses pel càlcul de l'obra de fàbrica que introdueix la norma.

⁸⁴ En aquest grup es comptabilitzen tant els edificis on el projecte indica que és de planta baixa i quatre plantes pis com els que indica que són de planta baixa i tres plantes pis més àtic.

4.-Anàlisi de la mostra

mostres tant el 1972 com el 1978, en canvi els vuit edificis de planta baixa i vuit plantes es troben només el 1972.

Aquests últims la majoria tenen pilars a la planta baixa com element de suport vertical, sent set plantes les que suporta l'estructura d'obra de fàbrica. En canvi els edificis que l'obra de fàbrica és l'element estructural a la planta baixa, els murs creixen de secció i es creen pilastres.

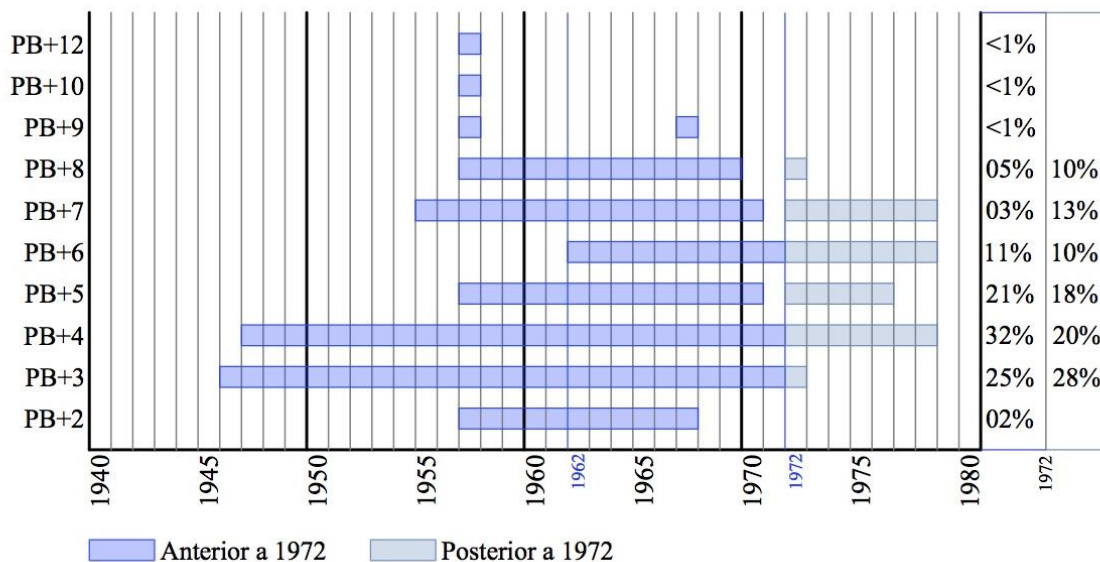


Figura 19. Gràfic de les alçades dels edificis segons any del projecte.

4.2.3 Estats de càrrega del projecte respecte el context històric

Des del punt de vista normatiu no és obligació de definir els estats de càrrega que han de suportar els sostres dels habitatges fins que s'edita per primer cop la norma MV-101 l'any 1962. En aquesta es defineixen les càrregues del pes propi de l'element constructiu, unes sobrecàrregues permanents i una sobrecàrrega per l'ús. En les càrregues permanents s'indica que si la sobrecàrrega d'ús és inferior als 300kg/m^2 serà necessari calcular amb una sobrecàrrega per envans no inferior als 100kg/m^2 . I en les sobrecàrregues d'ús, en el cas dels habitatges, la norma diferencia els habitatges "econòmics"⁸⁵ de la resta d'habitatges, essent una sobrecàrrega de 150kg/m^2 ⁸⁶ per habitatge econòmic i 200kg/m^2 per la resta d'habitatges.

Quan s'analitzen els estats de càrregues explicitats a les memòries o als plànols de la mostra s'observa que en el primer període, abans de la publicació de la norma M.V. 101-1962, no s'especifica l'estat de càrrega⁸⁷ i en els casos que s'especifici, s'exposa la sobrecàrrega total que ha de suportar el forjat, com

⁸⁵ S'utilitza el terme "econòmic" com a traducció literal de la norma M.V. 101-1962, i interpretant que es referia als habitatges que podien ser acollits a les polítiques públiques de subvencions per la construcció de nous habitatges a causa de l'escassetat d'aquests.

⁸⁶ S'expressen les sobrecàrregues en kg/m^2 ja que són les unitats que s'utilitzaven en la norma M.V. 101-1962, recordant que 150kg/m^2 significa $1,5\text{KN/m}^2$

⁸⁷ No s'especifica els estats de càrrega en un 31% de tota la mostra analitzada, que representa el 83% de la mostra projectada abans del 1963.

indicació de la capacitat portant que ha de tenir el forjat projectat, sempre menor als 400kg/m^2 ⁸⁸, i sense desglossar el pes propi, les càrregues permanents o la sobrecàrrega d'ús.

A partir de la norma d'obligat compliment on es demanava s'especificuessin les càrregues a les que estava sol·licitat el forjat s'observa que en tots els casos està indicat l'estat de càrregues del projecte, però està especificat de diferents formes: en alguns casos està completament desglossat i en altres es computa conjuntament la sobrecàrrega d'ús amb la sobrecàrrega d'envans, i en alguns casos s'indica la sobrecàrrega total que ha de suportar el forjat, sense cap tipus de desglossat.

De la mostra analitzada posterior al 1962 s'observa que el 42% dels projectes indiquen que la sobrecàrrega total és igual o superior als 400kg/m^2 , podent arribar a ser de 550kg/m^2 . En aquest període, el 13% especifica una sobrecàrrega d'ús de 150kg/m^2 , un 10% considera que la sobrecàrrega d'ús més la dels envans és de 250kg/m^2 , en canvi un 22% dels projectes redactats posteriors al 1962 indiquen que la sobrecàrrega d'ús ha de ser de 200kg/m^2 ; només el 13% de la mostra analitzada redactada posteriorment a la publicació de la norma exposada, considera que la sobrecàrrega total és inferior als 400kg/m^2 sense especificar quina és la sobrecàrrega d'ús.

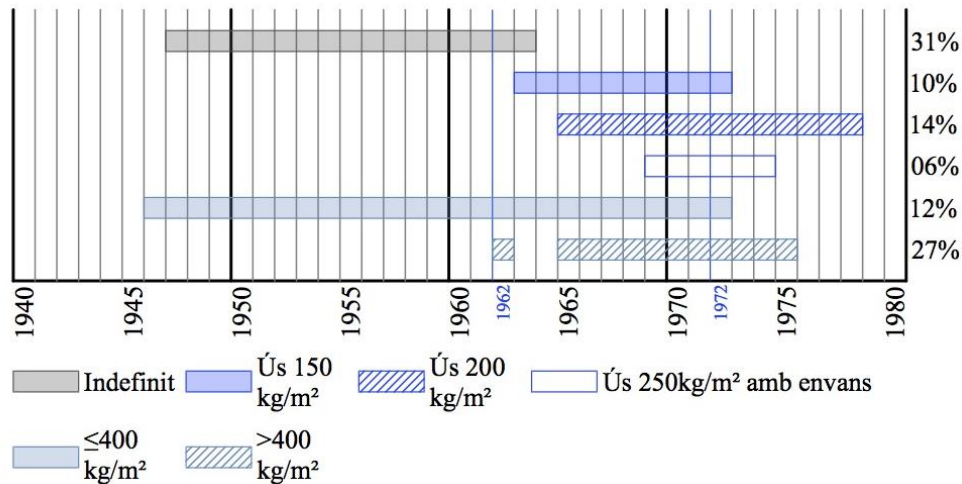


Figura 20. Gràfic indicatiu dels estats de càrrega del projecte segons any de la redacció del mateix.

⁸⁸ Els projectes que indiquen que la sobrecàrrega total és inferior als 400kg/m^2 , són el 12% de tota la mostra analitzada, dels quals una tercera part està projectada abans del 1963, abans de la norma M.V. 101-1962 i dues terceres parts estan projectades en període d'aplicació de la norma indicada anteriorment.

5 Anàlisi dels condicionants tècnics i normatius

La mostra analitzada es troba en un context històric i amb un marc normatiu concret. Per tal de dur a terme el present estudi es fa necessari l'anàlisi de les normes tècniques a les que estava sotmès el projecte per poder ser construït i acceptat com a edifici d'habitatges acollit a les polítiques d'ajudes econòmiques públiques.

Pel què fa a les normes d'habitatges de promoció pública s'observa que fins el 1955 no es redacten unes normes constructives⁸⁹ que han de complir els edificis per tal de ser acceptats com a edificis de renda limitada.

Al analitzar les normes des dels tres punts de vista en que es centra el present estudi: estats de càrrega, solucions constructives, i capacitat de l'obra de fàbrica, s'observa el següent al situar-ho cronològicament:

5.1 Estats de càrrega

Fins el 1962 amb la publicació de la MV-101-1962 no s'estableixen uns estats de càrrega pels quals els sostres dels edificis han de ser calculats i per tant no es defineixen les accions a les que estan sol·licitats els murs de càrrega fins aquesta data. Sí que cal indicar que anteriorment, el 1955 amb l'Ordre Ministerial del 12 de juliol de 1955 s'imposa la càrrega màxima que poden tenir els sostres dels edificis acollits a les polítiques de promoció pública. En aquesta es limita el pes propi dels sostres, incloent la sobrecàrrega de paviment, a 200kg/m^2 pels edificis de I i II categoria i de 160kg/m^2 pels de III categoria. Accions realment molt baixes, que obliga a construir sostres de molt poc cantell de 15 o 16cm aproximadament⁹⁰.

Amb la primera norma MV-101-1962 es classifiquen les accions segons el seu origen i es defineix la sobrecàrrega permanent dels envans com una sobrecàrrega uniformement repartida de 100kg/m^2 sempre que l'ús sigui inferior als 300kg/m^2 . A la mateixa norma es prescriu la sobrecàrrega d'ús diferenciant si els habitatges són econòmics o no ho són, amb unes càrregues de 150 o 200kg/m^2 respectivament.

Així doncs a la segona meitat dels anys 50 els estats de càrrega dels habitatges acollits a polítiques de promoció pública, tenien unes sol·licitacions aproximades segons prescripció de la norma de 450kg/m^2 ⁹¹ (200kg/m^2 de pes propi + 100kg/m^2 d'envans + 150kg/m^2 d'ús).

Posteriorment amb la MV-101-1962 on s'indiquen diferents càrregues superficials depenent de la tipologia dels sostres que es construeixen, aquestes càrregues poden pujar una mica a causa de l'increment de la càrrega a considerar pel pes propi del forjat, però les càrregues permanents i d'ús es mantenen en uns valors de 150 o 180kg/m^2 per les permanents (paviment i envans) i de 150 o 200kg/m^2

⁸⁹ Ordre ministerial del 12 de juliol de 1955 on s'aproven les Ordenanzas técnicas y normas constructivas para "viviendas de renta limitada".

⁹⁰ El cantell màxim indicat a la Ordre ministerial del 12 de juliol de 1955 és de 16cm com s'ha exposat a l'apartat de l'Estat de la Qüestió d'aquest document.

⁹¹ Considerant les sobrecàrrega d'ús i la sobrecàrrega permanent dels envans tal com es defineix a la primera norma explícita pels estats de càrrega MV-101-1962.

5.-Anàlisi condicionants tècnics

per la sobrecàrrega d'ús. Cal recordar que la MV-101-1962 no serà derogada fins l'any 1988 per la NBE-AE-88.

5.2 Prescripcions constructives

La primera norma que indica com han de ser els murs de càrrega, és la Ordre ministerial de 1955 on s'exposa que el cantell mínim del mur exempt ha de ser de 12cm. Posteriorment amb la primera norma sísmica PGS1 prescriu la necessitat que tot forjat estigui lligat amb un congreny horitzontal i en els edificis amb més de 4 pisos⁹², tota l'estructura també ha d'estar lligada de forma porticada verticalment. Aquesta norma limita a partir del 1969 que els edificis amb estructura portant de murs d'obra de fàbrica únicament tinguin una alçada màxima de 4 pisos a la zona de Sabadell.

Així doncs cal indicar que tots els sostres projectats posteriorment al febrer del 1969 tenen la obligació de dur un congreny perimetral horitzontal, sense prescripció de la col·locació del mateix respecte el forjat.

Posteriorment amb la MV-201-1972 sí que queda definit que el congreny ha d'estar a l'alçada del sostre i que el forjat ha de quedar lligat gràcies a l'armadura a negatiu al congreny de lligat del mur.

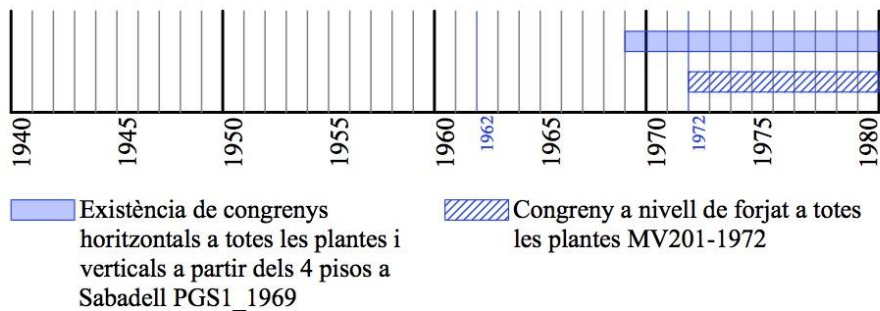


Figura 21. Gràfica indicadora de la prescripció de congreny al forjat cronològicament.

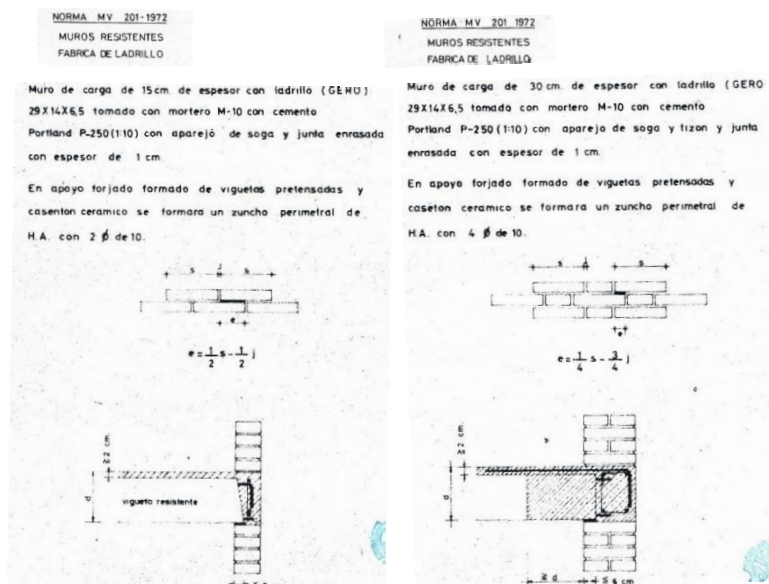


Figura 22. Dos plànols extrets del projecte 1983 de l'any 1974 signatura D04 12244 de l'AHS on s'indica com s'ha de construir complint la norma MV-201-1972

⁹² La limitació de 4 pisos sense tenir l'estructura lligada verticalment és per la zona B on es localitza la ciutat de Sabadell, zona d'anàlisi.

L'aparició de la norma de l'obra de fàbrica significa un canvi prou significatiu com perquè des del Col·legi d'Arquitectes es publiquin fitxes d'ajudes en el càlcul i construcció (O.C.E. 1974-1980) i s'observa en els projectes analitzats l'aparició de plànols i detalls constructius específics per indicar com ha de ser la col·locació del congreny de lligat i la composició de l'obra de fàbrica tal com es pot observar a la figura 22.

5.3 Resistència de l'obra de fàbrica

La primera norma que indica com han de ser calculats els murs estructurals formats per obra de fàbrica ceràmica apareix el 1972. Gran part del present estudi es situa en un període anterior a aquesta data i per tant cal analitzar la forma de càlcul anterior a la publicació de la norma.

Tot i que anteriorment hi ha publicacions on s'exposa com ha de ser l'obra de fàbrica i la capacitat portant dels morters i les peces ceràmiques, fins els anys 60 no hi ha publicacions indicant les dimensions mínimes que han de tenir els murs d'obra de fàbrica i la capacitat portant d'aquesta⁹³. Aquestes publicacions bàsicament es duen a terme pel Instituto Eduardo Torroja en forma de manual o guia.

5.3.1 Anterior a la dècada dels seixanta

Cal fer esment que abans de la dècada del 60, en el *Pliego General de Condiciones Varias de la Edificación de 1948* queda ben definida la capacitat a compressió que ha de tenir la peça ceràmica i el morter depenent del tipus de morter que sigui.

En el capítol III, article 109 *Condiciones de Resistencia* indica que tots els maons han de tenir una càrrega mínima de ruptura de 85kg/cm² i deixa a criteri de l'Arquitecte acceptar o no aquelles peces que la seva càrrega de ruptura a compressió estigui entre els 75 i 80kg/cm². Continua en el següent article, el número 110, indicant que la càrrega de treball es podrà admetre segons el tipus de maó des d'una sisena part fins una quarta part per aquells maons fins. Així doncs es considera que el maó pot treballar des de 12,5kg/cm², fins a 20kg/cm².

Més endavant en l'epígraf segon on parla de morters, la única referència que fa a la capacitat mínima que ha de tenir el morter, és en l'article 138 quan exposa que les provetes de control de la capacitat de càrrega a compressió trencada a 28 dies els morters de calç hidràulica ha de ser de 15kg/cm² com a mínim, sense fer esment a la resta de tipus de morters.

Així doncs la tensió admissible de la fàbrica en aquesta època depèn molt del criteri de l'Arquitecte autor i director de l'obra i oscil·la entre els 12 i 20kg/cm², si aquest segueix les prescripcions i recomanacions del *Pliego General de Condiciones Varias de la Edificación 1948*.

Posteriorment a l'Ordre ministerial del 1955 es prescriu que aquells murs de mitgera que no siguin de càrrega han de tenir un mínim de 12cm de cantell⁹⁴ com s'observa al paràgraf extret de l'Ordre del 12 de juliol de 1955 cinquena part, ordenança 2a Murs:

⁹³ En l'apartat de l'Estat de la qüestió s'indiquen cronològicament les publicacions sobre el càlcul de la resistència de l'obra de fàbrica.

⁹⁴ Aquesta prescripció no és per un tema estructural sinó constructiu, per efectes tèrmics, però que obliga a una dimensió mínima que també afecta a l'estructura.

5.-Anàlisi condicionants tècnics

“... *Ladrillo. – Se autoriza siempre la construcción de ladrillo.*

Las medianeras que no soportan cargas ni entrega de elementos de madera serán como mínimo de media asta...”

En aquesta època no es té en compte ni els moments flectors que pugui provocar el forjat al cap del mur, ni l'esveltesa, ni les distàncies màximes entre murs de trava, tot i que es coneix que la bona construcció passa per la creació de caixes tancades de murs de càrrega quan s'utilitza el murs de càrrega d'obra de fàbrica com element estructural.

5.3.2 Recomanacions tècniques a la dècada del 60

En aquesta dècada es posa de manifest la preocupació dels tècnics en conèixer realment com treballa l'obra de fàbrica ja que hi ha diferents publicacions sobre aquest tema com s'ha pogut veure a l'apartat de l'Estat de la qüestió del present document.

Al moment d'analitzar el parc edificat i els projectes de les llicències d'obres en molts d'ells es fa referència que s'ha calculat a partir de les teories de Cassinello o de Haller que s'exposen a continuació, amb l'anàlisi necessari per tal d'interpretar i treure'n les conclusions pertinents.

5.3.2.1 Anàlisi de Cassinello

Si s'analitza cronològicament, els anys 60 el Instituto Eduardo Torroja publica unes taules⁹⁵ a partir de les quals es pot obtenir la tensió admissible de l'obra de fàbrica tenint en compte la capacitat de la fàbrica si només treballa a compressió, si té una certa esveltesa i si està sotmesa a unes càrregues excèntriques. Si l'obra de fàbrica només treballa a compressió, la tensió admissible d'aquesta oscil·la entre els 5kg/cm² quan la peça ceràmica té una resistència de 50kg/cm² i el morter treballa a 5kg/cm², fins als 50kg/cm² si la peça ceràmica té una resistència de 300kg/cm² i el morter treballa a 150kg/cm².⁹⁶

Quan es vol conèixer la tensió admissible de l'obra de fàbrica tenint en compte l'esveltesa del mur, s'indica que l'esveltesa es troba dividint l'alçada del mur entre el seu gruix, i que aquest valor ha d'estar comprès entre 4 i 15. Si el valor és inferior a 4 es considera que l'esveltesa del mur no afecta a la tensió admissible de l'obra de fàbrica, i si és superior a 15 no hi ha solució a la taula donada, i només hi ha solució amb una esveltesa de 15 si la tensió admissible a compressió de l'obra de fàbrica és superior a 20kg/cm² que segons la mateixa bibliografia aquesta tensió només es garanteix si l'obra està formada per peces ceràmiques amb una resistència de 150 kg/cm² i un morter amb una tensió admissible de 100kg/cm².⁹⁷

Així doncs tots els murs de 15cm amb peça ceràmica de 14cm de gruix amb una alçada superior als 2,10m d'alçada estarien fora de la taula.

⁹⁵ Taules que es troben publicades al llibre *El Ladrillo y sus fábricas* de F. Cassinello de la col·lecció *Manuales y normas del Instituto Eduardo Torroja de la construcción y del cemento.* (Cassinello 1971)

⁹⁶ Aquests valors s'obtenen de la taula número 4 del llibre *El ladrillo y sus fábricas* (Cassinello 1971)

⁹⁷ Aquests valors s'obtenen de la taula número 5 del llibre *El ladrillo y sus fábricas* (Cassinello 1971)

Finalment aquesta publicació té un esquema indicant el gruix mínim que ha de tenir qualsevol mur de càrrega, on s'observa que només poden tenir un gruix inferior als 25cm (una asta) els murs de travesa⁹⁸. Posteriorment Fernando Cassinello farà un anàlisi de totes les normes i teories recopilades fins l'any 1964 que s'exposa més endavant en aquest mateix capítol.

5.3.2.2 Anàlisi de Lahuerta i Rodríguez de les normes i tesis europees i estatunidenca

Seguidament, la publicació del llibre *Muros de fábrica de ladrillo* (Lahuerta, Rodríguez 1962) on exposa i compara tres normes: la DIN 1053 alemanya, la CPIII 101 britànica i la ASA A41.1 americana, junt amb les teories de Haller i Graf on es posa molt de manifest la gran varietat de formes de càlcul de l'obra de fàbrica. Les tres normes i les teories coincideixen en que l'anàlisi s'ha de fer en diferents aspectes: la capacitat de l'obra de fàbrica sotmesa només a axil, anàlisi del pandeig de la fàbrica i la disminució d'aquest a través de l'obra de fàbrica (excepte la norma americana que no ho contempla), i finalment si l'obra de fàbrica està sotmesa a un esforç axil excèntric al mur.

94 J. LAHUERTA Y L. F. RODRIGUEZ

TABLA 12.—COMPARACION DE LAS TENSIONES ADMISIBLES PARA LA FABRICA DE LADRILLO

Resistencia del ladrillo kg/cm ² (1)	Resistencia del mortero kg/cm ² (2)	TENSION ADMISIBLE PARA LA FABRICA EN kg/cm ²			
		DIN 1053	CP 111.101	ASA A41.1	HALLER
28	24-25	—	2,8	—	—
60 a 70	24-25	7	5,6	—	—
	100-126	10	7,0	—	—
100 a 105	24-25	9	8,4	5,3	2,5
	100-126	12	10,5	8,1	4,5
150 a 210	24-25	12	11,9	7,7	5,7
	100-126	16	14,7	11,2	9,0
316 a 351	24-25	22	17,5	10,5	8,5
	100-126	30	25,3	15,8	13,0
527 a 562	126	—	35,8	24,6	18,5
703	126	—	46,4	—	—

(1) Los límites se refieren a los valores en las distintas normas. En general, los límites inferiores corresponden a la norma alemana.
 (2) Como la norma británica no indica la resistencia del mortero se ha supuesto la misma que la americana para dosificación semejante.

Figura 23. Taula número 12 de la pàg. 94 de (Lahuerta, Rodríguez 1962) on es comparen les diferents resistències de les fàbriques dependent de cada norma i teoria exposada al llibre.

En l'anàlisi de l'obra de fàbrica tant Haller com Graf, segons els autors Lahuerta i Rodríguez, coincideixen en que l'obra de fàbrica ha d'estar ben executada i posen de manifest la gran variabilitat que pot tenir la resistència de l'obra de fàbrica dependent de la resistència del morter, aquest fet també s'aprecia a les normes on s'indica explícitament les capacitats dels materials al moment de definir la capacitat resistent de l'obra de fàbrica. Haller fa esment a la importància de la dimensió de les juntes de 10 o 12mm de gruix, ja que el morter també està sotmès a l'efecte de Poisson, augmentant la seva

⁹⁸ Aquests valors s'obtenen de la taula número 8 del llibre *El ladrillo y sus fábricas* (Cassinello 1971)

5.-Anàlisi condicionants tècnics

capacitat si les juntes són més petites, i fent treballar diferent la peça ceràmica a tracció a causa del morter⁹⁹.

5.3.2.2.1 Tensió admissible de la fàbrica

A una fàbrica sotmesa a compressió executada amb unes peces ceràmiques de 100kg/cm² i un morter de 24kg/cm², la norma americana ASA A41.1 li atribueix una resistència admissible de 5,3 kg/cm² i la norma DIN 1053 (alemanya) 9kg/cm², amb una variabilitat quasi del doble una de l'altra. Els autors de la comparativa exposen que la norma americana no contempla l'anàlisi a pandeig i per aquest motiu els valors poden ser més conservadors. En la mateixa taula comparativa Haller indica que la tensió admissible és de 2,5kg/cm² però els mateixos autors recorden que les resistències expressades en la teoria de Haller estan extretes de resultats empírics amb elements amb una esveltesa diferent a la resta de normes.

5.3.2.2.2 Quantificació de l'esveltesa del mur

En el moment de valorar com disminueix la capacitat de la fàbrica depenent de la seva esveltesa els autors ajusten les dades extretes de la mostra i la converteixen en un coeficient de pandeig per tal que sigui possible la seva comparativa. Aquest coeficient de pandeig ha de disminuir la capacitat de l'obra de fàbrica o augmentar la càrrega sol·licitant.

En la taula comparativa s'observa que l'esveltesa màxima que s'accepta és de 20 en tots els casos i de 24 en la norma britànica i la teoria de Haller. Això significa que per murs de 15cm de gruix l'alçada màxima que aquests poden tenir és de 3,0m per la norma alemanya i de 3,60m per la resta de normes i la teoria de Haller. Es posa de manifest que les normes i tesis europees i americana són menys restrictives que la publicació de Cassinello (Cassinello 1971), on no donava solució per murs de 15cm de gruix i alçada superior als 2,10m, tal com s'ha vist anteriorment. Cal posar de manifest que les normes i teories que accepten aquestes grans esveltesa limiten la capacitat de càrrega de l'obra de fàbrica quan l'esveltesa és superior a 14cm en el cas de la norma alemanya o de 10cm en el cas de la teoria de Haller. A continuació es mostra la comparació entre les teories i normes.

Norma/ teoria	coeficient per l'esveltesa ¹⁰⁰	tensió a compressió ¹⁰¹	tensió amb esveltesa
DIN1053 (alemanya)	$\lambda=14$: coeficient 2,2	$\sigma= 30,0\text{kg/cm}^2$	$\sigma_{\text{adm}\lambda}= 13,6\text{kg/cm}^2$
CP III 101 (britànica)	$\lambda=14$: coeficient 2,5	$\sigma= 25,3\text{kg/cm}^2$	$\sigma_{\text{adm}\lambda}= 10,2\text{kg/cm}^2$
Haller	$\lambda=14$: coeficient 1,25	$\sigma= 13,0\text{kg/cm}^2$	$\sigma_{\text{adm}\lambda}= 10,4\text{kg/cm}^2$
ASA A41.1 (americana) ¹⁰²	--	$\sigma= 15,8\text{kg/cm}^2$	$\sigma_{\text{adm}\lambda}=15,8\text{kg/cm}^2$

⁹⁹ Aspecte que també explica el Dr. López Rey en el seu article publicat a la revista *Construcción Arquitectura Urbanismo* núm. 41 (López Rey 1977)

¹⁰⁰ Valors extretes de la taula núm. 15 del capítol VIII.22 (Lahuerta, Rodríguez 1962).

¹⁰¹ Valors extretes de la taula núm. 12 del capítol V.2. (Lahuerta, Rodríguez 1962).

¹⁰² S'indica com seria el cas de la norma americana tot i que aquesta no contempla l'esveltesa tal com ja s'indica a la publicació de Lahuerta i Rodríguez 1962.

Per dur a terme els càlculs indicats a la taula, es considera un mur de 15cm de gruix format per peces ceràmiques de 320Kg/cm² i morter de 100kg/cm² amb una esveltesa de 14 ($\lambda=14=h/t$).

En el moment que totes les normes es comparen analitzant-les amb els mateixos condicionants, s'observa que la diferència de la capacitat de càrrega entre les diferents normes i teories només tenen 3kg/cm² de desviació entre elles.

5.3.2.2.3 Valoració dels murs de trava

Segons els autors del llibre *Muros de fàbrica de ladrillos*, la única norma que explícitament dona premisses respecte els murs de trava és la alemanya (DIN 1053) que limita les distàncies entre murs de càrrega a 4,5m i indica que els murs de trava han de tenir una dimensió mínima de 11,5cm als quatre pisos superiors i 17,5cm a les plantes inferiors.

Però s'exposa la gran importància que dona la teoria de Haller a la trava del mur de càrrega. Lahuerta i Rodríguez posen un exemple considerant que la relació l/h és de 3, és a dir la distància entre els murs de trava és 3 vegades l'alçada del mur, amb una esveltesa elevada com h/d=20 l'augment de la tensió admissible del mur de càrrega respecte la tensió del mur contemplat el pandeig però sense trava, és del 33%¹⁰³.

Aquest càlcul depèn de les següents formules i taules de la teoria de Haller:

$$N_{adm} = [1 + (1/\eta_2 - 1) * \eta_3] * \sigma_k * F$$

$$\text{en el que } \sigma_k = \eta_2 * \sigma_s \quad \text{i} \quad \eta_2 = 1,5 - (1/20) * (h/d)$$

On:

N_{adm} és la tensió admissible de l'obra de fàbrica contemplat l'arriostament dels murs de trava.

η_2 és el factor reductor a causa de l'esveltesa del mur. (Lahuerta, Rodríguez 1962)

η_3 és el factor d'arriostament. Figura núm. 24 del present document i extreta de la figura 20 de (Lahuerta, Rodríguez 1962)

σ_k és la tensió admissible de la fàbrica tenint en compte el pandeig.

σ_s és la tensió admissible de la fàbrica sense contemplar el pandeig.

h és l'alçada del mur.

d és el gruix del mur.

Així doncs si es fa el mateix càlcul per un mur estàndard de planta pis de 2,5m d'alçada, amb una secció de 15cm i on els murs de trava estan a una distància de 7m, el resultat aplicant la teoria de Haller i la formulació exposada anteriorment s'observa que segons Haller la capacitat de la fàbrica augmenta més d'un 20%¹⁰⁴ la capacitat de l'obra de fàbrica contemplat el pandeig del mur sense travar (DM) i fins i tot considera més d'un 10%¹⁰⁵ l'augment de la capacitat resistent de l'obra de fàbrica quan la distància entre els murs de trava són de 10m en les mateixes condicions.

¹⁰³ Exemple exposat al capítol VIII.13, pàg. 118 (Lahuerta, Rodríguez 1962)

¹⁰⁴ El càlcul es dur a terme amb $\eta_2 = 0,66$ i $\eta_3 = 0,35$; resultant $N_{adm} = 1,23 \sigma_k * F$

¹⁰⁵ El càlcul es dur a terme amb $\eta_2 = 0,66$ i $\eta_3 = 0,25$; resultant $N_{adm} = 1,13 \sigma_k * F$

5.-Anàlisi condicionants tècnics

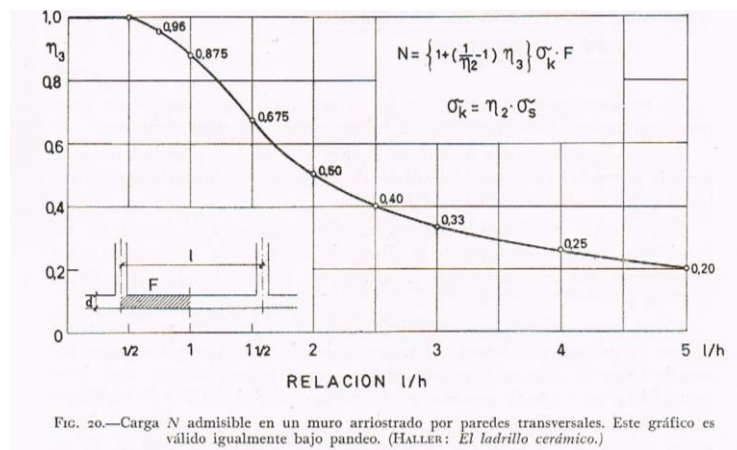


Figura 24. Gràfica pel càlcul del factor reductor de travament de Haller, figura 20 del capítol VIII.13

(Lahuerta, Rodríguez 1962)

I si es mira a partir de quin valor no es pot considerar la trava segons Haller, tenint en compte que a la gràfica el valor màxim de les abscisses és 5, és a dir la relació entre la distància entre els murs de trava i l'alçada d'aquest ($l/h = 5$), es calcula que si el mur té una altura de 2,5m la distància màxima per tal de dur a terme els càlculs de Haller és de 12,5m entre els murs de trava. Tot i aquest supòsit de un mur de 2,5m d'alçada travat cada 12,5m i un cantell de mur de 15cm l'efecte que té el mur de trava és d'augmentar un 10% la capacitat de l'obra de fàbrica sotmesa a pandeig.

Finalment, respecte la influència de la trava a la resistència del mur de càrrega, Lahuerta i Rodríguez indiquen que la norma britànica el que té en compte és l'esveltesa real del mur si es comptabilitzen les pilastres, però en cap cas té en compte els murs de trava directament tal com s'exposa al llibre del Ministerio de la Vivienda del 1962 (Lahuerta, Rodríguez 1962)

5.3.2.2.4 Excentricitats en les càrregues dels murs

Quan s'analitza des d'un punt de vista el comportament de l'obra de fàbrica quan s'apliquen càrregues excèntriques al mur, els autors del llibre *Muros de fábrica de ladrillo* (Lahuerta, Rodríguez 1962) exposen que les tres normes no donen una solució o forma de càlcul específica, més que limitar l'esveltesa de l'obra de fàbrica a 12 si aquesta rep la càrrega axil excèntrica segons la norma DIN 1053 alemanya. Si s'apliqués aquesta norma en l'obra de fàbrica analitzada no hi podria haver murs sotmesos a càrrega axil excèntrica amb una alçada superior al 1,80m.

D'altra banda en el llibre¹⁰⁶ sí s'exposa la teoria de Haller on indica que s'ha de calcular l'excentricitat del mur de càrrega. Aquest està sotmès a unes excentricitats depenent de les rigideses dels forjats i dels murs que hi ha en el nus superior i inferior del mur a analitzar. Al mateix temps que indica que la tensió admissible d'un mur de càrrega amb una càrrega excèntrica i propera al extrem del terç central pot ser fins un 50% superior a la tensió admissible de la secció quan aquesta només està sotmesa a esforç axil. Aquesta teoria també està analitzada per altres autors com Graf on observen que la tensió de trencament

¹⁰⁶ (Lahuerta, Rodríguez 1962)

de la fàbrica amb càrrega excèntrica és superior¹⁰⁷ que si la càrrega és centrada, però que aquest pot ser menor si l'element del mur és realment esvelt, tal com expliquen els autors del llibre en el capítol X.

5.3.3 Anàlisi de les diferents tesis sobre murs de càrrega per Cassinello

L' Instituto Eduardo Torroja publica entre les seves monografies una destinada a *Muros de carga de fábrica de ladrillo* escrita per Fernando Cassinello (Cassinello 1964), en aquesta publicació s'exposen més de 12 teories i més de 16 normes pel càlcul de les estructures d'obra de fàbrica, entre elles les de Haller i Lahuerta. Però no es limita a conèixer la capacitat resistent de l'obra de fàbrica segons la seva esveltesa, murs de trava i excentricitat de l'obra de fàbrica sinó que també presenta estudis sobre l'estabilitat dels murs de càrrega davant accions horitzontals. Cassinello exposa les dades preses a la reunió del Comité W-23 del C.I.B., celebrada de l' 1 al 8 d'octubre del 1963 a Londres, en particular la ponència del professor Mazure sobre *l'Estabilitat dels edificis amb parets de murs de càrrega*¹⁰⁸. S'exposa la necessitat que les estructures estiguin formades amb caixes o els murs estiguin apilastrats, i en el cas que els murs no estiguin lligats entre sí amb murs de trava es fa necessari un entramat de formigó vertical i horitzontal. Però el professor Mazure, segons Cassinello, indica que els murs no lligats al forjat podran adsorbir un esforç horitzontal gràcies a que tenen un cert gruix, fet que es deprecia normalment en els càlculs estàtics. Així doncs el professor arriba a donar valor a l'acció horitzontal capaç d'adsorbir l'estructura abans d'arribar al col·lapse depenent de la càrrega vertical.

Aquesta teoria es basa en que el mur ha de girar abans de col·lapsar i aquest gir obliga a actuar la càrrega vertical superior com es veu a l'esquema i formula següent extreta de Cassinello 1964.

Esforç horitzontal H quan existeix una excentricitat serà:

$$H = [(2e - v) / h] * P$$

I el mur bolcarà quan v sigui $b/2$

$$H = [(b - v) / h] * P$$

On:

H és la càrrega horitzontal

P és la càrrega vertical

v és la deformació que pot haver sofert el mur.

e és l'excentricitat de la càrrega.

b és el gruix del mur.

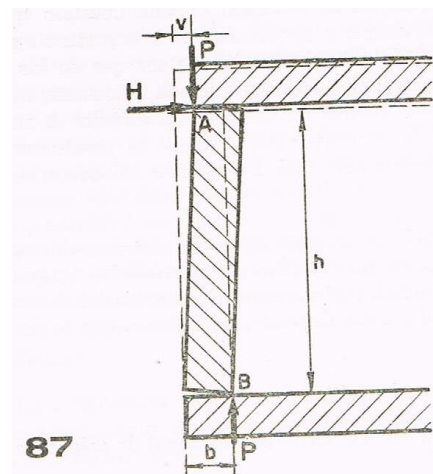


Figura 25. Esquema del bolc del mur de fàbrica segons Mazure indicat al llibre *Muros de carga de fábrica de ladrillo* (Cassinello 1964)

Així doncs es pot calcular l'esforç horitzontal màxim que pot suportar un mur de façana abans de perdre l'estabilitat del conjunt encara que no estigui lligat al forjat.

¹⁰⁷ Segons els autors Graf indica que la càrrega admissible d'un element sotmès a càrrega excèntrica pot ser fins un 40% de la tensió amb la càrrega centrada (Lahuerta, Rodriguez 1962)

¹⁰⁸ El títol original de la ponència és: *The stability of buildings with loadbearing walls.*

5.-Anàlisi condicionants tècnics

En el cas d'un mur de planta superior amb un sol forjat de coberta sol·licitat a 400kg/m^2 , amb una llum de 4m, una alçada (h) de 2,5m i un gruix (b) de 15cm, sabent que no ha girat i per tant v és nul·la, H és 84kg/ml que significa $67,2\text{kg/m}^2$ valor equivalent a la acció de la pressió del vent a Sabadell a la coberta d'un tercer pis sense afectar-hi el coeficient de seguretat calculat segons la CTE¹⁰⁹. En el cas que el mur ja hagi girat aquesta càrrega horitzontal baixarà proporcionalment.

En canvi si es comprova el mateix mur amb una planta superior, la P de la fórmula de Mazure augmenta considerablement ja que cal contemplar a més a més dels dos sostres, el pes propi del mur; aquesta P té un valor de $2,27\text{T/ml}$ i per tant la H és de 136kg/ml equivalent a $109,2\text{kg/m}^2$; valor una mica superior a l'acció de vent a la que està sotmesa una façana d'un tercer pis a Sabadell amb el seu coeficient¹¹⁰ de seguretat segons CTE.

En el cas que el pis fos una quarta planta l'acció del vent seria de 76kg/m^2 , en aquest cas perquè el mur fos estable amb una sola planta a sobre, el coeficient de seguretat de la hipòtesis de vent seria de $1,44$ ¹¹¹, coeficient de seguretat que no compliria amb la norma vigent CTE 2006.

Així doncs l'estabilitat del mur en front a les accions del vent en una alçada del tercer pis a Sabadell és estable tot i que no estigui lligat al forjat pel sol fet de tenir un cert cantell el mur, si aquest mur suporta dos sostres, en el cas que aquest mur només suporti una coberta dependrà de la llum del sostre que suporta i de la càrrega vertical que hi gravita, tot i que en l'exemple exposat es demostra que els valors queden molt lluny de la norma actual.

5.3.3 Nova norma MV-201-1972

Com s'ha vist a l'apartat de l'Estat de la Qüestió, la nova norma publicada el 1972 exposa exactament el procés de càlcul de la capacitat resistent de l'obra de fàbrica dels murs portants considerant els esforços flectors, diferent de com s'havia considerat en les publicacions tècniques de fins al moment¹¹². La primera norma indica molt clarament la necessitat de majorar les càrregues al moment de dur a terme el càlcul de la tensió a la que treballa la fàbrica, que no havia estat indicat anteriorment.

5.3.3.1 Tensió admissible de la fàbrica

Quan es valora la capacitat resistent admissible, la norma indica que cal aplicar un coeficient de seguretat de minoració del material de 2,5 en cas que s'obtinguin tensions a partir dels assajos de trencament de provetes molt ben definides en la norma de referència. Al mateix temps dóna unes taules per poder dur a terme els càlculs en el cas de no poder obtenir les resistències característiques a través dels assajos. Aquests valors tabulats, que poden ser comparats amb les tensions donades en publicacions anteriors,

¹⁰⁹ L'acció del vent calculada segons la norma actual CTE, *Código Técnico de la Edificación* (CTE 2006). Els valors han estat calculats segons la fórmula $q_e = q_b * C_e * C_p$; on q_b és $0,5\text{KN/m}^2$, C_e és 1,7 al tractar-se de la zona IV (zona urbana en general) i comptant que l'edificació té una alçada de 9m (PB +2), i C_p és 0,8 segons l'esveltesa de l'edifici de 0,75. Formulació extreta del apartat 3.3 Viento del llibre Seguridad Estructural Acciones de la Edificación (CTE 2006).

¹¹⁰ En el cas de considerar un coeficient de seguretat de vent de 1,5 si només actúés la hipòtesis de vent com a acció variable, l'acció del vent és de 102kg/m^2 .

¹¹¹ Segons la CTE (CTE 2006) els coeficients de seguretat de les hipòtesis variables és entre 1,5 i 1,45 depenent de la resta d'hipòtesis simples que es tinguin en consideració a la combinació que s'està analitzant.

¹¹² La teoria de Haller exposada a (Lahuerta Rodríguez 1962) apartat X.16, sí que insinua la possibilitat de calcular el moment flector depenent de les rigideses del mur i del forjat que suporta, però quan exposa com dur a terme el càlcul pròpiament ho fa a través de taules on ho deprecia.

oscil·len entre els 4kg/cm^2 per la totxana amb una peça ceràmica de 30kg/cm^2 i morter M-5¹¹³, i els 56kg/cm^2 per una fàbrica amb maó massís de peça ceràmica de 300kg/cm^2 i morter M-160.

La norma prescriu la necessitat de construir un congreny perimetral embegut al forjat, que ha d'estar connectat a una capa de compressió amb un gruix mínim de 2cm de cantell. També requereix unes rigideses mínimes que ha de tenir un sostre per tal de poder ésser suportat per un mur de càrrega¹¹⁴. Aquesta rigidesa la defineix donant uns cantells mínims de forjat en relació a la llum que salva el forjat i unes deformacions màximes que ha de tenir el sostre que serà suportat pel mur de càrrega.

5.3.3.2 Quantificació de l'esveltesa del mur

L'esveltesa del mur depèn de diferents factors a la nova norma. D'un costat de l'alçada virtual del mur que ve donada per la unió del mur amb el forjat i l'existència o no de murs de trava a menys de 4 vegades l'alçada¹¹⁵, i el cantell del mur de càrrega a analitzar on es contempla el fet de tenir pilastres o sobresortints.

Aquesta està tabulada i afectarà en la reducció de la capacitat portant de la fàbrica. Si aquesta té un mòdul d'elasticitat de 0,80, l'esveltesa màxima que pot arribar a suportar el mur és de $\lambda=24$ augmentat l'excentricitat on s'aplica la càrrega gravitatòria en un 50%. En el cas que la fàbrica tingui un mòdul de deformació de 0,4, l'esveltesa màxima serà de $\lambda=36$, amb el mateix augment de l'excentricitat de la càrrega al mur.

5.3.3.3 Valoració dels murs de trava

La norma sí que indica que han d'existir uns murs de trava amb la capacitat suficient per tal de transmetre les empentes horitzontals rebudes a les façanes fins la fonamentació, això queda explicat en l'apartat 4.7 de la norma on es cita literalment:

“Al proyectar un edificio de muros de ladrillo debe tenerse muy en cuenta la estabilidad, disponiendo muros transversales a los de carga, que consigan un conjunto bien arriostrado, para resistir los esfuerzos horizontales producidos por las acciones de viento, sísmicas, empujes, etc.”

Però no limita unes distàncies màximes dels murs de trava. L'únic efecte que tenen els murs de trava en el càlcul del mur de càrrega en la nova norma és el fet que l'esveltesa del mur estarà condicionada per la trava horitzontal que té el mur al seu cap i peu, és a dir el fet d'estar lligat al forjat, i la relació entre l'alçada del mur i la distància entre els murs de trava on la relació està limitada a 1, 2, i 4 o més. Així doncs l'efecte de l'esveltesa d'un mur de 2,5m d'alçada té una important reducció si la distància entre els seus murs de trava estan en la mateixa distància de la seva alçada, reduint la meitat l'esveltesa en el cas que el mur estigui travat al cap i al peu; l'esveltesa es reduirà un 20% si aquest mateix mur té traves

¹¹³ La nomenclatura M-5 o M-160 per la definició dels morters, indica la resistència característica del morter en Kg/cm^2 . És a dir un morter amb la definició M-5, ha de tenir una resistència característica de 5kg/cm^2 i un morter M-160 ha de tenir una resistència característica de 160kg/cm^2 .

¹¹⁴ Les prescripcions relacionades amb el forjat suportat pel mur de càrrega estan definides a l'apartat 4.5 de la norma MV-201-1972.

¹¹⁵ La implicació que té la trava en el càlcul de l'esveltesa del mur es troba al següent apartat, Valoració dels murs de trava.

5.-Anàlisi condicionants tècnics

a 5m de distància i a partir del 10m de distància no es considera que les traves li afectin en el càlcul de l'esveltesa.

5.3.3.4 Excentricitats en les càrregues dels murs

L'element més nou a la norma és el fet d'haver de calcular tenint en compte diferents excentricitats, d'un costat les excentricitats provocades per l'esveltesa del mur i l'existència o no de traves e_p "excentricidad por deformación" i l'excentricitat a causa del moment flector que transmet el forjat al mur.

Aquesta excentricitat provocada pel moment flector només és possible si el mur té continuïtat superiorment i per tant la càrrega superior actua com una acció del parell de forces necessari per tal de crear un moment flector.

En canvi en el cas que el mur sigui el tram superior, sense continuació del mur a la planta superior, aquesta excentricitat depèn del detall constructiu, és a dir de la superfície de forjat que recolza sobre el mur i sempre es prescriu que com a mínim aquesta excentricitat ha de ser $\frac{1}{4}$ del gruix del mur.

Quan el mur té un tram superior, i per tant el mur és capaç de suportar un moment flector, la norma imposa una excentricitat provinent del moment flector i que cal que assumeixi el mur de càrrega, depenent de les rigideses del mur i del forjat suportat pel mur de càrrega en estudi.

5.3.4 Comparació del sistema de càlcul al llarg del temps d'estudi

S'observa que tradicionalment els valors de les tensions admissibles de l'obra de fàbrica eren més conservadors que la nova norma, històricament només s'havia d'aplicar el coeficient de seguretat afectat per l'esveltesa del mur a calcular. Aquest coeficient podia dependre només de la relació alçada i cantell del mur o també podia tenir en compte la distància entre els murs de traves com s'observa que té en compte la teoria de Haller explicada anteriorment. En totes les normes i teories els coeficients de seguretat referents a l'esveltesa també depenen de la capacitat resistent de la fàbrica i de la seva esveltesa obtenint així un valor com a tensió admissible a compressió de la fàbrica.

El canvi del 1972, el fet que els valors admissibles de la tensió a compressió de la fàbrica poden ser més elevats, però en el càlcul s'exigeix tenir en compte unes excentricitats tals que provoquen que la secció del mur que realment treballa sigui molt petit respecte tot el cantell del mur.

La nova norma presenta una forma de calcular tant diferent a la que s'havia dut a terme tradicionalment¹¹⁶ que el Col·legi d'Arquitectes va publicar unes fitxes (O.C.E. 1974-1980) d'ajuda als arquitectes en el procés del disseny dels murs de càrrega com element estructural per tal que els murs de càrrega complissin la nova norma.

En les fitxes 17 i 18 s'observa com es diferencia els murs extrems dels murs que suporten dues crugies, ja que com s'ha indicat anteriorment les excentricitats a considerar en cada un dels casos és

¹¹⁶ L'article de Fructuós Maña (Maña 1977) on analitza la nova norma d'obra de fàbrica ja exposa que la nova norma és un trencament total amb la forma de calcular l'obra de fàbrica tradicional i presenta un sistema simplificat pel càlcul de la resistència de l'obra de fàbrica per complir els condicionants de la nova norma però amb una formulació més pròxima al que venia fent l'arquitecte fins el moment.

completament diferent. És important indicar que a les fitxes dels murs interiors de murs de càrrega formats per maó foradat i maó calat, s'obté el resultat entrant el valor de la suma de les llums que rep el mur pels dos costats i només en el cas que el mur estigui constituït per maó massís es té en compte cada una de les llums que rep el mur, és a dir si aquestes estan compensades o no. Així implícitament al redactar els àbacs i al analitzar la nova norma, els autors de les fitxes varen observar que el moment flector que realment s'emporta el mur és significatiu quan aquest està format per peces massisses i en canvi no és significatiu quan l'obra de fàbrica és de maó calat o foradat. Cal indicar que per tal de dur a terme els àbacs calia tenir en compte les rigideses dels murs i dels forjats, les quals venen condicionades per la mateixa norma al limitar les deformacions màximes i relació de la llum i el cantell que pot tenir el forjat.

Posteriorment en les fitxes 58 i 59, es donen formules de càlcul de les excentricitats definides a la norma depenent de les llums dels sostres i del número de forjats que suporta el mur que s'està calculant, considerant que les càrregues gravitatòries dels forjats son inferiors o iguals a 550kg/m^2 i l'alçada de la planta pis és de 2,7m.

	Axil	Esbeltesa màxima	Coefficient pandeig $\lambda=14$	Mur trava
Pliego condiciones varias de la edificación 1948	12-20kg/cm ²	-	-	-
Cassinello 1960	5-50kg/cm ²	$\lambda=15$	0,27	-
Alemania DIN 1053	7-30kg/cm ² *	$\lambda=14$ (excentrica) $\lambda=20$	2,20	L<4,50m
Britanica CP111 101	5,6-25,3kg/cm ² *	$\lambda=24$	2,50	Cantell mur apilastrat
Haller	2,5-13kg/cm ² *	$\lambda=10$ (sense pandeig) $\lambda=30$	1,24	L/h<5
Americana ASA A41.1	5,3-15,8kg/cm ² *	-	-	-
MV-201 1972	4kg/cm ² (totxana) 50-56kg/cm ² **	$\lambda=24$ (per $\epsilon=0,8$) $\lambda=35$ (per $\epsilon=0,4$)	0,22 (per $\epsilon=0,8$) 0,094 (per $\epsilon=0,4$)	L/h<4

*Tensió màxima per:

Peça ceràmica 316-351kg/cm²
Mortor 100-126kg/cm²

**Tensió de 50kg/cm²:

Peça ceràmica 300kg/cm²
Mortor M-80 80kg/cm²

Tensió de 56kg/cm²:

Peça ceràmica 300kg/cm²
Mortor M-160 160kg/cm²

Figura 26. Taula comparativa dels condicionants de les normes i teories anteriors a la MV-201-1972 i aquesta primera norma sobre el càlcul de la tensió admissible de l'obra de fàbrica.

6. Càlcul de la tensió de treball de la fàbrica

Per tal d'avaluar la capacitat de l'obra de fàbrica es calcula la tensió a la que està treballant la fàbrica dels edificis analitzats. Per tal d'agilitzar els càlculs es duen a terme les comprovacions dels edificis de més alçada, i els edificis amb llums més grans. En tots els casos en les mateixes condicions d'alçada les llums més grans i en la mateixa condició de llums màximes les alçades majors. També es comproven edificis d'èpoques diferents, tenint en compte les dates que entren en vigor algunes normes com és la MV-101-1962 on s'imposen uns estats de càrrega no prescrits anteriorment, o la MV-201-1972 quan canvia totalment la forma de calcular la capacitat de l'obra de fàbrica.

6.1 Base del càlcul

En tots els casos s'ha calculat segons les teories de Cassinello, la teoria de Haller, el sistema simplificat de la MV-201-1972.

6.1.1 Cassinello teoria 1960

Com s'ha vist anteriorment, en la teoria de Cassinello de l'any 1960, tots els edificis amb una alçada entre plantes superior als 2.1m el mur interior que suporta el forjat i té una secció de 15cm queda fora de taula de les esvelteses i per tant només es podria comparar la tensió de la fàbrica amb la tensió admissible que dóna Cassinello a la taula on es deprecia l'esveltesa del mur.

Els càlculs amb aquesta teoria es basen en les taules següents:

CLASES DE LADRILLO	Resistencia del ladrillo (kg/cm ²)	Tensión admisible a compresión (en kg/cm ²) según el tipo del mortero				
		5	20	50	100	150
Adobes inferiores	20	3	—	—	—	—
Adobes superiores	30	4	4	—	—	—
Ladrillos huecos inferiores ...						
Ladrillos huecos ordinarios	50	5	6	6	—	—
Ladrillos huecos ordinarios	70	6	7	8	—	—
Ladrillos macizos inferiores ...						
Ladrillos huecos ordinarios						
Ladrillos macizos ordinarios	100	7	8	10	15	—
Ladrillos silicocalcáreos inferiores						
Ladrillos huecos superiores						
Ladrillos macizos ordinarios	150	8	10	15	20	30
Ladrillos silicocalcáreos superiores						
Ladrillos macizos superiores	200	10	12	20	30	40
Ladrillos macizos superiores	300	12	15	25	40	50
Ladrillos especiales						

Figura 27. Resistència de la fàbrica depenent del tipus de peça ceràmica i morter amb càrrega centrada. Taula extreta de la pàgina 83 (Cassinello 1971)

6.-Càlcul de la tensió de treball

Tensió admissible a pandeo σ adm, siendo la tensió admissible a compresión

para la fábrica σ en kg/cm²

Esbeltez λ	3	4	5	6	7	8	10	12	15	20	25	30	40	50	60
4,2	2,6	3,6	4,6	5,6	6,6	7,6	9,6	11,6	14,4	19,0	24	29	38	48	58
4,4	2,2	3,2	4,2	5,2	6,2	7,2	9,2	11,2	13,8	18,0	23	28	36	46	56
4,6	1,8	2,8	3,8	4,8	5,8	6,8	8,8	10,8	13,2	17,0	22	27	34	44	54
4,8	1,4	2,4	3,4	4,4	5,4	6,4	8,4	10,4	12,6	16,0	21	26	32	42	52
5,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0	15,0	20	25	30	40	50
5,2	—	1,6	2,6	3,6	4,6	5,6	7,6	9,6	11,6	14,4	19	24	29	38	48
5,4	—	1,2	2,2	3,2	4,2	5,2	7,2	9,2	11,2	13,8	18	23	28	36	46
5,6	—	—	1,8	2,8	3,8	4,8	6,8	8,8	10,8	13,2	17	22	27	34	44
5,8	—	—	1,4	2,4	3,4	4,4	6,4	8,4	10,4	12,6	16	21	26	32	42
6,0	—	—	1,0	2,0	3,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	15	20	25	30	40
6,2	—	—	—	1,8	2,8	3,8	5,7	7,7	9,7	11,7	14,6	19,5	24,5	29,5	39
6,4	—	—	—	1,6	2,6	3,6	5,4	7,4	9,4	11,4	14,2	19,0	24,0	29,0	38
6,6	—	—	—	1,4	2,4	3,4	5,1	7,1	9,1	11,1	13,8	18,5	23,5	28,5	37
6,8	—	—	—	1,2	2,2	3,2	4,8	6,8	8,8	10,8	13,4	18,0	23,0	28,0	36
7,0	—	—	—	1,0	2,0	3,0	4,5	6,5	8,5	10,5	13,0	17,5	22,5	27,5	35
7,2	—	—	—	—	1,8	2,8	4,2	6,2	8,2	10,2	12,6	17,0	22,0	27,0	34
7,4	—	—	—	—	1,6	2,6	3,9	5,9	7,9	9,9	12,2	16,5	21,5	26,5	33
7,6	—	—	—	—	1,4	2,4	3,6	5,6	7,6	9,6	11,8	16,0	21,0	26,0	32
7,8	—	—	—	—	1,2	2,2	3,3	5,3	7,3	9,3	11,4	15,5	20,5	25,5	31
8,0	—	—	—	—	1,0	2,0	3,0	5,0	7,0	9,0	11,0	15,0	20,0	25,0	30
8,2	—	—	—	—	—	1,8	2,8	4,8	6,8	8,8	10,8	14,6	19,5	24,5	29,5
8,4	—	—	—	—	—	1,6	2,6	4,6	6,6	8,6	10,6	14,2	19,0	24,0	29,0
8,6	—	—	—	—	—	1,4	2,4	4,4	6,4	8,4	10,4	13,8	18,5	23,5	28,5
8,8	—	—	—	—	—	1,2	2,2	4,2	6,2	8,2	10,2	13,4	18,0	23,0	28,0
9,0	—	—	—	—	—	1,0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	13,0	17,5	22,5	27,5
9,2	—	—	—	—	—	—	1,8	3,8	5,8	7,8	9,8	12,8	17,0	22,0	27,0
9,4	—	—	—	—	—	—	1,6	3,6	5,6	7,6	9,6	12,6	16,5	21,5	26,5
9,6	—	—	—	—	—	—	1,4	3,4	5,4	7,4	9,4	12,4	16,0	21,0	26,0
9,8	—	—	—	—	—	—	1,2	3,2	5,2	7,2	9,2	12,2	15,5	20,5	25,5
10,0	—	—	—	—	—	—	1,0	3,0	5,0	7,0	9,0	12,0	15,0	20,0	25,0
10,5	—	—	—	—	—	—	—	2,5	4,5	6,5	8,5	11,5	14,5	19,5	24,5
11,0	—	—	—	—	—	—	—	2,0	4,0	6,0	8,0	11,0	14,0	19,0	24,0
11,5	—	—	—	—	—	—	—	1,5	3,5	5,5	7,5	10,5	13,5	18,5	23,5
12,0	—	—	—	—	—	—	—	1,0	3,0	5,0	7,0	10,0	13,0	18,0	23,0
12,5	—	—	—	—	—	—	—	—	2,5	4,5	6,5	9,5	12,5	17,5	22,5
13,0	—	—	—	—	—	—	—	—	2,0	4,0	6,0	9,0	12,0	17,0	22,0
13,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,5	5,5	8,5	11,5	16,5	21,5
14,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,0	5,0	8,0	11,0	16,0	21,0
14,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,5	4,5	7,5	10,5	15,5	20,5
15,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,0	4,0	7,0	10,0	15,0	20,0

Figura 28. Taula que posa en relació la tensió admissible de l'obra de fàbrica menyspreant l'esveltesa amb l'obra de fàbrica aplicant el coeficient corrector de l'esveltesa del mur $\lambda = \text{alçada del mur/gruix del mur}$. Extret de la pàgina 84 de (Cassinello 1971)

Com s'observa, la majoria de càlculs de façana poden ser comprovats amb l'esveltesa del mur però els murs interiors de 15cm tenen una esveltesa superior als $\lambda=15$; entenent que l'esveltesa (λ) és el quocient de l'alçada del mur entre el seu gruix, quedant així fora de la taula.

6.1.2 Teoria Haller

En el moment de fer els càlculs de la tensió admissible segons Haller, es comprova l'esveltesa del mur i l'excentricitat de la càrrega. Per tal de realitzar els càlculs s'ha imposat que els murs de façana on només reben el forjat per un costat, aquest es recolza a $\frac{1}{4}$ de la secció del centre del mur, és a dir a 3,75cm del centre del mur. De la mateixa manera que els murs que reben forjats pels dos costats, aquests es recolzen al centre de la semi-secció del mur pel costat on arriben, obligant així que totes les excentricitats dels forjats dels murs de 15cm, dependran de la diferència entre les llums dels dos forjats que suporta el mur i l'excentricitat de la càrrega a 3,75cm del centre del mur.

D'aquesta manera es calcula l'excentricitat dels murs centrals de la següent forma:

$$e = (l_1 - l_2) \times 3,75 / (l_1 + l_2)$$

On: l_1 és la llum més gran que suporta el forjat.

l_2 és la llum més petita que suporta el forjat.

A través de les llums que tenen els forjats que suporta el mur interior i les excentricitats dels forjats indicades s'obté la η_2 a través de la següent taula, extreta del llibre *Muros de fàbrica de ladrillos* (Lahuerta, Rodríguez 1962).

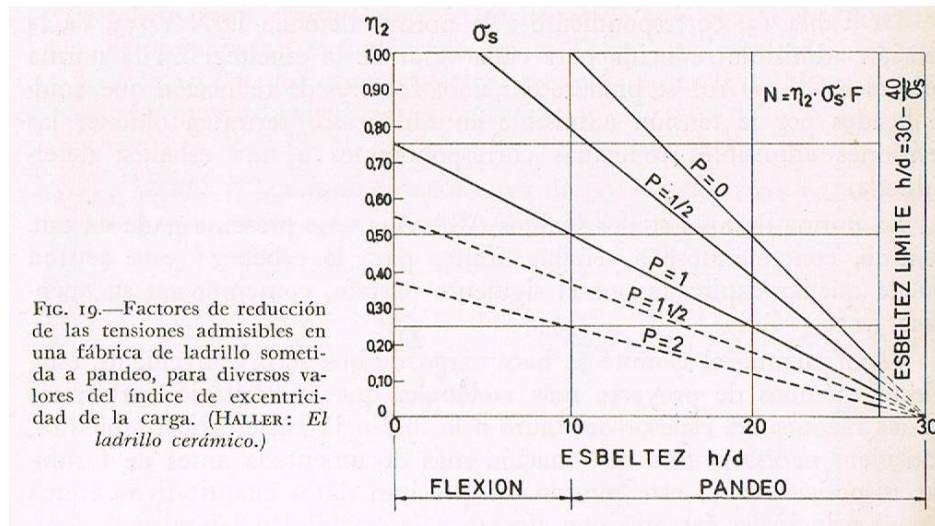


Figura 29. Taula per obtenir el coeficient reductor de la resistència de la fàbrica extret del llibre *Muros de fàbrica de ladrillo* (Lahuerta Rodríguez 1962) pàgina 113.

A les abesses cal entrar l'esveltesa del mur $\lambda =$ (alçada del mur/ gruix del mur); i s'imposa la recta segons la dimensió de P: P=0, P=0,5, P=1, ... P és el quocient de l'excentricitat de la càrrega que rep el mur de fàbrica entre el coeficient K, que en una secció rectangular és un sisè del cantell del mur, tal com s'indica a la bibliografia.

Així doncs: $P = e/K$ on K és 1/6 del cantell del mur.

A partir de la P i l'esveltesa s'obté η_2 . El valor del coeficient η_2 disminueix la capacitat de la fàbrica a causa de l'esveltesa del mur i l'excentricitat de les càrregues que suporta.

A més a més, Haller presenta un coeficient que augmenta la capacitat portant del mur en funció de la distància que hi ha entre els murs de trava, és a dir els murs transversals al mur de càrrega que s'analitza. Aquests murs de trava han de tenir una certa entitat per tal de ser tinguts en compte.

D'aquesta manera defineix el coeficient η_3 depenent de la distància entre els murs de trava¹¹⁷. Per conèixer aquest coeficient és imprescindible tenir la relació entre la longitud del mur objecte d'anàlisi i la seva alçada.

Un cop obtingut els coeficients modificadors de la capacitat de la fàbrica en funció de la seva esveltesa i excentricitat de la càrrega d'un costat, i de la trava per l'altre, Haller defineix que la resistència característica de l'obra de fàbrica sense intervenir el pandeig (σ_s) és el següent:

¹¹⁷ Entrant el quocient de la distància entre les traves del mur i la seva alçada a la figura 24, gràfica exposada al subapartat Valor dels murs de trava de l'apartat anterior del present document, s'obté el coeficient η_3

6.-Càlcul de la tensió de treball

$$N_{adm} = [1 + ((1/\eta_2) - 1) \times \eta_3] \times \eta_2 \times \sigma_s$$

Així doncs la capacitat de l'obra de fàbrica a utilitzar per un mur que suporta una tensió de N aquesta ha de ser superior o igual a la següent fórmula:

$$\sigma_s = N / [(1 + ((1/\eta_2) - 1) \times \eta_3) \times \eta_2]$$

Finalment obtenint la tensió admissible per esforç axil (σ_s) es pot conèixer el tipus de maó i morter necessari per tal de poder assolir la capacitat a la que està sol·licitat el mur segons la taula següent.

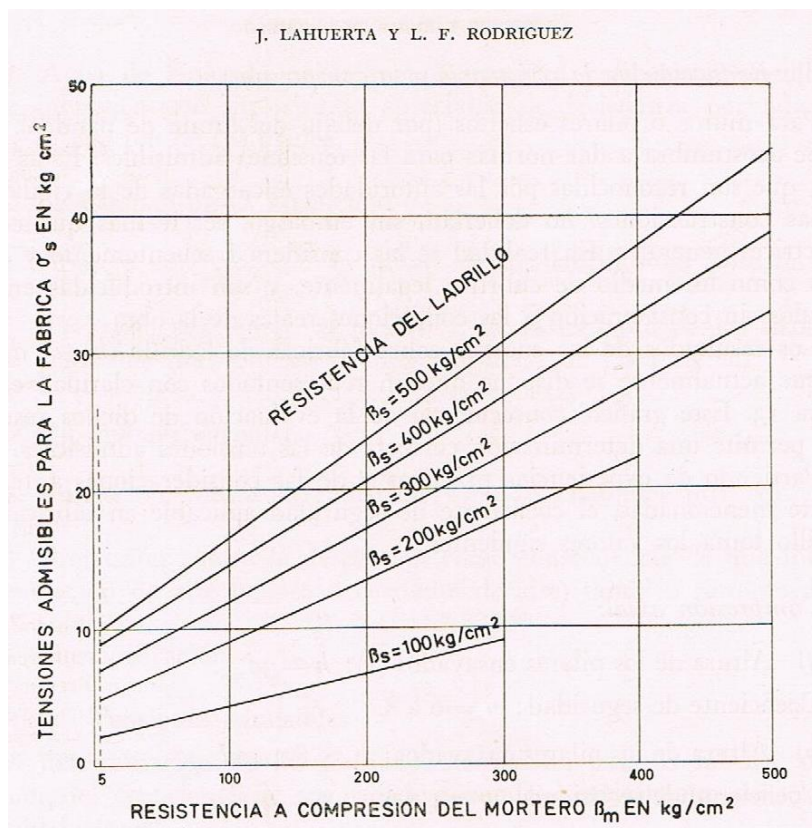


Figura 30. Taula per obtenir el tipus de maó i de morter a utilitzar per obtenir una determinada resistència, extret del llibre *Muros de fábrica de ladrillo* (Lahuerta Rodríguez 1962) pàgina 90.

6.1.3 Sistema simplificat de la MV-201-1972

Amb el sistema simplificat que publica la Oficina Consultora Estructuras del Col·legi d'Arquitectes (OCE 1974-80) s'observa que depenent de les llums dels sostres suportats pel mur i el gruix del mur es limiten el número de plantes. Deixant fora de possible construcció els murs centrals de càrrega on la suma de llums és superior a 6m i suporta dues alçades en cas que l'obra sigui de fàbrica foradada, o tres alçades si la fàbrica és calada, i entre dos i tres alçades si la fàbrica és massissa depenent de la descompensació de les llums¹¹⁸.

A més a més dels diagrames on es pot observar ràpidament si l'edifici a analitzar està dins o fora de norma les fitxes 58 i 59 del mateix recull ofereixen un càlcul simplificat de la tensió a la que treballa un tram de mur que suporta un número determinat de plantes depenent si és un mur exempt o central entre dues crugies, respectivament. En els càlculs es diferencia entre els murs de ceràmica foradada i de ceràmica calada.

¹¹⁸ Aquestes alçades s'extreuen de les gràfiques de la fitxa 18 de les fitxes del Col·legi d'Arquitectes (OCE 1974-80).

En aquesta simplificació es té en compte una càrrega gravitatòria màxima de $0,55T/m^2$ i una alçada entre plantes màxima de 2,7m; facilitant el càlcul de les excentricitats i de l'excentricitat de flexopendeig (e_f) que presenta la nova norma del 1972, posant-la només en relació el tipus de ceràmica i les llums dels sostres que suporta el mur.

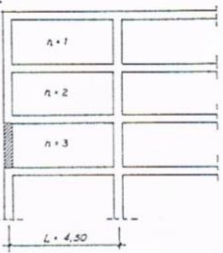
HAS TECNICAS DE CONSTRUCCION OCE 58	SISTEMA DE CALCULO SIMPLIFICADO DE MUROS DE FABRICA DE LADRILLOS HUECOS Y PERFORADOS. 1.
COLEGIO DE ARQUITECTOS DE CATALUÑA	Septiembre 1978
<p>Muros extremos de 0,14 mts. de espesor.</p> <p>Cálculo de la excentricidad de nudo, e.</p> <p>Ladrillo hueco $e = \frac{L^3}{n(16L^2 + 316,5L + 446)}$</p> <p>Ladrillo perforado $e = \frac{L^3}{n(16L^2 + 171L + 268)}$</p> <p>siendo: L la luz del forjado en mts. n el número del tramo que se comprueba, contando desde arriba.</p> <p>Cálculo de la excentricidad final, e_f, (pandeo + excentricidad de nudo)</p> <p>si $0 \leq e \leq 0,0287$ $e_f = \frac{e + 0,115}{4}$</p> <p>si $0,0287 < e < 0,0575$ $e_f = \frac{e + 0,019}{1,33}$</p> <p>si $e \geq 0,0574$ $e_f = e$</p> <p>Cálculo de la presión máxima, σ</p> <p>Ladrillo hueco $\sigma = n \frac{0,7 + 0,45L}{0,14 - 2 \cdot e_f} \leq 120 T/m^2$</p> <p>Ladrillo perforado $\sigma = n \frac{0,87 + 0,45L}{0,14 - 2 \cdot e_f} \leq 250 T/m^2$</p> <p>siendo: L la luz del forjado, en mts. n el número del tramo que se comprueba, contando desde arriba. e la excentricidad final, en mts.</p>	<p>1.4 Limitaciones al sistema</p> <p>a) Carga gravitatoria total máxima del forjado, $0,55 T/m^2$ b) Altura máxima de forjados, 2,70 mts. c) El sistema incluye una serie de simplificaciones no especificadas en la norma MV-201.</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>EJEMPLO</p> <p>Comprobación del tramo $n=3$</p> <p>Comprobación de la solución con ladrillo hueco</p> $e = \frac{4,5^3}{3 \cdot (16 \cdot 4,5^2 + 316,5 \cdot 4,5 + 446)}$ $e = 0,0138 \text{ mts.}$ </div> </div> <p>Por tanto se cumple $0 \leq 0,0138 \leq 0,0287$, de donde:</p> $e_f = \frac{0,0138 + 0,115}{4} = 0,0322 \text{ mts.}$ <p>La presión máxima, vale:</p> $\sigma = 3 \cdot \frac{0,7 + 0,45 \cdot 4,5}{0,14 - 2 \cdot 0,0322} = 108,13 T/m^2 \leq 120 T/m^2$ <p>Luego la solución es correcta.</p>

Figura 31. Fitxa 58 de Col·legi d'Arquitectes (OCE 1974-80)

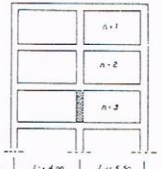
FICHAS TECNICAS DE CONSTRUCCION OCE 59	SISTEMA DE CALCULO SIMPLIFICADO DE MUROS DE FABRICA DE LADRILLOS HUECO Y PERFORADO. 2.
COLEGIO DE ARQUITECTOS DE CATALUÑA	Septiembre 1978
<p>2. Muros interiores de 0,14 mts. de espesor</p> <p>2.1 Cálculo de la excentricidad de nudo, e Se calculan los valores auxiliares siguientes:</p> $A = L_i^2 - L_d^2 $ $B = \frac{1}{L_i} + \frac{1}{L_d}$ $C = L_i + L_d$ <p>siendo: L_i la luz del forjado de la izquierda, en mts. L_d la luz del forjado de la derecha, en mts.</p> <p>Ladrillo hueco $e = \frac{A}{n \cdot (445B + 16C + 292BC + 24,36)}$</p> <p>Ladrillo perforado $e = \frac{A}{n \cdot (267B + 16C + 139,7BC + 30,5)}$</p> <p>siendo: e la excentricidad de nudo, en mts. n el número del tramo que se comprueba, contando desde arriba.</p> <p>2.2 Cálculo de la excentricidad final, e_f, (pandeo + excentricidad de nudo).</p> <p>si $0 \leq e \leq 0,0287$ $e_f = \frac{e + 0,115}{4}$</p> <p>si $0,0287 < e < 0,0575$ $e_f = \frac{e + 0,019}{1,33}$</p> <p>si $e \geq 0,0574$ $e_f = e$</p>	<p>2.3 Cálculo de la presión máxima, σ.</p> <p>Ladrillo hueco $\sigma = n \cdot \frac{0,7 + 0,45C}{0,14 - 2e_f} \leq 120 T/m^2$</p> <p>Ladrillo perforado $\sigma = n \cdot \frac{0,87 + 0,45C}{0,14 - 2e_f} \leq 250 T/m^2$</p> <p>2.4 Limitaciones al sistema Las mismas que las indicadas en la ficha n° 58.</p> <p>2.5 EJEMPLO. Comprobación del tramo $n=3$ para ladrillo hueco.</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>$A = 4^2 - 5,5^2 = 14,25$</p> <p>$B = \frac{1}{4} + \frac{1}{5,5} = 0,43$</p> <p>$C = 4 + 5,5 = 9,5$</p> </div> </div> <p>valor de $e = \frac{14,25}{3 \cdot (445 \cdot 0,43 + 16 \cdot 9,5 + 292 \cdot 0,43 \cdot 9,5 + 24,36)}$</p> $e = 0,003 \text{ mts.}$ <p>estamos en el caso $0 \leq e \leq 0,0287$</p> <p>por lo que $e_f = \frac{0,003 + 0,115}{4} = 0,0295 \text{ mts.}$</p> <p>y el valor de la tensión máxima, es:</p> $\sigma = 3 \cdot \frac{0,7 + 0,45 \cdot 9,5}{0,14 - 2 \cdot 0,0295} = 184,3 T/m^2 \geq 120 T/m^2$ <p>Luego la solución con ladrillo hueco no es correcta.</p>

Figura 32. Fitxa 59 de Col·legi d'Arquitectes (OCE 1974-80)

6.2 Tensió de treball de la fàbrica de la mostra

El càlcul de la tensió a la que treballa la fàbrica es dur a terme a partir de diferents fulls de càlcul, un dels quals és per realitzar una baixada de càrregues sense contemplar l'esveltesa del mur de càrrega ni les excentricitats o moments flectors que es puguin generar a causa de la diferència de llums dels dos sostres que suporta un mur interior de l'edifici o l'excentricitat provocada pel detall constructiu en un mur de façana o tester.

En la mateixa fulla de càlcul s'indiquen els condicionants més importants com és l'estat de càrregues, la densitat de la fàbrica tinguda en compte en el càlcul i les llums dels sostres que suporta el mur. Els fulls de càlcul es troben a l'annex B.

També es calcula la tensió admissible per Cassinello, on es considera la tensió provocada per les càrregues gravitatòries i també es compara amb la tensió del mur quan es contempla el pandeig segons l'esveltesa que defineix Cassinello en la seva bibliografia (Cassinello 1971).

Aquestes tensions es comparen amb la tensió que s'obté del càlcul del mur per la teoria de Haller i finalment amb el sistema simplificat de la norma MV-201-1972 dut a terme pel Col·legi d'Arquitectes. Els càlculs de la MV-201 també estan especificats a l'annex B.

Al moment de calcular les tensions a les que treballa la fàbrica s'estudien els edificis més sol·licitats segons les següents premisses:

Tensió màxima en els edificis més alts:

51_132 del 1957; 79_269 del 1972 i el 42_119B del 1973.

Tensió màxima en els edificis amb llums més grans paral·lels a façana:

122_504 del 1963 i 89_348 del 1970

Tensió màxima en els edificis amb llums més grans perpendiculars a façana:

53_137 del 1967 i 76_211 del 1970

Tensió màxima en els edificis on les llums estan més descompensades:

78_133A del 1967 i el 89_348 del 1970¹¹⁹

Tensió màxima segons la sobrecàrrega màxima a la que està sol·licitada:

69_182 fins la 71_184 que són el mateix edifici.

En cada una d'aquestes hipòtesis, si existeix més d'un edifici amb les mateixes condicions, s'analitza aquell on la resta de variants provocaven una major tensió. Per exemple quan s'analitza l'edifici de més alçada, aquest només hi ha un cas que té planta baixa i dotze plantes pis. Però també es comprova que l'edifici de planta baixa i nou plantes pis amb les llums més grans, ja que el condicionant que tingui una major llum pot representar una major tensió, tot i tenir tres plantes menys.

Així doncs s'analitzen els casos indicats anteriorment al subapartat següent.

¹¹⁹ L'edifici identificat com a 89_348 es trobaria en les dues situacions més desfavorables, en el de les llums més descompensades i en el de la màxima llum. A continuació s'analitza un sol cop exposant les tensions a les que treballen els seus murs de càrrega.

6.2.1 Tensió màxima en els edificis més alts

Al moment d'analitzar els edificis més alts, cal destacar que hi ha un edifici que és el més alt de tota la mostra de planta baixa i dotze plantes pis que és únic en alçada en tota la mostra analitzada. Però posteriorment al 1969, quan entre en vigència la norma sísmica PGS-01 de 1969 també hi ha un cas on l'edifici té planta baixa i vuit plantes pis, que s'estudia a continuació ja que en aquest li afecta la norma MV-101 1962 prescrivint uns estats de càrrega mínims no indicats anteriorment. Finalment també s'analitza el cas amb el major número de plantes projectat amb la norma d'obra de fàbrica en vigor, un edifici de planta baixa i set plantes pis construït al 1973.

Estudi 1: 51_132C de 1957 (1c DM M-30 M-15 BS CSI)

Edifici de PB+12 anterior al 1969.

Murs planta baixa: murs i pilastres de 45cm

Murs planta pis: murs de façana de 30cm i interiors de 15cm

Alçada de la planta: 2,5m

Distància trava: 6,3m tester 4,7 m mur central

Estats de càrrega: Inexistent a la memòria i inexistent en el projecte. Es considera un estat de càrregues de 3,8KN/m² als habitatges per l'època del projecte i coneixent el context.

Llum crugia extrem: 3,7 m

Llum segona crugia: 2,7 m

Tensió baixada de càrregues:

Façana/Tester:

Arrencada planta baixa: 7,78 Kg/cm²

Mur central:

Sostre planta baixa: 15,02 Kg/cm²

Tensió admissible segons Cassinello:

Façana/Tester:

Tensió per esforç axil: 7,13 Kg/cm²

Tensió amb esveltesa \cong 20,0 Kg/cm² ($\lambda = 8,3$)

Mur central:

Tensió per esforç axil: 13,9 Kg/cm²

Tensió amb esveltesa: - Kg/cm² ($\lambda = 17,8 > 15$ Fora taula)

No és possible tenir en compte l'esveltesa del mur central amb les taules de Cassinello per un excés d'esveltesa.

Tensió admissible per Haller:

Façana/Tester:

$e = 7,5\text{cm}$ $P = e/k = 1,5$ $\lambda = 8 < 10$ $\eta_2 = 0,55$ $\eta_3 = 0,40$

$\sigma_s = 9,7 \text{ Kg/cm}^2$

Mur central:

$e = 0,72\text{cm}$ $P = e/k = 0,28$ $\lambda = 16,6$ $\eta_2 = 0,55$ $\eta_3 = 0,5$

$\sigma_s = 17,9 \text{ Kg/cm}^2$

6.-Càlcul de la tensió de treball

MV-201-1972:

Sistema simplificat mur central:

Maó calat: $\sigma = 36,5 \text{ Kg/cm}^2 > \sigma_{\text{adm}} = 25 \text{ Kg/cm}^2$

Maó foradat: $\sigma = 34,6 \text{ Kg/cm}^2 > \sigma_{\text{adm}} = 12 \text{ Kg/cm}^2$

La tensió de la fàbrica no compleix la norma MV-201-1972.

Estudi 2: 79_269C del 1972 (1a DL M-30 M-15 BP CSI)

Edifici de PB+ 8 posterior al 1969.

Murs planta baixa: murs de façana de 30cm i interiors de 15cm

Murs planta pis: murs de façana de 30cm i interiors de 15cm

Alçada de la planta: 2,5m

Distància travesia: 11,2m façana 8 m mur central

Estats de càrrega: Habitatges 4KN/m² i coberta 5KN/m² segons memòria del projecte.

Llum crugia extrem: 4,0 m

Llum segona crugia: 2,2 m

Tensió baixada de càrregues:

Façana/Tester:

Arrencada planta baixa: 8,77 Kg/cm²

Mur central:

Sostre planta baixa: 19,16 Kg/cm²

Tensió admissible segons Cassinello:

Façana/Tester:

Tensió per esforç axial: 6,87Kg/cm²

Tensió amb esveltesa $\cong 20,0 \text{ Kg/cm}^2$ ($\lambda = 8,3$)

Mur central:

Tensió per esforç axial: 10,54 Kg/cm²

Tensió amb esveltesa: - Kg/cm² ($\lambda = 17,8 > 15$ Fora taula)

No és possible tenir en compte l'esveltesa del mur central amb les taules de Cassinello per un excés d'esveltesa.

Tensió admissible per Haller:

Façana/Tester:

$e = 7,5\text{cm}$ $P = e/k = 1,5$ $\lambda = 8,3 < 10$ $\eta_2 = 0,45$ $\eta_3 = 0,22$

$\sigma_s = 12,10 \text{ Kg/cm}^2$

Mur central:

$e = 1,97\text{cm}$ $P = e/k = 0,8$ $\lambda = 16,6$ $\eta_2 = 0,30$ $\eta_3 = 0,30$

$\sigma_s = 20,8 \text{ Kg/cm}^2$

MV-201-1972:

Sistema simplificat mur central:

Maó calat: $\sigma = 30,2 \text{ Kg/cm}^2 > \sigma_{\text{adm}} = 25 \text{ Kg/cm}^2$

Maó foradat: $\sigma = 28,6 \text{ Kg/cm}^2 > \sigma_{\text{adm}} = 12 \text{ Kg/cm}^2$

La tensió de la fàbrica no compleix la norma MV-201-1972.

Estudi 3: 42_119C del 1972 (1a DC M-30 M-15 BP CSF)

Edifici de PB+ 7 construït el 1973

Murs planta baixa: murs de façana de 30cm i interiors de 15cm

Murs planta pis: murs de façana de 30cm i interiors de 15cm

Alçada de la planta: 3,3m la PB i 2,7m les plantes pis

Distància trava: 6,4m façana 4,5m mur central per reculada del mur.

Estats de càrrega: Habitatges 5,3KN/m² i coberta 5,4KN/m² segons memòria del projecte.

Llum crugia màx. extrem: 5,5 m amb balcó de 0,6m

Llum segona crugia: 3,7 m

Tensió baixada de càrregues:

Façana/Tester:

Mur central:

Arrencada planta baixa: 6,09 Kg/cm²

Sostre planta baixa: 14,31 Kg/cm²

Tensió admissible segons Cassinello:

Façana/Tester:

Tensió per esforç axil: 6,09Kg/cm²

Tensió amb esveltesa $\cong 20,0 \text{ Kg/cm}^2$ ($\lambda = 8,3$)

Mur central:

Tensió per esforç axil: 14,31 Kg/cm²

Tensió amb esveltesa: - Kg/cm² ($\lambda = 18 > 15$ Fora taula)

No és possible tenir en compte l'esveltesa del mur central amb les taules de Cassinello per un excés d'esveltesa.

Tensió admissible per Haller:

Façana/Tester:

$e = 7,5\text{cm}$ $P = e/k = 1,5$ $\lambda = 9 < 10$ $\eta_2 = 0,38$ $\eta_3 = 0,45$

$\sigma_s = 9,02 \text{ Kg/cm}^2$

Mur central:

$e = 0,68\text{cm}$ $P = e/k = 0,27$ $\lambda = 18$ $\eta_2 = 0,6$ $\eta_3 = 0,55$

$\sigma_s = 17,5 \text{ Kg/cm}^2$

MV-201-1972:

Sistema simplificat mur central:

Maó calat: $\sigma = 43,8 \text{ Kg/cm}^2 > \sigma_{\text{adm}} = 25 \text{ Kg/cm}^2$

Maó foradat: $\sigma = 42,0 \text{ Kg/cm}^2 > \sigma_{\text{adm}} = 12 \text{ Kg/cm}^2$

La tensió de la fàbrica no compleix la norma MV-201-1972.

6.2.2 Tensió màxima en els edificis amb llums més grans paral·lels a façana (1a)

Al observar els edificis amb les llums més grans amb suports paral·lels a façana es troba un exemple de planta baixa i tres plantes pis el núm. 89_348A. Cal indicar que en aquesta mateixa llicència es projecten altres edificis de més alçada però amb llums més petites. I en el cas de l'edifici més alt de planta baixa i set plantes pis, a les tres primeres plantes el sentit del forjat és perpendicular a les façanes i a les plantes altes és paral·lel a les façanes, fent treballar els murs portants de les plantes inferiors com a trava a les superiors. També s'observa un edifici de planta baixa quatre plantes pis i àtic reulat de la façana amb una llum considerable i que està construït de totxana segons la memòria constructiva del projecte, es tracta del núm. 122_504.

Estudi 4: 122_504 del 1963 (1a DM T-30 T-15 BC CSI)

Edifici de PB+ 4 més àtic reulat.

Murs planta baixa: murs de façana de 30cm i interiors de 15cm totxana segons memòria

Murs planta pis: murs de façana de 30cm i interiors de 15cm totxana segons memòria

Alçada de la planta: 2,8m la PB i 2,7m les plantes pis.

Distància trava: 7,7m façana 6,4m mur central.

Estats de càrrega: Habitatges 3,6KN/m² coberta i 3,5KN/m² planta pis, segons memòria del projecte.

Llum crugia extrem: 4,9 m façana

Llum segona crugia: 5,7 m interior

Tensió baixada de càrregues:

Façana/Tester:

Arrencada planta baixa: 3,6 Kg/cm²

Mur central:

Sostre planta baixa: 9,9 Kg/cm²

Tensió admissible segons Cassinello:

Façana/Tester:

Tensió per esforç axil: 3,6Kg/cm²

Tensió amb esveltesa $\cong 12$ Kg/cm² ($\lambda= 9,3$)

Mur central:

Tensió per esforç axil: 9,9 Kg/cm²

Tensió amb esveltesa: - Kg/cm² ($\lambda= 17,8 > 15$ Fora taula)

No és possible tenir en compte l'esveltesa del mur central amb les taules de Cassinello per un excés d'esveltesa.

Tensió admissible per Haller:

Façana/Tester:

$e= 7,5\text{cm}$ $P= e/k = 1,5$ $\lambda= 9,3 < 10$ $\eta_2= 0,45$ $\eta_3= 0,35$

$\sigma_s = 5,6$ Kg/cm²

Mur central:

$$e = 0,28\text{cm} \quad P = e/k = 0,1 \quad \lambda = 18,6 \quad \eta_2 = 0,65 \quad \eta_3 = 0,45$$

$$\sigma_s = 12,2 \text{ Kg/cm}^2$$

MV-201-1972:

Sistema simplificat mur central:

$$\text{Maó calat: } \sigma = 34,50 \text{ Kg/cm}^2 > \sigma_{\text{adm}} = 25 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Maó foradat: } \sigma = 33,35 \text{ Kg/cm}^2 > \sigma_{\text{adm}} = 12 \text{ Kg/cm}^2$$

La tensió de la fàbrica no compleix la norma MV-201-1972.

Estudi 5: 89_348A (1a DC G-15 BP CSF)

Edifici de PB+ 3

Murs planta baixa: murs de façana pilars de fàbrica amb formigó i interiors de 15cm

Murs planta pis: murs de façana de 25cm. gero més càmera d'aire i interiors de 15cm

Alçada de la planta: 2,7m

Distància trava: 2,6m façana 3,6m mur central

Estats de càrrega: Habitatges 5,1KN/m² segons memòria del projecte.

Llum crugia extrem: 6,0 m

Llum segona crugia: 4,8 m

Tensió baixada de càrregues:

Façana/Tester:

Mur central:

$$\text{Sostre planta baixa: } 4,83 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Planta baixa: } 9,3 \text{ Kg/cm}^2$$

Tensió admissible segons Cassinello:

Façana/Tester:

$$\text{Tensió per esforç axil: } 8,83 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Tensió amb esveltesa } - \text{ Kg/cm}^2 \quad (\lambda = 18 > 15 \text{ Fora taula})$$

Mur central:

$$\text{Tensió per esforç axil: } 9,30 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Tensió amb esveltesa: } - \text{ Kg/cm}^2 \quad (\lambda = 18 > 15 \text{ Fora taula})$$

No és possible tenir en compte l'esveltesa dels murs amb les taules de Cassinello per un excés d'esveltesa.

Tensió admissible per Haller:

Façana/Tester:

$$e = 7,5\text{cm} \quad P = e/k = 1,5 \quad \lambda = 18 \quad \eta_2 = 0,25 \quad \eta_3 = 0,87$$

$$\sigma_s = 5,5 \text{ Kg/cm}^2$$

Mur central:

$$e = 0,42\text{cm} \quad P = e/k = 0,16 \quad \lambda = 18 \quad \eta_2 = 0,65 \quad \eta_3 = 0,7$$

$$\sigma_s = 10,4 \text{ Kg/cm}^2$$

6.-Càlcul de la tensió de treball

MV-201-1972:

Sistema simplificat mur central:

Maó calat: $\sigma = 21,4 \text{ Kg/cm}^2 < \sigma_{\text{adm}} = 25 \text{ Kg/cm}^2$

Maó foradat: $\sigma = 20,5 \text{ Kg/cm}^2 > \sigma_{\text{adm}} = 12 \text{ Kg/cm}^2$

La tensió de la fàbrica amb maó calat (gero) tal com s'indica a la memòria compleix la norma MV-201-1972.

6.2.3 Tensió màxima en els edificis amb llums més grans perpendiculars a façana (1b)

Al moment d'analitzar l'estat tensional dels edificis amb la llum major del subtipus 1b amb els murs portants perpendiculars a façana, es troben dos edificis amb gran alçada de planta baixa i nou plantes pis, si es comptabilitza l'àtic com una planta pis més. Es comproven els dos pel fet que un és anterior al 1969 anterior a la norma sísmica PSG -1 i l'altre és posterior.

Estudi 6: 53_137 del 1967 (1b DC G-30 G-15 T-15 BC CSI)

Edifici de PB+ 9 anterior al 1969

Murs planta baixa: murs de façana i interiors de 30cm (gero) fins a planta primera

Murs planta pis: murs de façana de 30cm i interiors de 15cm de gero fins planta cinquena
Murs de façana i interiors de 15 de totxana de la planta sisena a la vuitena

Alçada de la planta: 3,65 – 6,0m planta baixa i 2,7m a les plantes pis.

Distància traves: 7m, façanes

Estats de càrrega: Habitatges 4,5KN/m² segons memòria del projecte.

Llum crugia extrem: 5,2 m

Llum segona crugia: 5,2 m

Tensió baixada de càrregues:

Façana/Tester:

Arrencada planta baixa: 7,45 Kg/cm²

Mur central:

Sostre planta baixa: 10,00 Kg/cm²

Sostre planta primer: 14,05Kg/cm², secció 15cm.

Tensió admissible segons Cassinello:

Façana/Tester:

Tensió per esforç axil: 7,45Kg/cm²

Tensió amb esveltesa $\cong 20,0 \text{ Kg/cm}^2$ ($\lambda = 9$)

Mur central:

Tensió per esforç axil: 15 Kg/cm²

Tensió amb esveltesa: - Kg/cm² ($\lambda = 18 > 15$ Fora taula)

No és possible tenir en compte l'esveltesa del mur central amb les taules de Cassinello per un excés d'esveltesa.

Tensió admissible per Haller:

Façana/Tester:

$e = 7,5\text{cm}$ $P = e/k = 1,5$ $\lambda = 9 < 10$ $\eta_2 = 0,40$ $\eta_3 = 0,33$
 $\sigma_s = 12,5 \text{ Kg/cm}^2$

Mur central:

$e = 0\text{cm}$ $P = e/k = 0$ $\lambda = 18$ $\eta_2 = 0,7$ $\eta_3 = 0,35$
 $\sigma_s = 19,5 \text{ Kg/cm}^2$

MV-201-1972:

Sistema simplificat mur central:

Maó calat: $\sigma = 40,4 \text{ Kg/cm}^2 > \sigma_{\text{adm}} = 25 \text{ Kg/cm}^2$

Maó foradat: $\sigma = 39,1 \text{ Kg/cm}^2 > \sigma_{\text{adm}} = 12 \text{ Kg/cm}^2$

La tensió de la fàbrica no compleix la norma MV-201-1972.

Estudi 7: 76_211 del 1970 (1b DC DL GC-15 G-15 BP CSI)

Edifici de PB+ 8 + sot posterior al 1969.

Murs planta baixa: murs de façana de 15cm amb càmera i interiors de 15cm

Murs planta pis: murs de façana de 15cm amb càmera i interiors de 15cm

Alçada de la planta: 3,6m a PB i 2,7 a les plantes pis.

Distància trava: 13,5m a tester i 4,7 m mur central

Estats de càrrega: Habitatges 4,4KN/m² segons memòria del projecte.

Llum crugia extrem: 6,0 m

Llum segona crugia: 3,7 m

Tensió baixada de càrregues:

Façana/Tester:

Mur central:

Arrencada planta baixa: 8,25 Kg/cm²

Sostre planta baixa: 15,33 Kg/cm²

Tensió admissible segons Cassinello:

Façana/Tester:

Tensió per esforç axil: 8,3Kg/cm²

Tensió amb esveltesa - Kg/cm² ($\lambda = 24 > 15$ Fora taula)

Mur central:

Tensió per esforç axil: 16 Kg/cm²

Tensió amb esveltesa: - Kg/cm² ($\lambda = 18 > 15$ Fora taula)

No és possible tenir en compte l'esveltesa dels murs amb les taules de Cassinello per un excés d'esveltesa.

Tensió admissible per Haller:

Façana/Tester:

$e = 7,5\text{cm}$ $P = e/k = 1,5$ $\lambda = 24$ $\eta_2 = 0,15$ $\eta_3 = 0,28$

$\sigma_s = 21,26 \text{ Kg/cm}^2$

Mur central:

6.-Càlcul de la tensió de treball

$$e = 0,87\text{cm} \quad P = e/k = 0,35 \quad \lambda = 24 \quad \eta_2 = 0,25 \quad \eta_3 = 0,50$$

$$\sigma_s = 24,48 \text{ Kg/cm}^2$$

MV-201-1972:

Sistema simplificat mur central:

$$\text{Maó calat: } \sigma = 39,2 \text{ Kg/cm}^2 > \sigma_{\text{adm}} = 25 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Maó foradat: } \sigma = 49,6 \text{ Kg/cm}^2 > \sigma_{\text{adm}} = 12 \text{ Kg/cm}^2$$

La tensió de la fàbrica no compleix la norma MV-201-1972.

6.2.4 Tensió màxima en els edificis que les llums estan més descompensades

Al observar la mostra i buscar la distribució de forjats amb les llums més descompensades que recolzen sobre un mateix mur, es troben dos casos. Un dels quals és analitzat pel fet de ser l'edifici amb les llums més grans el 89_348 ja analitzat anteriorment. Així que a continuació es mostra l'altra variant estructural que conté un mur de contenció amb les llums més descompensades.

Estudi 8: 78_133A del 1967 (1a DM G-15 BF CSI)

Edifici de PB+ 4 anterior al 1969.

Murs planta baixa: murs de façana de 30cm i interiors de 15cm

Murs planta pis: murs de façana de 30cm i interiors de 15cm

Alçada de la planta: 2,7m

Distància trava: 7,4m façana, 5,6 m mur central per reculada

Estats de càrrega: Habitatges 4,2KN/m² i coberta 5,2KN/m² segons memòria del projecte.

Llum crugia extrem: 4,6 m balcó volat 1m.

Llum segona crugia: 1,2 m

Tensió baixada de càrregues:

Façana/Tester:

Arrencada planta baixa: 4,85 Kg/cm²

Mur central:

Sostre planta baixa: 7,71 Kg/cm² descompensat.

Sostre planta baixa: 9,71 Kg/cm² màxima càrrega.

Tensió admissible segons Cassinello:

Façana/Tester:

Tensió per esforç axil: 6Kg/cm²

Tensió amb esveltesa $\cong 15,0 \text{ Kg/cm}^2$ ($\lambda = 9$)

Mur central:

Tensió per esforç axil: 8,0 Kg/cm²

Tensió amb esveltesa: - Kg/cm² ($\lambda = 18 > 15$ Fora taula)

No és possible tenir en compte l'esveltesa del mur central amb les taules de Cassinello per un excés d'esveltesa.

Tensió admissible per Haller:

Façana/Tester:

$e = 7,5\text{cm}$ $P = e/k = 1,5$ $\lambda = 9 < 10$ $\eta_2 = 0,35$ $\eta_3 = 0,35$
 $\sigma_s = 8,4 \text{ Kg/cm}^2$

Mur central més descompensat:

$e = 2,19\text{cm}$ $P = e/k = 0,8$ $\lambda = 18$ $\eta_2 = 0,45$ $\eta_3 = 0,50$
 $\sigma_s = 10,63 \text{ Kg/cm}^2$

Mur central més sol·licitat:

$e = 0,45\text{cm}$ $P = e/k = 0,18$ $\lambda = 18$ $\eta_2 = 0,55$ $\eta_3 = 0,50$
 $\sigma_s = 12,53 \text{ Kg/cm}^2$

MV-201-1972:

Sistema simplificat mur central:

Maó calat: $\sigma = 22,4 \text{ Kg/cm}^2 < \sigma_{\text{adm}} = 25 \text{ Kg/cm}^2$ Maó foradat: $\sigma = 21,4 \text{ Kg/cm}^2 > \sigma_{\text{adm}} = 12 \text{ Kg/cm}^2$

La tensió de la fàbrica compleix la norma MV-201-1972 quan es tracte de gero.

6.2.5 Tensió màxima segons la sobrecàrrega màxima a la que està sol·licitada

Finalment quan es comprova l'edifici amb el condicionant de suportar l'estat de càrregues major amb una sobrecàrrega segons memòria de $5,5 \text{ KN/m}^2$ es troben els edificis de les llicències 69_182 fins el 71_184 que són la mateixa variant tipològica.

Estudi 9: 69_182 (1c DC M-30 M-15 BC CSI)

Edifici de PB+ 6 anterior al 1969.

Murs planta baixa: murs de façana de 30cm i interiors de 15cm

Murs planta pis: murs de façana de 30cm i interiors de 15cm

Alçada de la planta: 2,7m

Distància travesia: 4m façana, 6,7 m mur central.

Estats de càrrega: Habitatges $5,5 \text{ KN/m}^2$ segons memòria del projecte.

Llum crugia extrem: 4,2 m balcó volat 0,9m.

Llum segona crugia: 4,2 m

Tensió baixada de càrregues:

Façana/Tester:

Arrencada planta baixa: $6,4 \text{ Kg/cm}^2$

Mur central:

Sostre planta baixa: $14,09 \text{ Kg/cm}^2$ descompensat.Tensió admissible segons Cassinello:

Façana/Tester:

Tensió per esforç axil: 6 Kg/cm^2 Tensió amb esveltesa $\cong 15,0 \text{ Kg/cm}^2$ ($\lambda = 9$)

6.-Càlcul de la tensió de treball

Mur central:

Tensió per esforç axil: 15,0 Kg/cm²

Tensió amb esveltesa: - Kg/cm² ($\lambda = 18 > 15$ Fora taula)

No és possible tenir en compte l'esveltesa del mur central amb les taules de Cassinello per un excés d'esveltesa.

Tensió admissible per Haller:

Façana/Tester:

$e = 7,5\text{cm}$ $P = e/k = 1,5$ $\lambda = 9 < 10$ $\eta_2 = 0,40$ $\eta_3 = 0,67$

$\sigma_s = 7,98 \text{ Kg/cm}^2$

Mur central:

$e = 0 \text{ cm}$ $P = e/k = 0,0$ $\lambda = 18$ $\eta_2 = 0,65$ $\eta_3 = 0,40$

$\sigma_s = 17,84 \text{ Kg/cm}^2$

MV-201-1972:

Sistema simplificat mur central:

Maó calat: $\sigma = 33,8 \text{ Kg/cm}^2 > \sigma_{\text{adm}} = 25 \text{ Kg/cm}^2$

Maó foradat: $\sigma = 32,6 \text{ Kg/cm}^2 > \sigma_{\text{adm}} = 12 \text{ Kg/cm}^2$

La tensió de la fàbrica no compleix la norma MV-201-1972 .

6.2.6 Quadre resum

A continuació es presenta el quadre resum¹²⁰ de la tensió de la fàbrica segons la baixada de càrregues¹²¹ menyspreant qualsevol esveltesa i excentricitat. Aquesta es posa en comparació amb el càlcul de la tensió admissible de l'obra de fàbrica segons l'esveltesa i excentricitats de les diferents teories i norma que afecta l'obra de fàbrica durant el període d'estudi¹²².

A partir del quadre de resum de les tensions dels edificis més sol·licitats depenent de les tècniques de càlcul, es posa de manifest que en funció del tipus de formulació i sistema de comprovació de l'estat tensional de l'obra de fàbrica canvia totalment el resultat de la tensió a la que treballa.

Tot i que entre la baixada de càrregues i el sistema de càlcul de Haller hi ha una diferència d'entre 1 i 4kg/cm² en general i excepcionalment aquesta diferència pot ser de fins a 13kg/cm² (76_211 1b DC DL GC15 G15 Pb+8); la gran diferència apareix quan es calcula amb la norma MV-201-1972. La primera norma d'obra de fàbrica limita de tal manera la capacitat resistent d'aquesta que fa treballar la mateixa obra a més del doble de la tensió obtinguda amb la baixada de càrregues i el sistema de Haller. Només en un dels casos l'augment només és del 50%.

¹²⁰ El quadre resum el qual es fa referència és la figura 33.

¹²¹ Els càlculs duts a terme dels diferents casos d'estudi es troben a l'annex B a la fitxa que li correspongui segons la nomenclatura donada per l'estudi.

¹²² Cada valor ha estat calculat segons la teoria a la que fa referència i seguint les formules i taules exposades als subapartats anteriors.

Subtipus	Expedient	Tensió baixada de càrregues	Cassinello	Haller	MV-201-1972 simplificat
Màxima alçada PB+12	51_132 (1957) 1c DM M30 M15 BC CSII	Tester: 7,78kg/cm ²	$\sigma_{adm}: 8\text{kg (maó 70, morter 50)}$	$\sigma_{adm}: 9,70\text{kg/cm}^2$	-
		Mig: SPB: 10,00kg/cm ² (*1) Mig: SP2: 14,05kg/cm ²	$\sigma_{adm}: 15\text{kg (maó 150, morter 50)}$ σ_{λ} fora taula > 50kg/cm ² (maó 300, morter 150)	$\sigma_{adm}: 17,90\text{kg/cm}^2$	$\sigma_{perform}: 36,5 > 25$ $\sigma_{buil}: 34,6 > 12$
Màxima alçada PB+8	79_269C (1972) 1a DL M30 M15 BP CSI	Façana: 8,77kg/cm ²	$\sigma_{adm}: 7\text{kg (maó 100, morter 5)}$	$\sigma_{adm}: 12,10\text{kg/cm}^2$	-
		Mig: 19,16kg/cm ²	$\sigma_{adm}: 8=20\text{kg/cm}^2$ (maó 150, morter 100)	$\sigma_{adm}: 20,80\text{kg/cm}^2$	$\sigma_{perform}: 30,2 > 25$ $\sigma_{buil}: 28,60 > 12$
Màxima alçada PB+7	42_119B (1973) 1a DC M30 M15 BP CSF	Façana: 6,09kg/cm ²	$\sigma_{adm}: 7\text{kg (maó 70, morter 20)}$	$\sigma_{adm}: 9,20\text{kg/cm}^2$	-
		Mig: 14,31kg/cm ²	$\sigma_{adm}: 8=20\text{kg/cm}^2$ (maó 100, morter 100)	$\sigma_{adm}: 17,50\text{kg/cm}^2$	$\sigma_{perform}: 43,8 > 25$ $\sigma_{buil}: 42,0 > 12$
Màxima lllum paral·lela	122_504 (1963) 1a D14 T30 T15 BC CSI	Façana: 3,6kg/cm ² (totxana)	$\sigma_{adm}: 4\text{kg (maó 30, morter 10)}$	$\sigma_{adm}: 5,60\text{kg/cm}^2$	-
		Mig: 9,90kg/cm ² (totxana)	$\sigma_{adm}: 9,3=12\text{kg/cm}^2$ (maó 100, morter 100)	$\sigma_{adm}: 12,20\text{kg/cm}^2$	$\sigma_{perform}: 34,5 > 25$ $\sigma_{buil}: 33,35 > 12$
Màxima lllum perpendicular	89_348A (1970) 1a DC G15 BP CSF	Façana: 4,83kg/cm ²	$\sigma_{adm}: 10\text{kg (maó 100, morter 100)}$	$\sigma_{adm}: 5,50\text{kg/cm}^2$	-
		Mig: 9,30kg/cm ²	$\sigma_{adm}: 9\text{kg (maó 50, morter 20)}$ σ_{λ} fora taula > 50kg/cm ² (maó 300, morter 150)	$\sigma_{adm}: 10,40\text{kg/cm}^2$	$\sigma_{perform}: 21,4 < 25$ $\sigma_{buil}: 20,5 > 12$
Màxima lllum perpendicular	53_137 (1967) 1b DC G30 G15 BC CSI	Tester: 7,45kg/cm ²	$\sigma_{adm}: 8\text{kg (maó 70, morter 50)}$	$\sigma_{adm}: 12,50\text{kg/cm}^2$	-
		Mig: 14,05kg/cm ²	$\lambda = 9 \rightarrow \sigma_{\lambda} 20\text{kg/cm}^2$ (maó 150, morter 100)	$\sigma_{adm}: 19,50\text{kg/cm}^2$	$\sigma_{perform}: 40,4 > 25$ $\sigma_{buil}: 39,1 > 12$
Màxima lllum perpendicular	76_211 (1970) PB+8, 1b DC DL GC15 G15 BP CSI	Tester: 8,25kg/cm ²	$\sigma_{adm}: 15\text{kg (maó 100, morter 100)}$ σ_{λ} fora taula > 50kg/cm ²	$\sigma_{adm}: 21,26\text{kg/cm}^2$	-
		Mig: 15,30kg/cm ²	$\sigma_{adm}: 10\text{kg (maó 100, morter 50)}$ σ_{λ} fora taula > 50kg/cm ² (maó 300, morter 150)	$\sigma_{adm}: 24,48\text{kg/cm}^2$	$\sigma_{perform}: 39,2 > 25$ $\sigma_{buil}: 49,6 > 12$
Màxima lllum descompensada	78_133A (1967) PB+4 1a DC G15 BF CSI	Façana: 4,85kg/cm ²	$\sigma_{adm}: 6\text{kg (maó 70, morter 50)}$	$\sigma_{adm}: 8,40\text{kg/cm}^2$	-
		Mig: 7,07kg/cm ²	$\sigma_{adm}: 9=20\text{kg/cm}^2$ (maó 150, morter 100)	$\sigma_{adm}: 10,63\text{kg/cm}^2$	$\sigma_{perform}: 22,40 < 25$ $\sigma_{buil}: 21,40 > 12$
Càrrega màxima	69_182 1c DC M30 M15 BC CSI	Façana: 6,4kg/cm ²	$\sigma_{adm}: 8\text{kg (maó 100, morter 100)}$ σ_{λ} fora taula > 50kg/cm ²	$\sigma_{adm}: 7,98\text{kg/cm}^2$	-
		Mig: 14,09kg/cm ²	$\lambda = 9 \rightarrow \sigma_{\lambda} 20\text{kg/cm}^2$ (maó 150, morter 100)	$\sigma_{adm}: 17,84\text{kg/cm}^2$	$\sigma_{perform}: 33,80 > 25$ $\sigma_{buil}: 32,60 > 12$

Figura 33 Quadre resum dels càlculs realitzats dels murs més tensionats dels edificis en les condicions més sol·licitades.

7. Conclusions de l'anàlisi

Després d'analitzar 189 variants d'estructures d'habitatges, on l'element estructural és el mur de càrrega portant d'obra de fàbrica distribuïts en 982 escales i compostos de 12.974 habitatges construïts entre el 1946 i el 1979 a la ciutat de Sabadell, acollits a polítiques de promoció pública, i després d'haver analitzat el context constructiu i normatiu de l'època en que van ser construïts, s'observa com les normes o manca de les mateixes aboca als tècnics a construir amb unes premisses no sempre a favor de l'estructura de l'obra de fàbrica com s'indica a continuació en cada un dels temes analitzats.

7.1 Sistema estructural i constructiu

7.1.1 Disposició de l'estructura

La majoria de les estructures disposen els murs de càrrega paral·lels a la façana (1a) (40% de la mostra) fent treballar la façana com element estructural, seguint les recomanacions de les Ordres Ministerials del 1955 on explícitament indica que l'estructura ha de ser de dues crugies, menystenint la importància del mur de trava en unes estructures on l'element de suport del sostre és el mur de càrrega d'obra de fàbrica, poc estable si només està lligat pel cap i el peu sense trava vertical.

A la mostra apareixen projectes amb els murs de càrrega perpendiculars a façana (1b) a partir del 1963 de forma més generalitzada, i cal posar de manifest que només una quarta part de la mostra analitzada distribueix els murs de càrrega ambdues direccions (1c). La solució de forjat en dues direccions és bàsicament per poder resoldre els edificis en cantonada. És excepcional el fet de distribuir els murs de càrrega en diferents direccions depenent de l'alçada, o fer treballar els murs d'un costat com a mur portant i per l'altre de trava. Ambdós casos excepcionals s'utilitza la doble funció del mur com a trava i de suport, per tal d'aconseguir edificar en més alçada fent que els murs treballin amb menys tensió.

Així doncs els tècnics de l'època no consideraven la rigidesa que dona un sostre forjat en diferents direccions en una mateixa planta, sinó que es limitaven a cobrir els sostres en la llum més curta i en alguna excepció apliquen el recurs de forjar en dues direccions per tal d'alliberar de càrrega gravitatòria els murs portants.

7.1.2 Disposició dels murs de trava

Analitzant en els plànols la distribució, distàncies dels murs de trava, i la forma de grafiar tant els murs de trava com els murs portants, es fa palès que en la majoria dels projectes no es donava massa importància a la distància entre els murs de trava, ja que fins i tot en els plànols amb l'esquema estructural en molts casos no estan grafiats els murs de trava, i quan ho estan poden tenir unes distàncies realment molt grans, amb més de 10m de distància en molts casos (DL). Aquesta distància es veu disminuïda quan la distribució dels murs de càrrega és perpendicular a façana (1b), ja que l'amplada de l'edifici limita la distància entre les dues façanes amb una funció estructural, la de trava. Aquesta distància no és superior als 10m per temes compositius i de distribució dels habitatges (DM).

7.-Conclusions de l'anàlisi

S'observa que les distàncies curtes entre els murs de trava (DC) es localitzen als habitatges del subtipus (1c) on els murs portants es troben ambdues direccions.

El fet que no es posi de relleu a la documentació gràfica els murs de trava i hi puguin haver distàncies realment molt grans entre els murs de trava amb una certa entitat, té relació amb la bibliografia tècnica nacional. L'efecte de l'augment de la capacitat de la fàbrica pel fet d'estar travada és molt baix tant en la teoria de Cassinello com a la primera norma MV-201-1972. En aquestes s'observa unes esvelteses relativament baixes si es considera el mur de càrrega de 15cm com es construeix a Catalunya. Es comprova que pràcticament tots els murs interiors de la mostra tenen, l'efecte del mur de trava és pràcticament menyspreable deixant fora la possibilitat d'augment de la tensió admissible per tots aquells edificis de la mostra on la distància entre els murs de trava és superior als 10m (DL). Aquest fet contrasta amb les teories estrangeres com la teoria de Haller, on l'augment de la capacitat resistent de la fàbrica és molt significatiu. L'exemple exposat amb una distància mitja de 7m (3 vegades l'alçada DM)¹²³ amb un augment de la resistència de més del 20% , i amb grans distàncies (DL) augmenta més del 12% la capacitat resistent amb una distància entre els murs de trava de 10m (4 vegades l'alçada)¹²⁴.

7.1.3 Tipus de fàbrica ceràmica

Pel què fa al tipus de fàbrica i cantells dels murs de càrrega, es constata que en la majoria dels casos els murs exteriors poden ser dissenyats amb un cantell de 30cm o fins i tot de 45cm en algunes plantes baixes dels primers anys d'estudi, i que els murs interiors són de 15cm de cantell, en pràcticament tota la mostra analitzada.

Molt excepcionalment els murs interiors tenen una secció superior als 15cm, en alguns edificis projectats abans del 1964 en edificis baixos i posteriorment en edificis relativament alts projectats a partir del 1966. Entre el 1963 i el 1973 es projecten amb peça ceràmica foradada (totxana T-15) les últimes dues o tres plantes dels edificis amb la intenció d'alleugerir la càrrega del mur portant. Cal destacar però, que en la mostra hi ha edificis de planta baixa i vuit plantes pis on la memòria descriu que l'obra de fàbrica utilitzada és la totxana, fent treballar l'obra de fàbrica foradada a una tensió gens menyspreable.

7.1.4 Tipus de sostres

En la majoria dels projectes no s'especifica el tipus de bigueta (BSI) i fins i tot a la memòria es pot trobar citades les dues opcions: bigueta pretesada o ceràmica (BP, BC).

Això mostra que el tipus de forjat podia dependre d'altres aspectes que el pròpiament estructural, i que per tant la diferència d'inèrcia i material entre els diferents tipus de forjat no poden afectar als càlculs o comprovacions tensionals del mur de càrrega si aquest no està definit a priori. Aquesta indefinició es troba fins el 1970.

¹²³ En l'apartat de la capacitat de l'obra de fàbrica s'observa la demostració numèrica de l'exemple.

¹²⁴ En l'apartat de la capacitat de l'obra de fàbrica s'observa que la MV -201-1972 deprecia tota estabilitat del mur de trava si aquest té una relació de 4 vegades l'alçada del mur de càrrega.

Així doncs el fet que per calcular la capacitat resistent de l'obra de fàbrica amb la norma MV-201-1972 sigui imprescindible conèixer el mòdul d'elasticitat del forjat, obliga a la definició del sostre en tots aquells projectes redactats després del setembre del 1972.

En el primer període de l'estudi quan la bigueta queda ben definida, aquesta és una bigueta armada de formigó (BF). A partir del 1955 conviu amb el sostre ceràmic (BC) fins el 1962 quan s'inicia el període en que es troben els tres tipus de sostre a la mostra. L'últim sostre ceràmic (BC) de la mostra es situa al 1972.

7.1.5 Disposició del congreñy de lligat

L'ús del congreñy com element de lligat dels sostres i de connexió amb el mur de càrrega no queda ben definit a la mostra analitzada fins el 1960. Cal indicar que el 1962 és quan la norma sísmica PGS-1 especifica la necessitat de lligar els sostres amb congreñys. Tot i així es troben forjats recolzats sobre dels congreñys (CSF) fins el 1975, any posterior a la norma MV-201-1972 on s'especifica clarament que la col·locació del congreñy respecte el forjat ha de ser al mateix nivell (CNF).

La importància del lligat del forjat per l'estabilitat del mur, té un cert interès als anys 60 pels tècnics estrangers com mostra la ponència del professor Mazure, on exposa que sense el lligat del mur, l'estabilitat del mateix depèn del cantell del mur i de la càrrega vertical superior a aquest¹²⁵.

En l'anàlisi s'exposa, seguint la teoria del professor Mazure, que a Sabadell tot mur de façana de l'últim pis (sense una càrrega vertical significativa) situat a una tercera planta o superior, si té un gruix de 15cm i no està lligat al cap, podria bolcar per l'acció del vent prescrita actualment al CTE.

A partir de la teoria del professor Mazure i de l'observació de la mostra on hi ha un gran percentatge d'aquesta que no es defineix l'existència del congreñy, o bé està definit que existeix en plantes alternes, és imprescindible la verificació de l'existència del congreñy en les plantes altes de coberta i sota coberta a partir del quart pis.

7.2 Altres aspectes

7.2.1 Ús de la planta baixa en relació al tipus d'estructura portant

Els murs de càrrega com element estructural a les plantes baixes va totalment lligat a l'ús de la mateixa. Quan aquesta està destinada a l'ús d'habitatge, el mur de càrrega és l'element de suport a la planta baixa. En els primers anys d'estudi és un mur simple i a partir del 1953 s'apilastren. En canvi quan l'ús de la planta baixa està destinat a local comercial i es necessita una planta amb una distribució més lliure és quan es resol l'estructura amb pilars, a partir de l'any 1962.

Cal indicar que en la majoria d'edificis acollits a polítiques de promoció pública i construïts bàsicament amb estructura portant d'obra de fàbrica, l'ús de la planta baixa és d'habitatge, sent només el 22% de la mostra el que destina la planta baixa totalment a local comercial.

¹²⁵ (Cassinello 1964).

7.2.2 Estats de càrrega

En l'anàlisi dels estats de càrrega es comprova que aquests poden ser molt diferents des d'una sobrecàrrega total de 360kg/m² fins a 550kg/m². Aquests valors han variat i augmentat al llarg del temps. Al 1955 es limitava la càrrega del pes propi incloent al paviment a 160kg/m² o 200kg/m² i la sobrecàrrega d'ús a 150kg/m² o 200kg/m² depenent de la categoria de l'habitatge tal com s'indica a l'Ordre Ministerial del 1955. Posteriorment el 1962 aquest valor augmenta i queda ben definit amb la primera norma on s'especifiquen els estats de càrrega. Cal dir que actualment la NRE-AEOR-93¹²⁶ dóna directrius al projectista per tal de valorar les càrregues que cal considerar en el cas de la rehabilitació d'un habitatge, on la sobrecàrrega d'ús pot ser avaluada segons el número d'habitants, habitacions dormitori, etc... I en el cas que no es conegui exactament el número de llits que hi haurà a l'habitatge o no es pugui definir tan exhaustivament, es prescriu que la sobrecàrrega d'ús amb els envans inclosos és de 240kg/m². Així es constata que la norma actual per calcular l'estat de càrregues que està sol·licitant un sostre d'un edifici a rehabilitar destinat a habitatge, fàcilment estarà sol·licitat a una càrrega superior als 400kg/m²¹²⁷, un valor major al què es comprova que havia existit anteriorment a la norma MV-101 1962, però molt més pròxim als càlculs de l'època que la norma actual.

7.2.3 Capacitat resistent de la fàbrica

En la comparació entre els diferents sistemes de càlcul que s'han emprat en el període d'anàlisi es veu que la norma MV-201-1972 obliga a treballar la fàbrica a una capacitat molt més elevada del què es feia tradicionalment. Aquest fet no ve donat pel sol fet que el sistema de càlcul és diferent, sinó que amb la nova norma cal comprovar l'estat tensional amb les sol·licitacions afectades pel coeficient de majoració de càrregues, quan en les teories anteriors es comprovava la tensió admissible de la fàbrica amb la baixada de càrregues gravitatòria sense afectació de cap coeficient de majoració.

Així doncs és fàcil que la tensió augmenti entre un 30 i 50% pel sol fet de majorar les càrregues i comparar unes tensions gravitatòries amb unes tensions majorades. Però es comprova que la diferència és molt superior al 50%, això ve donat pel fet que es penalitza la flexocompressió del mur amb unes excentricitats addicionals i es minimitza l'efecte de trava dels murs perpendiculars al mur portant.

¹²⁶ NRE-AEOR-93 Norma reglamentària d'edificació sobre accions en l'edificació en les obres de rehabilitació estructural dels sostres d'edificis d'habitatges. Ordre de 18 de gener de 1994 D.O.G.C. núm. 1852 de 28-I-1994. (NRE-AEOR-93)

¹²⁷ Si es considera un sostre ceràmic de 16cm de cantell la NRE-AEOR-93 1994 indica que el pes propi és de 175kg/m² i la sobrecàrrega d'ús inclòs els envans és de 240kg/m² si no és possible determinar exactament les persones que viuen en l'habitatge.

8. Conclusions de la recerca

Per donar resposta als objectius presentats al present document, després de l'anàlisi de 189 variants estructurals, del tipus edificatori d'habitatge plurifamiliar acollit a polítiques públiques de promoció del tipus d'estructura de murs de càrrega d'obra de fàbrica, les principals conclusions que se'n extreuen s'agrupen en els següents temes:

- Metodologia aplicada.
- Evolució de les normes sobre les polítiques públiques d'habitatge
- Evolució de les normes i coneixements tècnics sobre l'obra de fàbrica.
- Característiques de la variant tipològica de l'obra de fàbrica.
- Lesions existents actualment als edificis.
- Actuacions al moment de rehabilitar.

8.1 Metodologia aplicada

S'aporta i s'aplica una metodologia que faciliti la caracterització de la mostra relacionant-la amb la data de la construcció de l'edifici.

Es crea una metodologia a partir d'unes fitxes per cada una de les variants estructurals que caracteritzen la forma de treballar dels edificis d'obra de fàbrica des del més general al més concret, des de la disposició dels murs de càrrega respecte la façana fins l'existència o no de congreny de lligat entre el mur de fàbrica i el forjat.

Aquestes característiques es posen en relació amb la data de la construcció per tal de ser fàcilment reconeixibles al moment d'actuar en un edifici existent, a partir de la data de la seva construcció, dada de fàcil obtenció.

8.2 Evolució de les normes sobre polítiques públiques d'habitatge.

Les ordenances que regeixen les polítiques públiques d'habitatge evolucionen ràpidament en el període d'anàlisi, posant més èmfasi en els temes econòmics, de superfície i habitabilitat que els condicionants tècnics relacionats amb l'estabilitat de l'edifici.

Les lleis o ordenances pels habitatges que podien ser acollits a polítiques públiques des del 1939, Llei del 19 d'abril del 1939 "Régimen de protección a la vivienda y creando el Instituto Nacional de la

8.-Conclusions de la recerca

Vivienda”, fins l’Ordre del 4 de maig del 1970 contenen una classificació dels habitatges i per tant de les subvencions a les que poden acollir-se depenent de la superfície i la qualitat dels mateixos. L’evolució de les superfícies mínimes dels habitatges disminueix des d’un principi, on el mínim eren els 60m², fins al mínim del 42m² útils indicats a les últimes normes del període d’estudi. És evident que la superfície mínima i la distribució de l’habitatge, en el cas dels edificis construïts amb estructures de murs de càrrega, obliga al tècnic a construir amb unes llums determinades.

Els tècnics també es troben amb prescripcions de la disposició de les crugies com s’indica a l’Ordre del 12 de juny del 1955 prescrivint que els habitatges han d’estar formats per dues crugies paral·leles a façana i amb una orientació òptima.

Altres prescripcions són l’obligatorietat de la col·locació de l’ascensor a partir de les quatre plantes pis o l’obligació de construir el mur separador de dos habitatges amb un gruix mínim per tal de garantir una insonorització adequada, que beneficia a l’estructura, però que en la norma no es contempla com a tal.

La llei del 1954 significa un canvi en els agents que poden acollir-se als ajuts econòmics, abans d’aquesta les construccions només poden ser promogudes per organismes oficials o associacions. A partir d’aquest moment hi pot haver promocions privades que el promotor construeixi el seu propi habitatge, condició fora del present estudi però que cal tenir en consideració. Això significa un canvi important en el número de promocions que es duen a terme i el número d’entitats que conté cada una d’elles.

8.3 Evolució de les normes i coneixements tècnics de l’obra de fàbrica.

La falta de prescripcions en el sistema de càlcul dels edificis amb estructura de murs d’obra de fàbrica fins el 1972, obliga al tècnic a seguir amb l’experiència del “bon fer” o recórrer a directrius estrangeres on exposen la capacitat de l’obra de fàbrica condicionada a la trava, excentricitat de la càrrega i pandeig del mur.

La segona meitat de la dècada dels anys 50 i tota la dècada dels anys 60 es construeixen edificis de gran alçada (fins a PB+12) sense una norma d’obligat compliment sobre l’estabilitat de l’edifici. Els tècnics recorren a les publicacions tècniques nacionals i internacionals on destaca la teoria de Haller. Aquesta posa en consideració el mur de trava per l’estabilitat del mur portant, aconseguint resistències admissibles força més altes que les teories que menystenen aquest fet.

La nova norma MV-201-1972 sol·licita l’obra de fàbrica entre el 50% i el doble de la tensió a la que treballa la fàbrica si es calcula amb la teoria de Haller i entre el doble i tres vegades més que amb el càlcul de la baixada de càrregues, com es calculava en els anys 50 i 60 quan es comprovava.

8.4 Característiques i variants tipològiques

8.4.1 Disposició dels elements verticals

En el primer període els murs portants són paral·lels a la façana (1a) tal com es recomana a l'Ordre del 1955. Els edificis amb els sostres recolzats als murs perpendiculars a façana (1b), i deixant lliure la façana per grans obertures apareixen a partir del 1963 de forma generalitzada. El recurs de recolzar els sostres ambdues direccions (1c) és per donar solucions tècniques o per reduir la tensió del mur portant.

La disposició majoritària amb el 40% de la mostra analitzada té els murs portants paral·lels a façana (1a), tal com es recomana a l'ordre del 12 de juny de 1955. Aquesta disposició dels elements de càrrega és majoritària als anys 50.

A partir del 1963 es comença a utilitzar de forma generalitzada la disposició dels murs portants perpendiculars a façana (1b) al mateix temps que la resta de disposicions. Aquesta forma de forjar permet grans obertures a façana, disminuint la trava dels murs de suport.

Els edificis on els sostres es recolzen en murs ambdues direccions (1c) és només en el 26% de la mostra analitzada, bàsicament per resoldre els edificis de cantonada. Excepcionalment s'utilitza per alleugerir la tensió de la fàbrica i per fer treballar un mateix mur com a portant i com a trava dependent de la alçada de la planta o de la seva situació.

8.4.2 Estabilitat de l'edifici i murs de trava

El fet que els murs portants d'obra de fàbrica han d'anar travats creant caixes en planta per tal de garantir l'estabilitat, en la majoria de vegades no es té en compte al moment de projectar els edificis d'habitatges, en el període d'anàlisi.

Encara que tradicionalment la bona construcció indica que les estructures d'obra de fàbrica han d'estar travades, durant els anys 50 i 60 es troben construccions amb un dèficit important d'aquesta trava amb distàncies entre murs de trava superiors als 10m, en molts dels casos en que el mur de càrrega és paral·lel a façana (1a). Essent només la caixa d'escala o l'envà de separació entre habitatges els murs amb una funció de trava dels murs portants.

En el cas que l'element portant es disposi perpendicular a façana, la distància dels murs de trava disminueix a causa de la morfologia de l'edifici.

Cal indicar que és una època sense norma específica, on els documents tècnics només contemplen l'esveltesa del mur, la relació entre el gruix del mur i la seva alçada lliure.

Existeix documentació tècnica estrangera que sí que considera l'augment de la capacitat resistent de l'obra de fàbrica per l'existència del mur de trava fins a distàncies superiors als 10m entre els murs de trava. I es constata que excepcionalment els tècnics recorren a aquest sistema de càlcul, - on les tensions

8.-Conclusions de la recerca

admissibles per l'obra de fàbrica són significativament més altes si es té en compte la trava del mur, amb un augment del 12% de la capacitat tensional de la fàbrica - si els murs de trava estan a 10m de distància.

En la documentació tècnica anterior a la primera norma específica d'obra de fàbrica de l'Estat espanyol, així com en totes les normes que s'han emès fins a l'actual, es considera que el mur de trava és aquell que es construeix simultàniament a la resta de murs de càrrega, i té una dimensió mínima entre 8 i 10cm de gruix.

Així s'ignora qualsevol element constructiu de menor dimensió que pot treballar abans que el mur es deformi.

8.4.3 Els forjats emprats

Els forjats utilitzats en els edificis analitzats són les biguetes de formigó (BF) en tot el període d'anàlisi. Entre el 1955 i el 1972 s'utilitza el sostre ceràmic (BC) i a partir del 1962 es forja amb biguetes pretensades (BP). Fins el 1970 hi ha una gran indefinició dels forjats utilitzats en els edificis de la mostra.

La majoria de sostres analitzats i identificats en el projecte es resolen amb biguetes ceràmiques (BC) en un 35%, des de mitjans de la dècada del 50 fins entrada la dècada dels 70.

Les llums de les biguetes no depenen del tipus de sostres. Es troben llums equivalents amb els tres sistemes constructius de forjats.

8.4.4 Lligat del mur i el forjat

Fins el 1969 no es prescriu la unió del mur de càrrega amb el sostre a través del congreny perimetral, unió necessària per l'estabilitat del mur de fàbrica de façana sobretot en les plantes superiors dels edificis.

Tot edifici projectat posteriorment al 1969 ha de tenir un congreny perimetral que uneix el mur de càrrega amb el forjat existent tal com prescriu la norma sísmica PGS-1, però fins aquesta data pot haver edificis amb la manca del congreny perimetral, ja que en la mostra analitzada hi ha memòries de projecte on indica explícitament que el congreny es col·locarà cada dues plantes. Amb l'anàlisi dut a terme es posa de manifest que aquest congreny és imprescindible al cap del mur de la planta superior, el qual rep poca càrrega vertical, per tal de poder suportar l'empenta de vent segons la norma actual a Sabadell. Per tant, en el cas que no existeixi, és necessari aquest lligat al moment d'actuar en un edifici per la seva rehabilitació.

Aquest congreny tant pot trobar-se situat sota del forjat com a nivell de forjat en tot el període d'anàlisi, fins i tot posteriorment a la norma MV- 201- 1972 on es prescriu que el congreny ha d'estar situat a nivell del forjat.

8.4.5 Concordança entre l'ús de la planta baixa i els elements estructurals.

Les plantes baixes dels edificis analitzats estan destinades a habitatge en més del 50% de la mostra, amb un ús comercial en tota la seva superfície només en el 22% de la mostra analitzada. El sistema estructural de suport no depèn de l'ús de la planta baixa sinó de l'època de la construcció.

En el primer període tots els edificis analitzats solucionen l'estructura portant de la planta baixa amb murs de càrrega, sense dependre de l'ús que se'ls hi dona. A partir del 1953 els murs portants poden estar reforçats per pilastres i recrescuts en els murs portants. Més tard apareixen els pilars de formigó entre el 1962 i 1967 depenent dels usos de la planta baixa.

8.4.6 Alçada de les edificacions.

La majoria de les edificacions tenen una alçada de planta baixa i tres o quatre plantes pis amb un percentatge superior al 50%. Però existeixen edificis amb una alçada de planta baixa i 12 plantes pis on l'element portant és el mur de càrrega. Aquest fet és anterior al 1972 quan es publica la primera norma pel càlcul de l'obra de fàbrica a l'Estat espanyol.

En tot el període d'anàlisi es construeixen edificis de planta baixa i tres o quatre plantes pis, que signifiquen més del 50% de la mostra. A finals de la dècada dels 50 l'alçada dels edificis augmenta fins a construir-se edificis de planta baixa i dotze plantes pis excepcionalment però amb força exemples de planta baixa i vuit plantes pis. Posteriorment a l'entrada en vigor de la MV-201-1972 l'alçada màxima és de planta baixa i set plantes pis.

En molts casos les dues o tres plantes superiors es construeixen amb totxana, per tal d'alleugerir les càrregues de les plantes inferiors.

8.5 Lesions existents actualment als edificis.

Els edificis existents, actualment no presenten lesions per accés de tensió del mur de càrrega, i sí presenten lesions ocasionades pel pas del temps, tant en elements de formigó, com de l'obra de fàbrica vista.

Els edificis objecte del present estudi en general no presenten lesions aparents a l'obra de fàbrica com element estructural. Aquest fet contrasta amb el fet que la majoria d'aquestes edificacions no complirien l'actual norma CTE destinada a obra nova i on s'indica que en cas de rehabilitació es deixa en mans del tècnic responsable l'actuació en el parc edificat. Així depèn completament del criteri del tècnic redactor la necessitat o no de reforçar l'estructura, recaient en aquest tota la responsabilitat. Això posa de manifest

8.-Conclusions de la recerca

la necessitat de regular, per part de l'administració, la forma de poder certificar la solidesa d'una estructura d'obra de fàbrica amb més de dues plantes pis.

Sí que s'han trobat lesions a les estructures de formigó de façana, tant a congrenys perimetrals, com a forjats de formigó volats com a balcó. Aquestes lesions provoquen una intervenció a curt termini pel fet que l'element estructural ha perdut el recobriment de formigó i poden produir-se caigudes de crostons de formigó en el carrer, a més de quedar disminuïda la secció d'acer, tema d'un altre estudi.

Al mateix temps es constata en les edificacions amb les façanes d'obra vista, que aquesta s'ha degradat amb el pas del temps i els morters s'han rentat, fent-se necessari el manteniment de les façanes d'obra vista.

8.6 Actuacions necessàries als edificis

Es fan necessàries actuacions de rehabilitació per la durabilitat dels materials, i lligat dels murs de façana de les plantes superior dels edificis anteriors al 1969 sense congreny perimetral.

És necessari l'existència del congreny perimetral de la planta superior a tot edifici de planta baixa més dues plantes pis per garantir que es puguin absorbir les accions del vent prescrites actualment al CTE.

El parc edificat amb més de 40 anys on no s'hi ha dut a terme un manteniment regular es troba amb la necessitat de rejuntar l'obra vista de façana, i reparar els elements de formigó armat exteriors que s'han degradat pel pas del temps.

8.7 Futures línies de recerca

Una futura línia de recerca és analitzar l'efecte que pot ocasionar en aquestes estructures d'obra de fàbrica - en alguns casos poc travades - l'efecte d'un sisme segons les normes actuals, i com enrigidir-les per garantir la seva estabilitat en front a les accions sísmiques.

També es proposa estudiar la tècnica i el cost necessari per tal d'actualitzar els habitatges als estàndards de confort d'avui en dia, per tal d'allargar-los la vida útil, depenent de les seves tipologies.

9. Bibliografía i fonts consultades

9.1 Normes:

9.1.1 Normes tècniques

AH 68 “Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado”. BOE núm. 290. Decret 2987/1968. 20 setembre 1968.

Eh-73 “Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado”. BOE núm. 293. Decret 3062/1973. 19 octubre 1973.

EH-80. “Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado”. BOE núm. 9. Reial Decret 2868/1980. 17 gener 1980.

CTE-2006 “Código técnico de la Edificación”. Real decreto 314/2006.del 17 de març del 2006.

M.V. 101-1962 “Acciones en la edificación”. BOE núm. 35. Decret 195/1963. 17 gener 1963.

M.V. 102-1964 “Acero laminado para estructuras de edificación”. BOE núm. 45. Decret 4433/1964. 3 desembre 1964.

M.V. 102-1975 “Acero laminado para estructuras de edificación”. BOE núm. 299. Decret 2899/1976. 16 setembre 1975.

M.V. 103 – 1972 “Calculo de las estructuras de acero laminado en edificación”. Decreto 1353/1973. 12 abril 1973. BOE. Núm. 153, 27 de juny 1973.

M.V. 104 – 1966 “Ejecución de las estructuras de acero laminado en la edificación”. Decreto 1851/1967. 3 juny 1967. BOE núm. 203, 25 agost 1967.

M.V. 105 – 1967 “Roblones de acero”. Decreto 685/1969. 30 gener 1969. BOE núm. 96, 22 abril 1969.

M.V. 106 – 1968 “Tornillos ordinarios y calibrados, tuercas y arandelas de acero para estructuras de acero laminado”. Decreto 685/1969. 30 gener 1969. BOE núm. 96, 22 abril 1969.

M.V. 107 – 1968 “Tornillos de alta resistencia y sus tuercas y arandelas”. Decreto 685/1969. 30 gener 1969. BOE núm. 96, 22 abril 1969.

M.V. 108 – 1976 “Perfiles huecos de acero para estructuras de edificación”. Reial Decreto. 23 desembre 1976. BOE núm. 27, 1 febrer 1977.

M.V. 109 – 1979 “Perfiles conformados de acero para estructuras de edificación”. Reial Decreto 3180/1979, 7 desembre 1979. BOE núm. 79, 1 abril 1980.

M.V. 201-1972 “Muros resistentes de fábrica de ladrillo”. BOE núm. 130. Decret 1324/1972. 20 abril 1972.

NBE-AE-88 Norma Básica de la Edificación NBE-AE-88 “Acciones en la edificación”. BOE núm. 276. Reial Decret 1370/1988. 17 novembre 1988.

NBE-EA-95 Norma Básica de la Edificación NBE-EA-95 “Estructuras de acero en edificación”. BOE núm. 16. Reial Decret 1829/1995. 18 gener 1996.

NBE-FL-91 Norma Básica de la Edificación “Muros resistentes de fábrica de ladrillo”. BOE núm. 4. Reial Decret 1723/1990. 4 gener 1990.

9.-Bibliografia

NCSE -94 “Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación” BOE núm. 33. Reial decret 2543/1994. 8 febrer 1995.

NCSR – 02 “Norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación (NCSR-02)”. Reial decret 9977/2002 , 27 setembre 2002. BOE núm. 244, 11 octubre 2002.

NRE-AEOR 93 “Norma reglamentaria d’edificació sobre accions en l’edificació en les obres de rehabilitació estructural dels sostre d’edificis d’habitatges” Ordre de 18 de gener 1994. Generalitat de Catalunya. D.O.G.C. núm. 1852, 28 gener 1994

PGS 1 -1974 “Norma Sismorresistente”. Decret 3209/1974. 30 agosto 1974. BOE núm. 279. 21 novembre 1974.

PGS 1 - 1969 “Norma sismorresistente, parte A”. Decret 106/1969, 16 gener 1969. BOE núm. 30. 4 gener 1969.

9.1.2 Normes sobre les promocions públiques d’habitatge

Decret - Llei 19/11/1948. “Se modifica la Ley de 25 de noviembre de 1944 sobre viviendas bonificadas”. 19 novembre 1944. BOE núm. 348 del 13 de desembre 1948.

Llei 13/07/1911. Llei sobre les Casas Baratas. Gaceta de Madrid núm.194. 13 de juny del 1911.

Llei 19/04/1939. Régimen de protección a la vivienda y creando el Instituto Nacional de la Vivienda. BOE 110. 20 d’abril de 1939. Llei de 19 d’abril de 1939.

Llei 25/11/1944. Sobre reducción de contribuciones e impuestos en la construcción de casas de renta para la denominada “clase media”. 25 de novembre 1944. BOE núm. 332. 27 de novembre del 1944.

Llei 17/07/1954. Sobre protección de “viviendas de renta limitada”. 15 de juliol 1954. BOE núm. 197 del 16 de juliol de 1954.

Ordre 12/07/1955. Por la que se aprueba el texto de las Ordenanzas técnicas y normas constructivas para “viviendas de renta limitada”. 12 de juliol del 1955. BOE núm. 197 del 16 de juliol de 1955. Pàgines 4321-4327.

Ordre 20/05/1969. Por la que se aprueba la adaptación de las ordenanzas técnicas y normas contractivas, aprobadas por Ordenes del 12 de julio de 1955 y 22 de febrero de 1968, al texto refundido revisado de la Legislación de Viviendas de Protección Oficial y su Reglamento. 20 de maig de 1969. BOE núm. 123 del 23 de maig de 1969. Pàgines 7918-7923.

Ordre 04/05/1970. Por la que se modifican las Ordenanzas Provisionales de Viviendas de Protección Oficial aprobadas por la Orden del 20 de mayo de 1969. Ordre Ministerial del 4 de maig de 1970. BOE núm. 111 del 9 de maig de 1970. Pàgines 7262 -7264.

9.2 Bibliografia

Només es llista la bibliografia a la que es fa referència en el present document.

9.2.1 Història de Sabadell

BARATA, Francesc. (1995) *Arraona Els Marinals – Sabadell-* Barcelona: Departament de Benestar Social. ADIGSA. 1995.195p. Els barris d’ADIGSA (41). ISBN 84-393-3513-X.

BRACONS SINGLA, Gabriel.(1993). *Urbanisme a Sabadell en els anys 40 i 50.* Sabadell. Fundació Bosch i Cadafalch. 1993. Quaderns d'arxiu de la Fundació Bosch i Cardellach, 68. 39p.

CASANOVAS ROMEU, Àngels. (2010) *Gràcia, un barri entre tres segles.* Sabadell: Ajuntament de Sabadell. Museu d'Història de Sabadell. 55p. ISBN 978 8487221514.

DOMENECH SANPERE, Xavier; DOMINGEUS ÀLVAREZ, Virginia; RENOM i PULIT, Mercè (2002) *Sabadell Ciutat 125 anys.* Museus Municipals de Sabadell i Arxiu Històric de Sabadell.2002.51p. ISBN 84-87221-63-7

FRANC, Miquel. (1999) *Can Rull: la història d'un barri de Sabadell.* Sabadell: Centre de formació d'adults Can Rull. 1999.

LAUDO i CORTINA, David ; MUSET PONS, Assumpta. (2004) *La Creu Alta. Un barri ple d'història.* Sabadell. Sabadell: Museu d'Història de Sabadell. 2004.43p. ISBN 84-87221-84-X.

LOPEZ VIANA, Marta. (2011). *Can Rull i la Serra d'en Camaró. Creixament(s) a ponent.* Sabadell: Museu d'Història de Sabadell. 2011. 54p. ISBN 978-84-87221-39-2

MARCADÉ i MATEU, Josep. (2007) *40 anys de VIMUSA.* Sabadell: Ajuntament de Sabadell. 2007. 99p. D.L.: B-12544-2007.

MUSET PONS, Assumpta (2007). *Sabadell Sud: la creu de Barberà, Campoamor. Espronceda i les Termes Sabadell.* Sabadell: Museu d'Història de Sabadell. 2007. 43p. ISBN 978-84-87221-14-9.

MUSET PONS, Assumpta; DESOLA MEDIAVILLA, Ricard. (2009) *De l'espai rural a la ciutat: La Concòrdia, Can Llong, Castellarnau, ...* Sabadell: Museu d'Història de Sabadell.2009. 55p. ISBN 978-84-87221-97-2.

OLIVA VILÀ, Montse. (1995) *Campoamor / Sant Pau – Sabadell-* Barcelona: Departament de Benestar Social. ADIGSA. 1995.179p. Els barris d'ADIGSA (48). ISBN 84-393-3511-3.

PUIG, Jaume *El procés de formació de la ciutat de Sabadell.* Sabadell: Ajuntament de Sabadell.147p. ISBN 84-87221017

ROCA FABREGAT, Pere.(2008). *Caixa Sabadell finances i acció social 1859-2009.* (Compendi) Sabadell: 2008. Fundació Caixa Sabadell. 165p. D.L. 51.184-2008.

SANTOS, Imma (1995). *Espronceda –Sabadell-* Barcelona: Departament de Benestar Social. ADIGSA. 1995.149p. Els barris d'adigsa (49). ISBN 84-393-3466-4

Publicacions tècniques:

CASSINELLO, Fernando 1964. *Muros de carga de fábrica de ladrillo.* Monografías del Instituto Eduardo Torroja de la construcción y del Cemento núm. 238. Madrid 1964.

CASSINELLO, Fernando 1970. *Obras de fábrica. Prescripciones del Instituto Eduardo Torroja (PIET) 70.* Madrid 1970.

CASSINELLO, Fernando 1971. *El ladrillo y sus fábricas.* Manuales y normas del Instituto Eduardo Torroja de la construcción y del cemento. Madrid 1971. 4ª edició. Primera edificó [1960?]

9.-Bibliografia

Centro Experimental de Arquitectura 1948. *Pliego General de Condiciones Varias de la Edificación.* Madrid 1948.

LAHUERTA J., RODRÍGUEZ F. 1962. *Muros de fábrica de ladrillos.* Ministerio de la Vivienda, Secretaria General Técnica. Madrid 1962.

Oficina Consultora Estructuras (O.C.E.) 1974-80. *Fichas técnicas de construcción OCE.* Editades pel Colegio de Arquitectos de Cataluña y Baleares 1974-1980. 75 fitxes en total.

Paricio Casademunt A. 2001. *Secrets d'un sistema constructiu l'Eixample.* Edicions UPC 2001.

9.2.2 Articles de revistes:

BASSÓ, 1977. *El muro de carga de fábrica de ladrillo: una tecnología en declive.* Pàg. 60-63. Revista: Construcción Arquitectura Urbanismo núm. 41.

LÓPEZ REY, 1977. *La norma MV-201-1972 des del punto de vista teórico.* Pàg. 64-68. Revista: Construcción Arquitectura Urbanismo núm. 41.

MAÑA, Fructuós 1977. *La norma MV201-1972 una muestra más del elitismo tecnológico.* Pàg. 69-71. Revista: Construcción Arquitectura Urbanismo núm. 41.

Oficina Consultora Estructuras (O.C.E.) 1973. *Efectos de la normativa últimamente aparecida sobre la construcción de estructuras en fábrica de ladrillo.* Pag. 63-66. Cuadernos de Arquitectura y Urbanismo núm. 95. Maig – abril 1973.

PARICIO ANSUÁRTEGUI, Ignacio 1973. *Las razones de la forma en la vivienda masiva.* Pàg. 2-18. Revista: Cuadernos de Arquitectura y Urbanismo núm.86. Abril 1973.

PEDROSA, VALLS, SAUQUET, 1974. *Arquitectura: ¿Cómo y para quién? Incorporación del método sociológico al diseño arquitectónico. Tres experiencias en Sabadell.* Pàg. 30-41 Revista: Jano núm. 18. Juliol – Agost 1974

9.2.3 Tesis doctorals i treballs acadèmics:

CORNADÓ BARDÓN, Còssima (2015). *Comportament mecànic-estructural dels edificis històrics de murs d'obra de fàbrica de maó de l'eixample de Barcelona.* (Tesi doctoral en Arquitectura) Universitat Politècnica de Catalunya.

DÍAZ GÓMEZ, César (1986). *Aproximació a l'evolució i al comportament derivat de les tècniques constructives en els tipus edificatoris exempts destinats a habitatges econòmic a Catalunya: període 1954/76.* (Tesi doctoral en Arquitectura) Universitat Politècnica de Catalunya.

GUILLEN ALBERT, Victor; VIU GONZÁLEZ, Cristina (2012). *Estudi del teixit residencial del polígon de la Trinitat Nova (inici 1953).* Instituto Nacional de la Vivienda i Patronat Municipal de l'Habitatge. PFC Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona. UPC Dirigit per Rosselló Nicolau i Serra Santasusagna Pàg. 115p.

LIZUNDIA URANGA, Iñigo (2012) *La construcción de la arquitectura residencial en Guipuzkoa durante la época del desarrollismo.* (Tesi doctoral en Arquitectura) Universidad del País Vasco.

MIRALPEIX VILARDELL, Georgina (2012). *L'habitatge social a Barcelona dels anys 50. El cas del polígon Parera (Sant Martí)*. PFG. Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona. UPC Dirigit per Rosselló Nicolau i Serra Santasusagna. Pàg. 78p

MORENO MEGIAS, Roger (2012) *Estudi de l'evolució tecnològica de la vivenda social a Barcelona en la segona meitat del s.XX :Les promocions del Patronat Municipal de l'Habitatge*. TFM (Màster Tecnologia en la Construcció). Barcelona UPC. Departament Construccions Arquitectòniques I. Dirigit per Zamora i Mestre. Pàg. 191p.

9.3 Fonts d'informació

Archivo Central del Ministerio de Fomento.

Arxiu del Col·legi d'Arquitectes de Catalunya.

Arxiu Històric de Sabadell.

Arxiu Nacional de Catalunya.

Fundació Antiga Caixa Sabadell.

Fundació Bosch i Cardellach.

Institut d'Estudis Fotogràfics de Catalunya.

