

I. ELS ELEMENTS RESISTENTS

I.A. / LA FONAMENTACIÓ

Les fonamentacions dels edificis exempts destinats a habitatge econòmic es caracteritzen per l'absència d'elements rellevants de contenció de terres i per no trobar-se sotmeses als condicionaments de perímetre propis de les situacions de mitgera. Aquestes característiques permeten d'obtenir una màxima simplificació i economia de les solucions, en evitar el sobredimensionament de les sabates excèntriques, la realització de murs de contenció armats i la complexitat del procés d'execució de l'obra a conseqüència de la proximitat de les fonamentacions dels edificis veïns.

I.A. / 1. EVOLUCIÓ

Fases

I.A. / 1.1. Al llarg dels anys cinquanta el tipus de fonamentació utilitzat amb més freqüència fou la sabata contínua de 0,50-0,60 m d'amplària a base de formigó i pedra. Afavoria l'adopció d'aquest sistema el fet que els edificis no superaven normalment les quatre plantes d'alçada, la seva estructura era a base de murs de càrrega i les llums no s'allunyaven massa dels 4,00 m amb la qual cosa les càrregues trameses al ferm no el sollicitaven gairebé mai per sobre d' 1,5 kg/cm², tensió acceptable per a la major part de terrenys. En els casos, no gaire nombrosos, en què la profunditat del ferm o la magnitud de les càrregues invalidava la solució de les sabates contínues, els sistemes adoptats van ésser molt diversos. Així, en alguns edificis del grup Onésimo Redondo de L'Hospitalet, en què el ferm es trobava a 2 ó 3 m de profunditat, s'adoptà un sistema a base de pilars i arcs de maó ceràmic; en els blocs de vuit plantes del passeig Calvell de Barcelona, situats a tocar la platja, en terreny deltaic, es disposà una llosa de formigó armat de 65 cm de gruix; i en els

edificis del grup SEAT, a la Zona Franca de Barcelona, construïts en aquesta dècada, s'utilitzaren pilons de formigó armat de 35 cm de diàmetre per anar a buscar un ferm a 8 m de profunditat.

- I.A. / 1.2. Des dels inicis dels anys seixanta, el nombre cada vegada més elevat d'edificis amb més de cinc plantes, provocà una major diversificació en l'ús de sistemes estructurals i, amb això, una major aplicació dels sistemes a base d'elements lineals de formigó o metàl·lics. Fet que comportà, com a conseqüència, un major ús dels tipus de fonamentació en sabata aïllada de formigó o de formigó armat. Quan la baixa tensió admissible dels substrats superficials impedia o encaria massa aquesta solució, es recorria a la llosa armada o al pilonatge. A partir d'aquí, l'únic fet evolutiu d'interès apreciable ve donat per la progressiva millora tècnica i de les condicions econòmiques de la major part de sistemes de pilonatge, la qual cosa provocà el increment del seu ús a profunditats de ferm cada vegada més reduïdes. El major grau de mecanització de què disposaven, en comparació al de la llosa armada, va fer decantar cada vegada més l'elecció cap al pilonatge en els casos en què tècnicament era possible aplicar qualsevol d'ambdues solucions.

Normes. Realització d'assais geotècnics.

- I.A. / 1.3. Els primers valors amb caràcter normatiu sobre tensions i assentaments admissibles en els fers de fonamentació en funció del tipus de terreny no s'establiren fins a l'any 1962, amb l'entrada en vigor de la norma MV-201 sobre accions que s'havien de considerar en el càlcul dels elements resistents. Abans d'aquesta norma, només el Pliego de Condiciones Técnicas, redactat per la Dirección General de Arquitectura l'any 1960, concretava valors per a aquells paràmetres. D'altra banda, pel que fa a les prospeccions del terreny, en revistes, com és ara, METODOS, MATERIALES Y

MAQUINARIA PARA LA CONSTRUCCION, una de les úniques en aquells anys dedicades monogràficament als temes d'edificació i obres públiques editada a Catalunya, no es fa referència als sondeigs geotècnics fins a l'any 1965 (v. MMMC, 1965, nº 26), en una breu nota d'escassa significació. I no és fins a l'any 1961 que els anuaris anunciadors de les empreses del sector amb més difusió (S.A.T., I.I.C., etc.) no inclouen cap empresa dedicada a la realització de sondeigs. A més a més, en els anys següents el nombre d'empreses anunciades es va mantenir extraordinàriament baix, en comparació amb les que ofertaven altres serveis o productes. Totes les dades apunten, doncs, al fet que l'aplicació dels principis de la Mecànica del Sòl al càlcul de les fonamentacions fou pràcticament nul·la abans de 1960 i es mantingué dins uns nivells d'aplicació molt baixos en els anys posteriors.

I.A. / 2.

COMPORTAMENT

I.A. / 2.1.

Els problemes originats per assentaments diferencials dels elements de fonamentació o per la qualitat dels materials que els componen no han estat gaire freqüents si hom considera com a dada de referència el baix nombre de grups afectats. Han obligat, però, a realitzar operacions generals de reparació o remodelació en alguns grans grups d'habitatges, entre els quals s'hi compten els barris del S.O. Besòs a Barcelona i Sant Cosme al Prat de Llobregat, tal i com es pot observar en el quadre 1, que inclou una relació dels grups en què es té notícia d'afectacions produïdes per assentaments diferencials en alguns o tots els edificis que els componen, i indica per a cadascun les causes que els han generat.

I.A. / 2.2.

Del conjunt de la informació recopilada en el quadre 1 i de les dades exposades en tractar sobre l'evolució dels elements de fonamentació, pot deduir-se que els motius que amb més freqüència han incidit en el seu comportament defectuós han estat

els següents:

- a) Reconeixement geotècnic insuficient del terreny, sobretot en els edificis construïts als anys cinquanta i primers anys seixanta, en què era menys freqüent la realització d'assaigs, la qual cosa comportà que es cometessin en aquests anys un major nombre d'errors en l'elecció dels sistemes, en el dimensionament dels elements o en l'elecció dels fers.
- b) Fonamentacions sobre terrenys de replè o quaternaris recents, els quals són molt susceptibles d'experimentar importants descensos de capacitat resistent quan són objecte de variacions higromètriques en la seva massa. Fet que és més probable que es presenti, precisament, en les edificacions exemptes, perquè es localitzen amb molta més freqüència en zones urbanes mancades de pavimentació.

DENOMINACIÓ GRUP	ANY CONSTRUCCIÓ	TIPUS FONAMENTACIÓ	AMBIT DE MANIFESTACIÓ	CAUSES DE LES LESIONS
La Verneda Baixa (Barcelona)	1951-52	Sabates corregudes	Puntual	
SEAT Zona Franca (Barcelona)	1954-56	Pilotatge	General	Dimensionat insuficient. Manca de travada en tots dos sentits.
La Mariola (Lleida)	1958-59	Sabates corregudes	General	Modificació de la capacitat portant del terreny per filtració d'aigües del clavegueram i obres properes d'urbanització. Incideix també la manca de canalització de les aigües de pluja.
Sant Sebastià (Súria)	1959-60	Sabates corregudes	Zonal	Assentament diferencial entre la fonamentació sobre terraplè i la fonamentació sobre terreny natural.
S.O. Besòs - fase (I) (Barcelona)	1959-64	Llosa armada	General	Sistema inadequat al tipus de terreny. Manca de rigidesa de les lloses. Els edificis en pilotatge no pateixen assentaments.
Pi i Molist (Barcelona)	1960-61	Sabates corregudes	Puntual	Modificació de la capacitat portant del terreny per construcció d'una piscina a prop.
Roberto Bassas (Barcelona)	1962-64	Sabates corregudes	Zonal	Proximitat de riera: terreny poc compactat.
El Xup (Manresa)	1963-64	Sabates corregudes	Puntual	
Sant Cosme (El Prat de Ll.)	1967-68	Sabates corregudes	General	Dimensionat insuficient o inadequació del sistema de fonamentació. (Infomes contradictoris sobre la incidència dels assentaments en les lesions dels edificis.)
Can Serra (L'Hospitalet de Ll.)	1972-74	Pilotatge	Puntual	Dimensionat insuficient. Fet desencadenant: humectació del terreny.

QUADRE 1.- Causes de les lesions originades per moviments de fonamentació en alguns grups d'habitatges, amb indicació de l'àmbit puntual, zonal o general en el qual es manifestaren.

Els tipus estructurals utilitzats al llarg del període foren extraordinàriament diversos. La simple diferenciació segons el material base, la seva forma, la seva situació en l'obra o el seu grau d'industrialització, resultaria excessivament abstracte i no aportaria elements d'anàlisi suficientment indicatius de les característiques específiques de cadascun dels diversos conjunts d'elements constructius que defineixen els sistemes estructurals realment executats.

Per tal de superar aquestes dificultats, s'ha establert una classificació prèvia dels elements estructurals utilitzats durant l'època (v. quadre 2), tot seguint els criteris següents:

- a) Segons la seva col·locació, en horitzontal o en vertical, la qual cosa s'acostuma a correspondre amb la seva funció bàsica de resistència a la flexió o a la compressió.
- b) Segons la seva forma lineal o superficial.

A partir d'aquesta classificació s'han format les unitats d'anàlisi operatives mitjançant l'agrupament dels elements relacionats en el quadre, de manera que cada agrupament comprèn un conjunt d'elements de prou entitat com per a definir tot un sistema o una part del mateix suficientment representativa de les solucions realment executades durant els anys considerats.

Les unitats d'anàlisi així definides, a les quals es farà referència per separat en els punts següents són:

- | | |
|--|-----|
| 1. Murs de fàbrica de maó ceràmic | MC |
| 2. Murs de fàbrica de blocs de formigó | MBF |

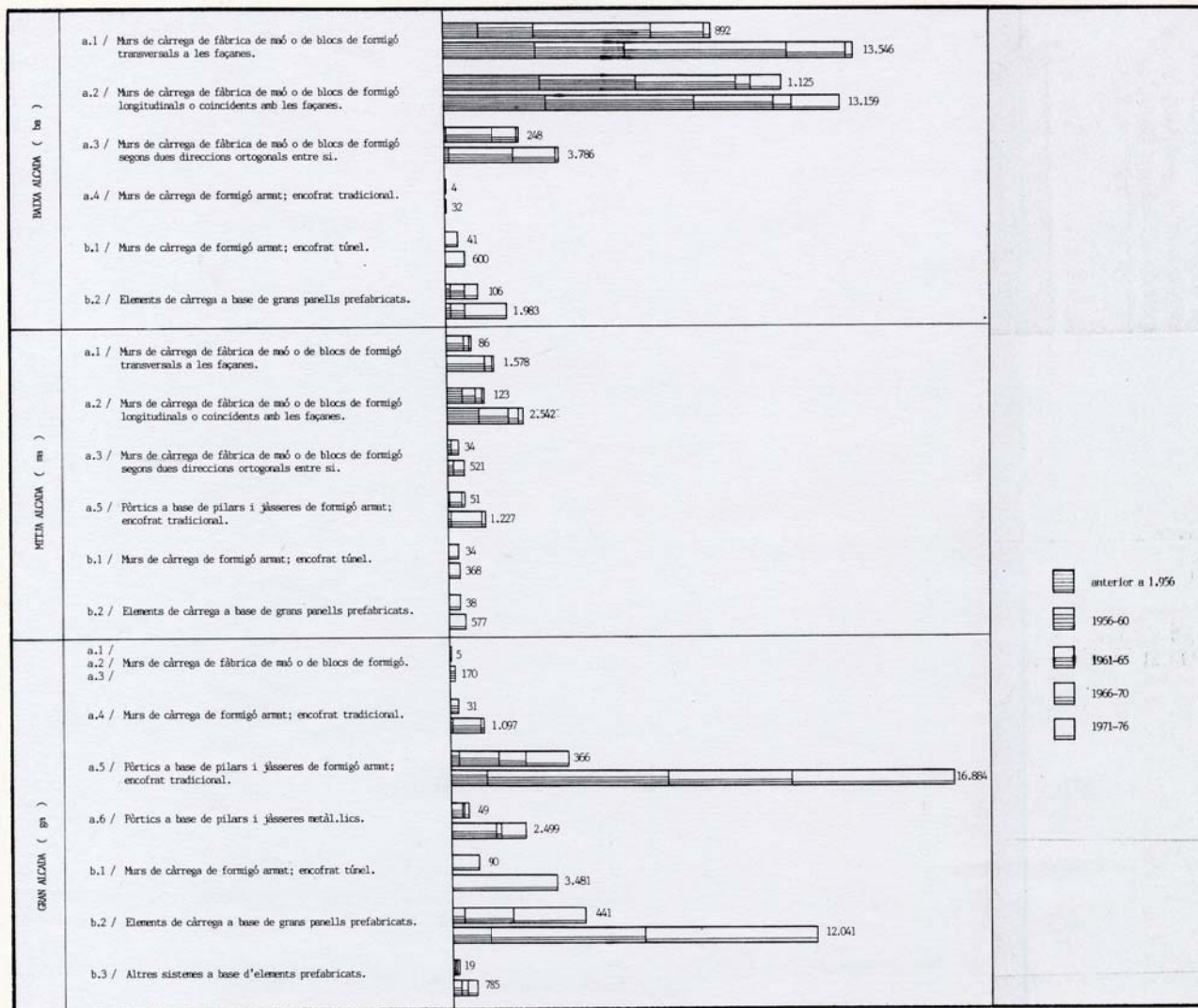
3. Estructures metàl·liques	PM - JM
4. Estructures porticades de formigó armat; encofrat tradicional	PFS - JCFS PFS - JPFS PFS - FR
5. Estructures amb jàsseres mixtes	PFS - JMX PM - JMX
6. Murs de formigó armat; encofrat tradicional	MF
7. Estructures de formigó armat; encofrat túnel	MFT - LLFT
8. Estructures a base de grans plafons prefabricats	PAF - LLTP PAF - FC PAC - FC
9. Estructures a base d'elements lineals prefabricats	PFP - JFP
10. Sostres	FBRR FBSR FC FPP

En el gràfic 3 (desplegable) s'exposa una relació dels 61 grups que componen la mostra ordenats cronològicament, indicant per a cada grup els sistemes estructurals utilitzats, el nombre d'habitatges executats a cada sistema i l'època en què es construïren. La visió conjunta d'aquestes dades facilita un coneixement global dels trets evolutius fonamentals experimentats en l'ús dels esmentats sistemes.

El gràfic 4 complementa la informació de l'anterior en proporcionar una visió del nivell d'utilització dels diversos sistemes al llarg del temps i l'alçada dels edificis on s'ha aplicat cadascun d'ells.

	ELEMENTS VERTICALS	ELEMENTS HORIZONTALS
ELEMENTS LINEALS	<p>PFS.- Pilars de formigó armat; encofrat in situ.</p> <p>PPF.- Pilars de formigó armat prefabricats.</p> <p>PM.- Pilars metàl·lics.</p>	<p>JCFS.- Jàsseres amb cantell de formigó armat; encofrat in situ.</p> <p>JPFS.- Jàsseres planes de formigó armat; encofrat in situ.</p> <p>JM.- Jàsseres metàl·liques.</p> <p>JMX.- Jàsseres mixtes acer-formigó armat.</p> <p>JFP.- Jàsseres de formigó armat prefabricades.</p>
ELEMENTS SUPERFICIALS	<p>MC.- Murs de fàbrica de maó ceràmic.</p> <p>MBF.- Murs de fàbrica de blocs de formigó.</p> <p>MF.- Murs de formigó armat; encofrat tradicional.</p> <p>MFT.- Murs de formigó armat; encofrat túnel.</p> <p>PAF.- Plafons de formigó armat.</p> <p>PAC.- Plafons ceràmics.</p>	<p>FBR.- Sostres de biguetes resistents de formigó armat o precomprimit.</p> <p>FBSR.- Sostres de biguetes semirresistents de formigó armat o precomprimit.</p> <p>FC.- Sostres ceràmics.</p> <p>FR.- Sostres reticulars de formigó armat.</p> <p>LLFT.- Lloses de formigó armat; encofrat túnel.</p> <p>LLFP.- Lloses de formigó armat; prefabricades.</p> <p>FPP.- Sostres de plaques prefabricades.</p>

QUADRE 2.- Classificació dels elements estructurals utilitzats durant l'època.



GRÀFIC 4.- Distribució dels mòduls (franja superior) i dels habitatges (franja inferior) de la mostra segons el seu sistema estructural i la seva alçada. S'indica, també, la quantitat de mòduls i habitatges construïts en cada un dels quinquerennis.

Nota.- L'escala gràfica adoptada pels mòduls no coincideix amb la adoptada pels habitatges.

I.B. / 1. EVOLUCIÓ

I.B. / 1.1. MURS DE FÀBRICA DE MAÓ CERÀMIC

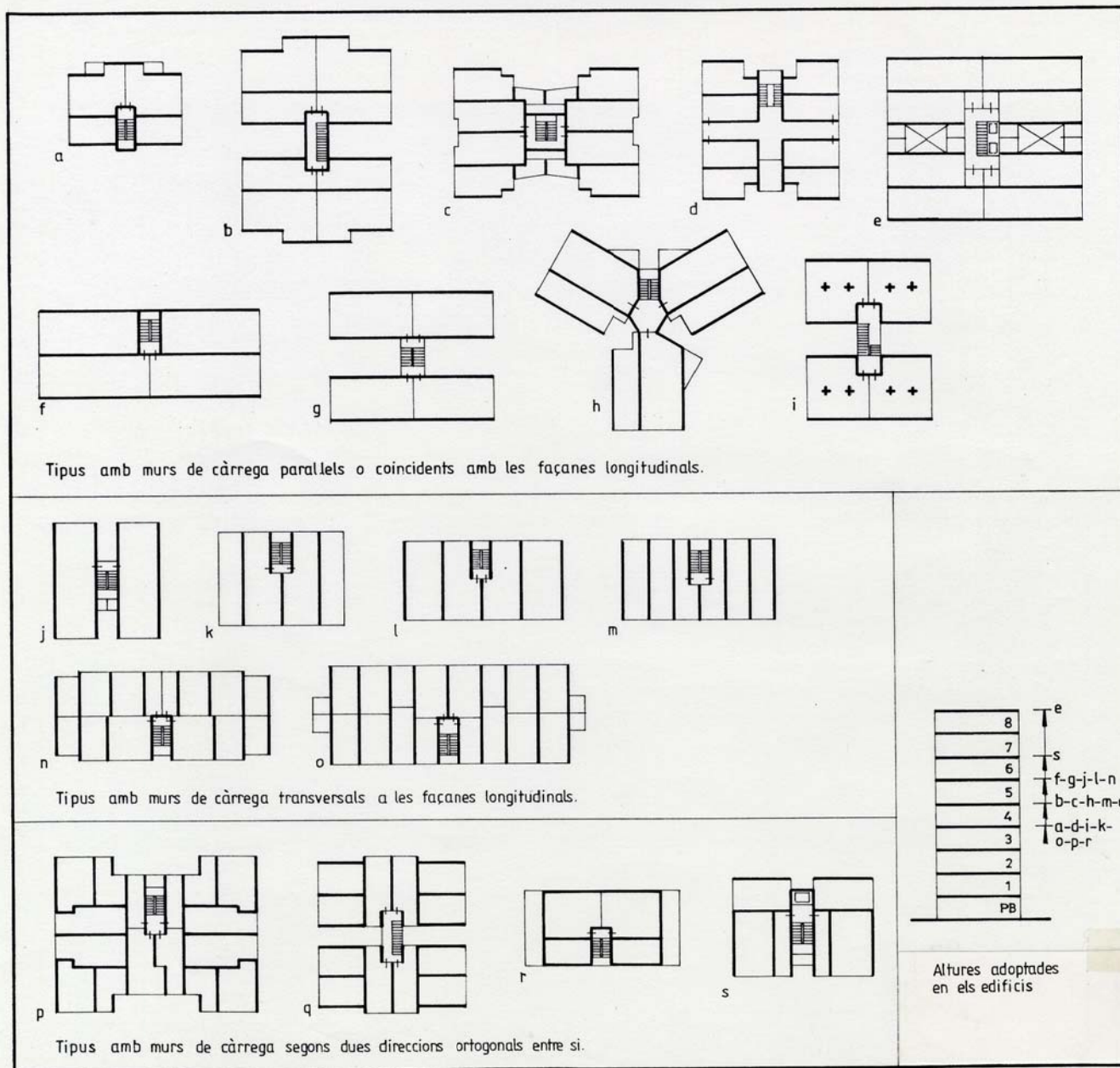
Nivells d'ús. Classificació.

I.B. / 1.1.1. Els murs de càrrega de fàbrica de maó han estat, amb diferència, la solució que més freqüentment s'ha adoptat per a suportar les càrregues verticals en els edificis exempts de menys de 7 plantes d'alçada. S'utilitzà també en edificis de 7 a 9 plantes, però en una proporció molt més baixa en relació a l'anterior. En edificis de més alçada el seu ús fou extraordinàriament escàs i esdeviní pràcticament nul després de l'aparició de la norma MV-201, l'any 1972, la qual fixava les condicions que havien de reunir quan acomplien una funció resistent (v. gràfic 4).

Per a l'anàlisi de la seva evolució, s'ha partit de la divisió dels tipus edificatoris resolts amb aquest sistema segons la situació relativa dels elements de càrrega respecte a les façanes. Les variants establertes a partir d'aquesta divisió, a les quals es farà referència per separat, són les següents:

- Edificis amb murs de càrrega paral·lels a les façanes o coincidents amb aquestes.
- Edificis amb murs de càrrega transversals a les façanes.
- Edificis amb murs de càrrega segons dues direccions ortogonals entre elles.

En el gràfic 5 es poden observar exemples de solucions tipològiques diverses en cada una de les tres variants establertes, i en el gràfic 99 es mostra el seu nivell d'aplicació en cada un dels tipus edificatoris prèviament definits.



GRÀFIC 5 .- Tipus edificatoris amb murs de càrrega de maó ceràmic o bloc de formigó.

Edificis amb murs de càrrega paral·lels a les façanes o coincidents amb aquestes.

I.B. / 1.1.2. La solució que consisteix a disposar tres murs de càrrega paral·lels - dos d'ells coincidents amb les façanes exteriors - ha estat tradicionalment la més utilitzada al llarg de tot aquest segle en els tipus edificatoris a què es fa referència. En les colònies obreres catalanes de principis de segle i en les siedlungs alemanyes i holandeses dels anys vint fou el sistema que s'adoptà amb més freqüència. En èpoques més recents, en el decurs dels anys quaranta i cinquanta, aquesta tendència no va variar: els prototipus proposats per l'administració alemanya i divulgats per la REVISTA NACIONAL DE ARQUITECTURA l'any 1943 seguien el mateix model (v. gràfic 6), i els edificis experimentals analitzats per el Instituto Eduardo Torroja l'any 1952 a fi d'obtenir dades sobre rendiments i costos d'execució de les obres responien a una idèntica concepció (v. gràfic 7). D'altra banda, a nivell bibliogràfic, el llibre de S. Stratemann PLANTAS DE VIVIENDAS EN CASAS DE PISOS, editat l'any 1956, solament incloïa, de fet, tipus amb l'estructura resolta d'aquesta forma (v. gràfic 8)

I.B. / 1.1.3. Els grups d'habitatge realitzats als anys cinquanta a Catalunya reflecteixen clarament el predomini dels tipus edificatoris resolts segons aquest mateix model. En efecte, els conjunts més grans realitzats en aquests anys, entre els quals s'hi troben el grup del Governador Civil, els del Verdum i Onésimo Redondo construïts per l'antiga OSH i, també, el grup de Trinitat construït pel PMHB, adopten tots ells un idèntic sistema. Els anys seixanta, tot i que amb molta menys freqüència que a la dècada anterior, es continua encara aplicant en alguns dels tipus edificatoris de conjunts d'importància tan significativa com Pomar, Espronceda o Can Serra i, fins i tot, en d'altres realitzats a començament de la dècada següent, tals com Can Ros o el de la Ctra. de Matadepera a Sabadell. La utilització de la façana com a ele-

ment estructural continuà vigent, doncs, en major o menor grau, al llarg de tot el període considerat.

- I.B. / 1.1.4. Les formes dels tipus edificatoris en què les façanes, a més d'elements de tancament, realitzen la funció portant, són extraordinàriament diverses (v. gràfic 5). De tota manera, en quasi tots els tipus la disposició adoptada respon al mateix model estructural de tres murs de càrrega paral·lels, dividint la fondària dels habitatges en dues crugies. Això fou degut a la facilitat en què aquesta solució s'adapta a la doble exigència d'optimització de les llums del sostre per una part i a la resolució funcional de la planta de l'habitatge per l'altra, doncs amb amplàries de 7 a 9 metres són compatibilitzables ambdós requeriments sense forçar el sistema estructural o la distribució dels habitatges, una vegada fixada la seva superfície mínima. Els casos en què es presenten d'altres disposicions dels elements de càrrega, tals com abastar amb una sola crugia la profunditat total de l'habitatge o substituir el mur central per una línia de pilars, poden considerar-se excepcionals si hom té en compte el seu baix nivell d'aplicació en relació a la resolució descrita anteriorment.

Edificis amb murs de càrrega transversals a les façanes.

- I.B. / 1.1.5. En els darrers anys cinquanta es constata un clar punt d'inflexió pel que fa a la utilització dels tipus anteriors enfront d'aquells altres en què s'adopta la disposició de murs de càrrega transversals a les façanes. Aquest fet coincideix cronològicament amb un ambient general d'acceptació més oberta dels principis de l'arquitectura moderna que comportà com a conseqüència més immediata una major receptivitat cap a les obres que es realitzaren a d'altres països. En aquest marc s'explica la gran difusió que van tenir a les revistes de l'època les solucions adoptades en

el barri - exposició Hansa de Berlín construït l'any 1957, i en el qual hi participaren els arquitectes més coneguts adscrits al moviment modern, entre els quals hi havia Gropius, Niemeyer, Aalto, Klein, Hoffmann, etc. (v. Cassinello, 1957, i HOGAR Y ARQUITECTURA, 1957, n° 10). Fou, probablement, l'assimilació d'aquelles solucions, en què s'adoptava de forma prioritària la disposició de murs transversals a la façana pel fet que permetia una major ventilació i assolellament dels habitatges, una de les raons que més incidiren sobre la creixent adopció experimentada per aquest model en els anys posteriors. Raons que, per altra part, es van afegir a les que, des de plantejaments economicistes, donaren suport en aquell temps a la mateixa solució i de les quals n'és un clar exponent la justificació d'en F. Cassinello a la solució del projecte que presentà al concurs d'habitatges experimentals organitzat per l'INV l'any 1956, on s'enumeren els següents motius:

- " 1. Al no ser la fachada elemento resistente puede estudiarse el modo que cumple mejor su función aislante térmica, húmedica y acústica con menor coste de material y de ejecución.
2. Los muros transversales se realizan con espesores mínimos y sin necesidad de cargaderos, dada la ausencia de huecos, lo cual simplifica sus construcciones.
3. La luz libre entre muros de carga es más reducida que la existente entre crujiás paralelas a fachada, ya que las zonas de paso son perpendiculares a ellos. El forjado es, por tanto, más económico en cemento y hierro.
4. El contrapeo de muros transversales, que rompe la continuidad de los mismos de fachada a fachada, favorece la distribución interior y permite la creación de elementos de atado.
5. Las soluciones de bloques en línea pueden desarrollarse en cualquier topografía dada la facilidad de juegos de altura entre las sucesivas viviendas.
6. El sistema es tradicional y de fácil aplicación en cualquier localidad, dado el gran desarrollo y popularidad de los materiales cerámicos en España. "

(xfr. HOGAR Y ARQUITECTURA, 1957: n° 12)

I.B. / 1.1.6. En el grup Montbau, iniciat l'any 1959, és on es reflecteix amb més claredat la influència dels models tipològics i estructurals adoptats en el barri Hansa. En el grup del S.O. del Besòs, iniciat aquell mateix any, es nota la mateixa influència,

però la diversitat de solucions tipològiques en què es resolen els edificis manifesta un major titubeig en l'adopció dels models a base de murs transversals a façana. Titubeig explicable, per altra part, si hom considera el moment de transició que representen aquests anys pel que fa a aquesta qüestió. Cal remarcar, tal com s'ha apuntat anteriorment, que si bé a partir dels anys seixanta la disposició dels murs de càrrega transversals fou la més freqüent, el sistema de façanes portants es continuà utilitzant amb la suficient intensitat com per a poder qüestionar la verificació pràctica dels avantatges econòmics de l'altre model.

- I.B. / 1.1.7. Els tipus edificatoris en què de forma gairebé exclusiva s'aplicà la disposició de murs transversals de càrrega foren els blocs lineals de dos o quatre habitatges per nivell d'accés (v. gràfic 5). Entre aquests tipus, les diverses variants existents solament es diferencien en el nombre de crugies que conformen el mòdul o en la existència de reculades en els murs transversals. El manteniment de la igualtat en la llum de les crugies, aspecte que es podria demostrar d'interès per a serialitzar els elements dels sostres, no ha estat considerada una qüestió prioritària enfront de les necessitats dimensionals dels locals i de les distributives dels habitatges. Només en els casos en què el sistema estructural utilitzat fou a base d'encofrat - túnel s'imposà la igualtat de llums a la major part de les solucions i s'adaptà la resolució dels habitatges a aquest condicionament.

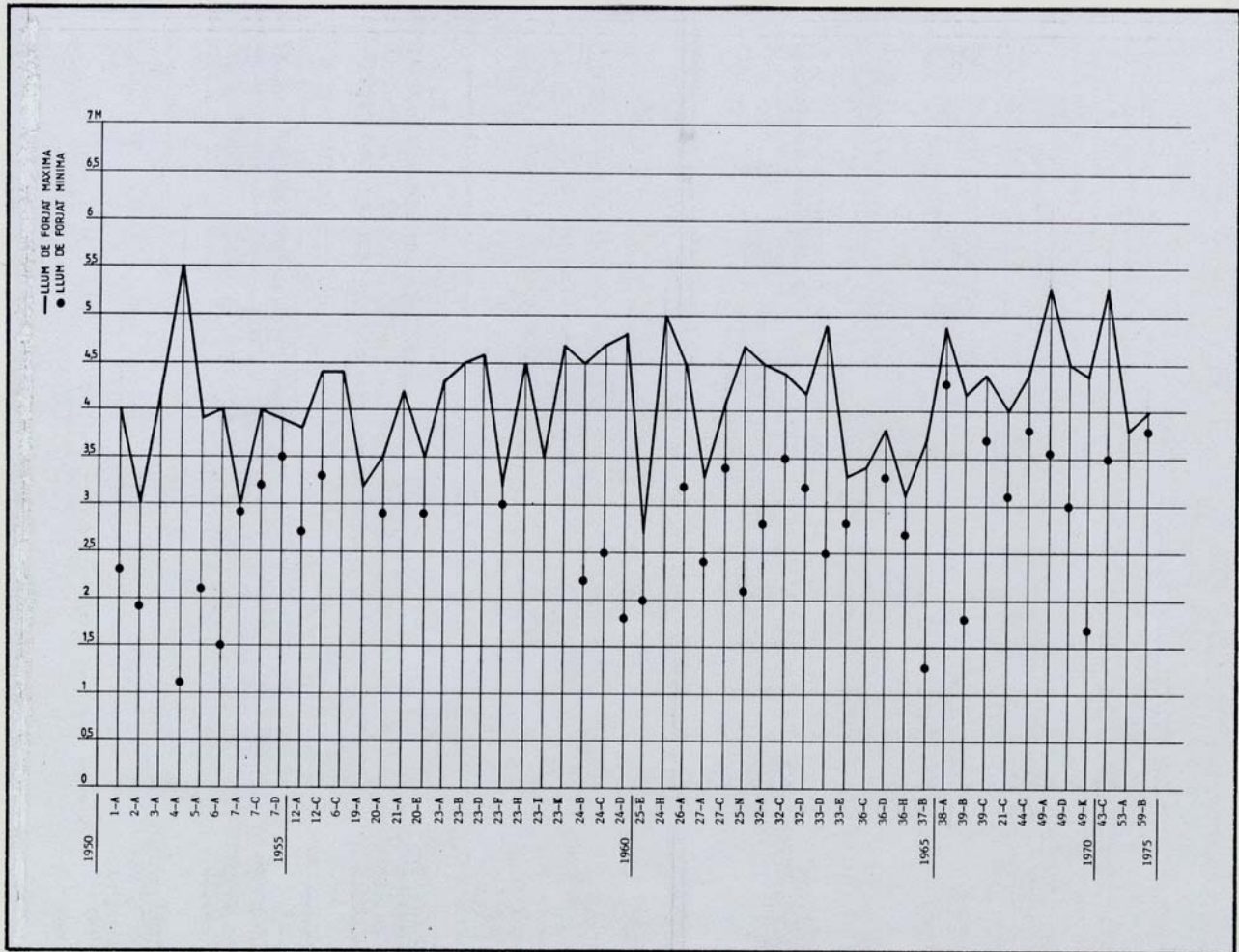
Edificis amb murs de càrrega segons dues direccions ortogonals entre elles.

- I.B. / 1.1.8. La disposició dels murs de càrrega segons dues direccions ortogonals entre elles dins un mateix mòdul fou molt menys adoptada que les dues anteriors (v. gràfic 4), tot i els avantatges de què gaudeix pel que fa a les possibilitats de travada dels diversos elements de càrrega. S'aplicà preferentment en els tipus edificatoris en

torre de quatre habitatges per planta i accés i, en menor grau, en alguns tipus en bloc lineal de dos habitatges per planta i accés (v. gràfic 5).

Condicions de càrrega vertical.

- I.B. / 1.1.9. Ha estat motiu de comentari en nombroses publicacions (v. CAU, 1977, nº 41), la tendència que es manifestà cap els darrers anys cinquanta i primers seixanta a confiar en les qualitats resistents de la fàbrica de maó ceràmic. Tendència que es pot constatar en el gran nombre d'edificis de més de 10 plantes d'alçària realitzats amb aquest sistema durant aquests anys. És possible que la confiança creixent de les possibilitats resistents de l'obra de fàbrica ceràmica fos deguda, en part, al resò que es feia en algunes publicacions tècniques de les obres realitzades en d'altres països amb aquesta tècnica com, per exemple, la torre de 18 plantes d'alçària dissenyada per en Haller a Zurich, i a la manca de divulgació, al mateix nivell, del grau de control de qualitat dels materials i rigor en les condicions d'execució que necessàriament requereix la fàbrica quan està sotmesa a alts nivells tensionals. De tota manera, pel que fa als tipus edificatoris exempts destinats a habitatge econòmic, l'ús del'obra de fàbrica de maó com a element de càrrega en edificis de més de 9 plantes pot considerar-se excepcional enfront de l'adopció, per a aquestes alçàries, d'altres sistemes estructurals a base de formigó armat o acer. (v. gràfic 4).
- I.B. / 1.1.10. En relació a la càrrega tramesa des dels sostres, la llum màxima de les crugies s'ha mantingut compresa majoritàriament entre els 3 i els 5 metres amb lleugera tendència a no fer ús de llums inferiors a 4 metres a partir de mitjans de la dècada dels seixanta. La diferència entre la llum màxima i mínima dins d'un mateix tipus edificatori acostuma a ésser considerable. (v. gràfic 9)



GRAFIC 9.- Llums de forjat de diversos tipus de la mostra amb estructura de murs de càrrega de fàbrica de maó ceràmic o de bloc de formigó.

Característiques físiques dels murs.

I.B. / 1.1.11. En els edificis de menys de 7 plantes, fou freqüent la utilització de murs de 14 cm de gruix a base de maó massís o calat a les plantes baixes o a les dues primeres plantes, i de maó foradat a la resta de plantes. Quan les façanes es resolien amb obra vista, el maó massís o calat es disposava a tota l'alçària dels murs exteriors, mentre es mantenia el maó foradat a les últimes plantes dels altres murs. En els edificis de 7 o més plantes, a les inferiors es disposaven normalment murs de 30 cm de gruix, tal com succeeix, per exemple, en els grups Trinitat - INV i Passeig Calvell. Evidentment, hi ha casos singulars que no segueixen aquests esquemes generals. Entre aquests casos s'hi troben alguns edificis del grup S.O. Besòs amb elements portants a base de blocs ceràmics de 18x20x40 cm, i els del grup de La Trinitat promogut pel PMHB en els quals, tot i disposant només de 4 plantes, el mur de la planta baixa és a base de maó massís de 30 cm de gruix. De tota manera aquests casos no foren nombrosos.

Condicions de travada.

I.B. / 1.1.12. L'existència d'elements de travada vertical en els edificis depengué fonamentalment de la situació i separació dels murs de càrrega, en no ésser gens freqüent la disposició de murs destinats a complir específicament aquesta funció. Així, quan els murs de càrrega són paral·lels o coincidents amb les façanes, els únics elements que, de fet, poden actuar de traves verticals són els murs de testa i els paredons de 10 cm de gruix de separació entre habitatges o de tancament de les caixes d'escala. Quan els murs de càrrega estan disposats transversalment a les façanes, els elements de trava verticals passen a ser les façanes, sempre i quan disposin de zona massissada entre els murs transversals successius. I quan els murs de

càrrega es troben disposats segons dos sentits perpendiculars en l'espai d'un mateix habitatge, les façanes actuen conjuntament amb aquells murs com a elements de travada vertical, essent en aquest cas quan millor es resol aquest requeriment.

- I.B. / 1.1.13. La manca de congruïncies i de xapes de compressió armada fou força freqüent en els sostres de l'època, sobretot en aquells tipus que incloïen biguetes autoresistents de formigó armat i en certs models de sostres ceràmics. Aquestes mancances mermaren l'eficàcia dels sostres com a elements horitzontals de travada en restar completament desprovistos dels elements conferidors de la rigidesa necessària per a complir amb la dita funció.

Característiques resistents dels materials i de les fàbriques.

- I.B. / 1.1.14. Sobre les característiques resistents reals dels materials que formen les fàbriques, no és possible trobar gaire informació, en no exigir-se cap control de fabricació ni de recepció dirigit a garantir les seves propietats mecàniques fins a l'aparició, l'any 1972, de la norma MV-201 sobre murs resistents de fàbrica de maó. Les úniques dades existents anteriors a aquesta data referents a peces o elements ceràmics fabricats en bòviles situades a Catalunya, foren els valors determinats per J. Bergós (v. Bergós, 1953, Cap. III) mitjançant assaigs a ruptura realitzats en laboratori. Aquests valors oscil·laven entre 60 i 120 kg/cm² per a les fàbriques realitzades amb morters de ciment pòrtland i maó massís, i entre 20 i 45 kg/cm² per les de maó foradat amb el mateix tipus de morter. Els valors corresponents a les fàbriques realitzades amb morter de calç oscil·laven entre 30 i 65 kg/cm². De tota manera aquests darrers morters, a partir dels primers anys seixanta, només mantingueren un ús marginal, a causa, fonamentalment, de la seva lentitud en adquirir re-

sistència i la conseqüent alentització que això comportava en el procés d'execució de les obres.

També P. Benavent a l'edició de 1963 del seu llibre AIXÍ ES CONSTRUEIX, es referia a les tensions suportades per les fàbriques ceràmiques, però enlloc de fer esment de les tensions de ruptura en feia de les admissibles. És fàcil de verificar que els valors citats per P. Benavent s'adiuen bastant amb els obtinguts per J. Bergós aplicant-los un coeficient de seguretat de 2,5; coeficient que fou precisament l'adoptat anys després per la norma MV-201.

La comparació entre els valors resultants per a les tensions admissibles d'ambdues fonts s'estableix en el següent quadre:

	<u>Bergós (1953)</u>	<u>Benavent (1963)</u>
Murs de fàbrica de maó massís elaborat manualment	-	10 - 12 kg/cm ²
Murs de fàbrica de maó elaborats mecànicament	24 - 48 kg/cm ²	30 kg/cm ²
Murs de fàbrica de maó foradat	8 - 18 kg/cm ²	9 kg/cm ²

Característiques generals dels edificis.

I.B. / 1.1.15. Una vegada definides les característiques resistents dels materials i fàbriques que formen els murs ceràmics, així com les condicions de càrrega i de travada dels tipus edificatoris resolts amb aquests elements, resta referir-se solament a les qualitats resistents dels edificis, tot considerant l'acció combinada d'aquest conjunt de factors.

Com a punt de referència per a aquesta anàlisi s'ha partit d'un edifici de 6 plantes d'alçària en què un mur central de 14 cm de gruix suporta 4 m² de sostre / m i els murs laterals, també de 14 cm de gruix, 2 m² de sostre / m, resultant així, unes tensions de compressió en els dits murs que oscil·len entre 9 i 11 kg/cm² en el cen-

tral i entre 5 i 7 kg/cm² en els laterals, tensions que poden considerar-se com a valors límit per a la major part dels murs de càrrega pertanyents a edificis exempts destinats a habitatge econòmic. Quan aquestes tensions es relacionen amb les condicions de travada dels edificis i es compara la seva acció conjunta amb els requeriments establerts per les diverses normes, recomanacions o fonts bibliogràfiques de l'època, els resultats són els que s'exposen en els punts següents:

- I.B. / 1.1.16. Els murs de càrrega construïts durant l'època resultaven, gairebé tots, suficientment resistents si hom considera com a úniques dades de referència els valors de les tensions admissibles a compressió citades en les fonts bibliogràfiques d'origen local (v. Bergós, 1945: 201-204; Bergós, 1953, Cap III; Benavent, 1963: 45).
- I.B. / 1.1.17. Les Normes Britàniques (CP.111.101) de 1948 fixaven les tensions admissibles de les fàbriques en funció de la resistència dels maons i del tipus de morter utilitzat, establint uns factors de reducció pels valors anteriors segons l'esbeltesa de l'element. En el cas d'un mur de 14 cm de gruix travat a nivell de cada sostre, el valor de l'esbeltesa és de 17,8 , al qual correspondria, segons l'esmentada norma, un factor de reducció de 0,35 . Si als valors de les tensions admissibles corresponents a les resistències dels maons citades per J. Bergós (v. Bergós, 1953, Cap III), se'ls aplica aquest factor, les tensions que en resulten, tot i considerant les condicions de dosificació del morter més favorables, no superen els 6 kg/cm² per a la fàbrica de maó elaborat mecànicament, i els 2,5 kg/cm² per a la fàbrica de maó foradat. Tensions que, aplicades als murs dels tipus edificatoris analitzats, resultarien acceptables solament quan l'alçada dels edificis no superés les dues o les tres plantes.

- I.B. / 1.1.18. De l'aplicació de la norma DIN 1053 en murs de 14 cm de gruix i coeficient d'esbeltesa 17,8, en resulta que si l'edifici disposa de murs de traves separats com a màxim 4,5 m, la seva alçada no pot superar les dues plantes. I en el cas que no disposessin dels esmentats murs, només podrien suportar tensions en situació de càrrega centrada i d'un valor màxim de 3 kg/cm^2 , és a dir, la corresponent a una planta.
- I.B. / 1.1.19. Les recomanacions fetes pel mateix Haller, enginyer responsable de la torre de 18 plantes a Zurich, en el seu llibre EL LADRILLO CERAMICO, són extraordinàriament conservadores pel que fa a les tensions admissibles de les fàbriques. Així, en situacions d'esbeltesa dels murs, inferior a 10 i, en condicions òptimes de resistència tant dels maons com dels morters, aconsella no adoptar tensions admissibles pel damunt dels $9-10 \text{ kg/cm}^2$ amb maó massís i dels $4-5 \text{ kg/cm}^2$ amb maó foradat. Tensions que redueix en un 40% aproximadament quan l'esbeltesa del mur s'apropa a 20. És a dir que, segons les especificacions d'en Haller, els tipus edificatoris de les característiques considerades difícilment podrien sobrepassar les dues plantes d'alçària.
- I.B. / 1.1.20. Del conjunt de verificacions exposades en els punts anteriors se'n desprèn la conclusió que resumeix les característiques de resistència mecànica dels edificis de menys de 7 plantes d'alçada amb sistema estructural a base de murs de fàbrica ceràmica. Aquesta conclusió és la següent: En general, el gruix de 14 cm normalment adoptat en els murs de càrrega dels tipus considerats resulta insuficient quan els edificis superen les dues o tres plantes d'alçària, a causa fonamentalment, de les precàries condicions de travada de què disposen. Les solucions adoptades resultarien, en canvi, suficientment resistents si solament es consideressin els efectes de les càrregues verticals i les tensions de compressió que generen quan les dites càrregues se suposen aplicades en el centre de la secció dels murs, sense tenir en compte els efectes de l'excessiva esbeltesa.

I.B. / 1.2. MURS DE FABRICA DE BLOCS DE FORMIGÓ

Nivell d'ús.

I.B. / 1.2.1. Les primeres iniciatives posteriors al període de postguerra en les quals es preveia l'ús del bloc de formigó com a element resistent daten de mitjans de la dècada dels cinquanta, tot coincidint pràcticament amb la fi del període de carestia del ciment. Així, en les propostes presentades l'any 1956 per l'empresa Sala Amat, a càrrec dels arquitectes C. Marquès i B. Llongueres, i per l'empresa Cubiertas y Tejados, a càrrec dels arquitectes G. Giráldez, X. Subías i P. López i Iñigo, amb motiu del concurs experimental d'edificis d'habitatge organitzat per l'INV, es proposen ja solucions estructurals amb aquest material. No fou, però, fins uns quants anys després, cap a l'any 1958, que el seu ús començà a estendre's, si bé sense arribar a entrar en franca competència amb l'obra de fàbrica ceràmica. Just per aquests anys és quan s'introduïren en el mercat les màquines de vibració i de compressió simultànies capaces de fabricar de 4.000 a 5.000 blocs per jornada, quantitat equivalent a un ritme de producció de 320 a 400 m² de mur per dia. Al llarg dels primers anys seixanta, l'elevat potencial productiu d'aquestes màquines i el seu cost inicial relativament reduït, que les posà a l'abast de certes economies familiars, juntament als efectes del boom edificatori en el sector, que generà dificultats de subministrament dels materials ceràmics, impulsaren al màxim la utilització del bloc de formigó, sobretot a les zones properes a les fàbriques de ciment, entre les quals s'hi inclouen la major part de les poblacions de la conurbació barcelonesa. A partir del 1965, la relativa normalització del mercat de productes ceràmics produïda com a conseqüència de la crisi conjuntural de la indústria de la construcció, i les defi-

ciències de comportament demostrades en els elements a base de fàbrica de blocs, provocaren una important davallada en el seu nivell d'utilització. Nivell que al llarg dels anys posteriors no recuperarà les cotes anteriors, tot i que uns quants models avalats quasi sempre per marques de cert renom i garantia estrangera del producte, aconseguiren mantenir un apreciable ritme de producció fins al final del període. (v. gràfic 10).

Relació amb els tipus edificatoris.

I.B. / 1.2.2. Els tipus edificatoris en què s'aplicaren elements a base de blocs de formigó són coincidents amb els mateixos de la fàbrica de maó, així com també ho són els subtipus estructurals definits per l'orientació dels murs de càrrega en relació a les façanes. De fet, en la major part dels casos, no es decidia la utilització d'un o altre tipus de fàbrica fins al mateix moment d'execució de l'obra. La relativa coincidència amb les tensions de treball de la fàbrica de maó en uns casos o la possibilitat de massissar les plantes inferiors quan la tensió se suposava superior a l'admissible pel bloc original, permetia adoptar qualsevol de les dues fàbriques als mateixos tipus edificatoris, sense modificar el projecte inicial o, en tot cas, retocant lleugerament les seves cotes per a adaptar-lo a les dimensions de les peces del sistema elegit.

Condicions de càrrega vertical.

I.B. / 1.2.3. A diferència d'allò que succeïa amb la fàbrica de maó ceràmic, les referències bibliogràfiques o experimentals sobre les tensions admissibles dels elements a base de blocs de formigó eren pràcticament inexistents a mitjans dels anys cinquanta. Cap a l'any 1958, època en què s'inicia de forma significativa l'ús d'aquesta fàbrica, va aparèixer una monografia de l'Instituto Eduardo Torroja (Eymar, 1958), on s'inclouïa

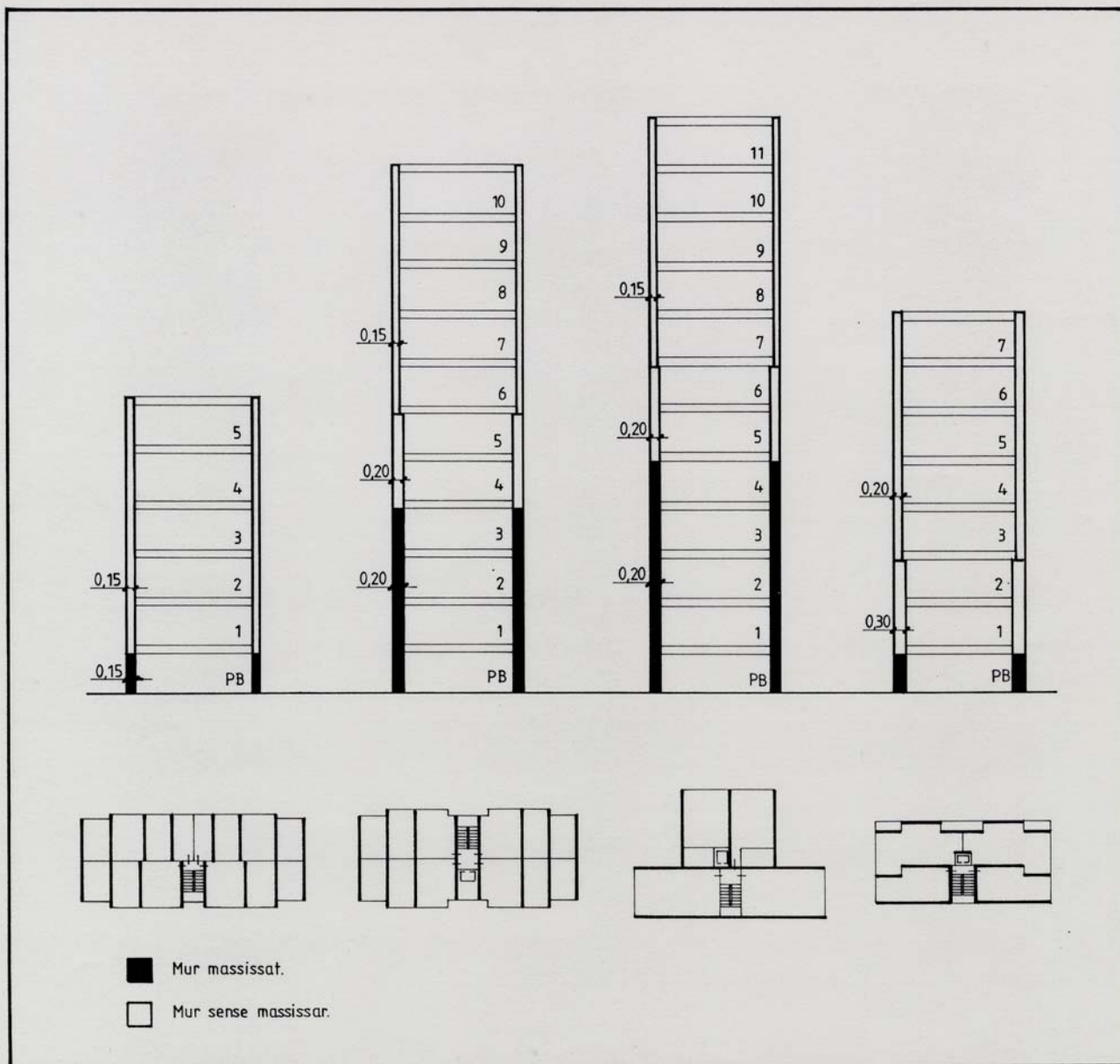
GRUP	ANY CONSTRUCC.	NOMBRE PLANTES	ESTRUCTURA	ÀMBIT D'APLICACIÓ
Sant Ildefons - Cornellà de Ll.	1958-64	PB+5	Blocs alveolats de formigó de 15 cm. de gruix, massissats "in situ" a les plantes baixes i buits a la resta de plantes. A partir de 1964 s'utilitza la fàbrica de maó ceràmic, en substitució de la de blocs de formigó.	Primers blocs baixos del grup.
Sant Ildefons - Cornellà de Ll.	1958-64	PB+10 PB+11	Blocs de formigó de 20 cm. de gruix massissats "in situ" a les 3 ó 4 primeres plantes. A partir de la 6a, o 7a, planta el gruix dels blocs es redueix a 15 cm. Cèrcols a totes les plantes per sota dels forjats. A partir de 1963 s'utilitza l'estructura porticada de formigó armat en substitució de la de blocs de formigó.	Primers blocs del grup amb aquesta alçada.
Sant Ildefons - Cornellà de Ll.	1960-67	PB+13	Previst en projecte amb estructura de murs de càrrega. Manquen dades sobre la solució executada a l'obra.	
Pomar - Badalona	1961-64	PB+1 PB+2 PB+3	Blocs de formigó. Possibilitat de que també hi hagi part de l'obra a base de murs de maó ceràmic.	Tots els edificis del grup.
Sant Llorenç - Terrassa	1962-64	PB+4	Blocs de formigó a 17 mòduls d'un dels tipus. Els restants 30 mòduls del mateix tipus són resolts amb plaques prefabricades de formigó que serveixen d'encofrat perdut.	Part d'un dels tipus de la última fase d'execució del grup.
Espronceda - Sabadell	1962-64	PB+2 PB+3	Blocs de formigó als dos tipus de menys alçada del conjunt.	Tipus de menys alçada del grup.
Sant Roc - Badalona	1963-65	PB+4 PB+7	Blocs alveolats de formigó de 20 ó 30 cm. de gruix en els murs interiors i de 30 cm. en els murs exteriors. Cèrcols a totes les plantes.	Tipus de menys alçada del grup.
El Xup - Manresa	1963-64	PB+3 PB+7	Blocs alveolats de formigó de 15 cm. de gruix fabricats a peu d'obra.	Tots els edificis del grup.
La Vinyala - S. Vicenç dels Horts	1964-66	PB+5	Blocs alveolats de formigó de 20 cm. de gruix.	Tots els edificis de baixa alçada del grup.
Rda. S. Antoni de Llefià - Badalona	1969-70	PB+7	Blocs alveolats de formigó de 30 cm. de gruix a les façanes i plantes 1a, i 2a. A planta baixa es massissen els alveols amb formigó. Resta de plantes amb blocs de 20 cm. de gruix.	Tipus de menys alçada del grup.
Verge M ^a Assumpta - Badalona	1969-70	PB+7	Blocs alveolats de formigó de 30 cm. de gruix a les 3 primeres plantes i de 20 cm. de gruix a la resta. A la planta baixa es massissen els alveols amb formigó.	Tipus de menys alçada del grup.
Can Badia - Cerdanyola del V.	1971-72	PB+4	Blocs YITONG massissats de formigó alleugerat. Cèrcol a cada planta per sota el forjat.	Únic tipus de baixa alçada del grup.

GRÀFIC 10.- Localització i característiques de les solucions a base de murs de càrrega de blocs de formigó.

una taula estreta de les normes alemanyes en la qual es facilitaven uns valors de resistència a la compressió dels murs en funció del tipus de morter i de la resistència a la compressió dels blocs. Aquest fet no tingué, però, gairebé cap influència a causa del desconeixement generalitzat de les característiques resistents dels blocs utilitzats, paràmetre que no era regulat per cap normativa ni controlat pels ens oficials. No és, doncs, estrany que davant d'aquesta situació les dades facilitades pels propis fabricants fossin les úniques referències realment considerades a l'hora de dimensionar els elements i que, a la pràctica, s'adoptessin receptes d'aplicació general en relació al nombre de plantes que eren capaços de suportar els tipus de bloc més habituals, fent abstracció de la llum de les crugies dels sostres que carregaven sobre els murs. L'anàlisi de les diverses solucions portades a terme detecta els trets fonamentals de la recepta esmentada: Disposició de bloc alveolat sense massissar de 15 cm de gruix (o de 20 cm en algun grup dels '70) a les 5 últimes plantes; blocs de 15 cm de gruix amb els alveols massissats o de 20 cm sense massissar (30 cm en alguns grups dels '70) quan l'alçària de l'edifici supera les 5 plantes; blocs de 20 cm de gruix amb els alveols massissats (o de 30 cm en alguns grups dels '70) quan l'alçària de l'edifici supera les 7 plantes. (v. gràfic 11). Aquestes senzilles regles van ésser les que, de fet, substituïren les mancances de normativa, de tradició constructiva del sistema i de models analítics suficientment fiables i generalitzables.

Condicions de travada.

I.B. / 1.2.4. Les condicions de travada dels murs de blocs de formigó no difereixen de les dels murs d'obra de fàbrica de maó pel que fa a la disposició especial d'elements verticals destinats a aquesta funció. Tot i amb això, alguns murs a base de blocs alveolats ofereixen millors condicions de travada en tenir massissats i armats els blocs



GRAFIC 11.- Esquemes estructurals adoptats en murs de càrrega de fàbrica de blocs de formigó.

adjacents a les cantonades, prevenció de la qual no és possible de discernir el seu grau d'aplicació. D'altra banda, s'adoptà amb molta més freqüència que en els murs ceràmics la disposició de congreus a nivell de cada planta de l'edifici, tot i que la feblesa del seu armat i la seva situació no coincident amb el pla del sostre (v. gràfic 12), reduïa en moltes ocasions la seva efectivitat com a element col·laborador de la travada del conjunt. És possible que fos precisament la major facilitat i flexibilitat que oferien els blocs alveolats a la disposició d'elements de travada en comparació amb els murs ceràmics, la raó de l'elecció dels murs de càrrega a base dels esmentats blocs alveolats en certs grups d'habitatge on s'utilitzà aquest sistema en edificis de més de 6 plantes d'alçada.

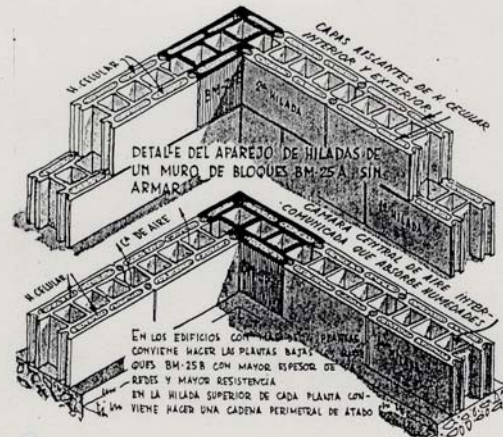
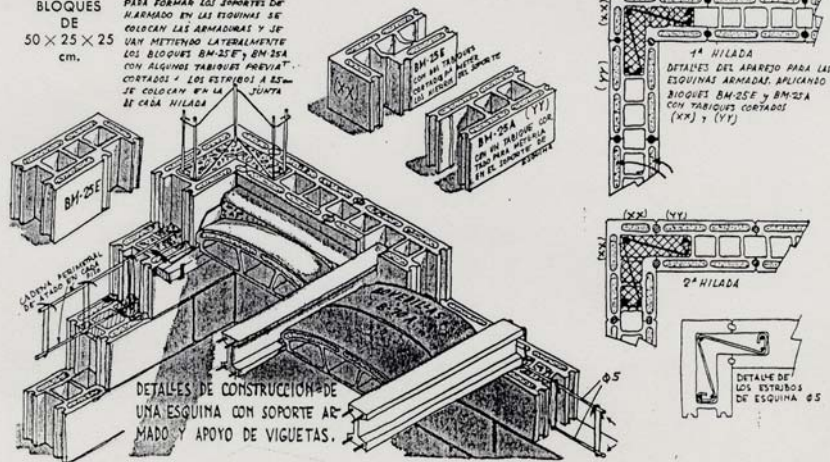
DETALLES PARA LA CONSTRUCCION DE MUROS DE FABRICA CON BLOQUES TIPO BM-25

ARMADOS O SIN ARMAR
 Para + de 5 plantas Hasta 5 plantas

Resistencia a compresión.
 Carga de trabajo 10 Kgs/cm² (descontando huecos).

BLOQUES DE
 50 × 25 × 25
 cm.

PARA FORMAR LOS SOPORTES DE
 ARMADO EN LAS ESQUINAS SE
 COLOCAN LAS ARMADORAS Y SE
 VAN RETENIENDO LATERALMENTE
 LOS BLOQUES BM-25E Y BM-25A
 CON ALGUNOS TABIQUES PREVIAMENTE
 CORTADOS Y LOS ESTRIOS A 85
 SE COLOCAN EN LA JUNTA
 DE CADA HILADA



GRAFIC 12.- Detalls solucions constructives amb fàbrica de blocs de formigó.
 (Font: S.A.T. 1958-59).

I.B. / 1.3. ESTRUCTURES METAL·LIQUES

Nivell d'ús.

I.B. / 1.3.1. Les estructures a base de pilars i jàsseres amb perfils d'acer no van tenir al llarg de tot el període una aplicació massa freqüent en edificis exempts destinats a habitatge. Per a explicar aquest baix nivell d'utilització, a la consideració general de la seva manca de competitivitat econòmica enfront de les estructures de formigó armat en edificis d'alçada inferior a les 11-12 plantes, cal afegir-n'hi una altra d'específica: Des del 1941 fins al 1956, l'ús de l'acer en edificació havia estat fortament restringit a causa de la manca d'aquest material en el període de postguerra, fet que, a més, propicià la interrupció d'algunes experiències incipients del moviment racionalista, de les quals la Casa Bloc n'havia estat un exemple, on l'estructura es resolvia totalment amb elements metàl·lics.

I.B. / 1.3.2. El període en què més edificis dels tipus analitzats es realitzaren amb estructura metàl·lica fou el comprès entre 1962 i 1965, anys en què, a més de coincidir amb els de màxima empenta del sector de la construcció, es va haver de procedir al reallotjament dels veïns afectats per les grans inundacions que tingueren lloc a la comarca del Vallès Oriental. La rapidesa en els terminis d'execució dels nous edificis a què obligà aquesta situació aconsellà l'adopció de l'estructura metàl·lica a molts dels tipus edificatoris en alçada construïts durant aquests anys en grups de promoció pública (Sant Llorenç de Terrassa, 24 de gener de Martorell, Espronceda de Sabadell, etc.), tot aprofitant el clar avantatge que ofereix enfront de les estructures de formigó armat quant a rapidesa d'execució. Després d'aquests anys

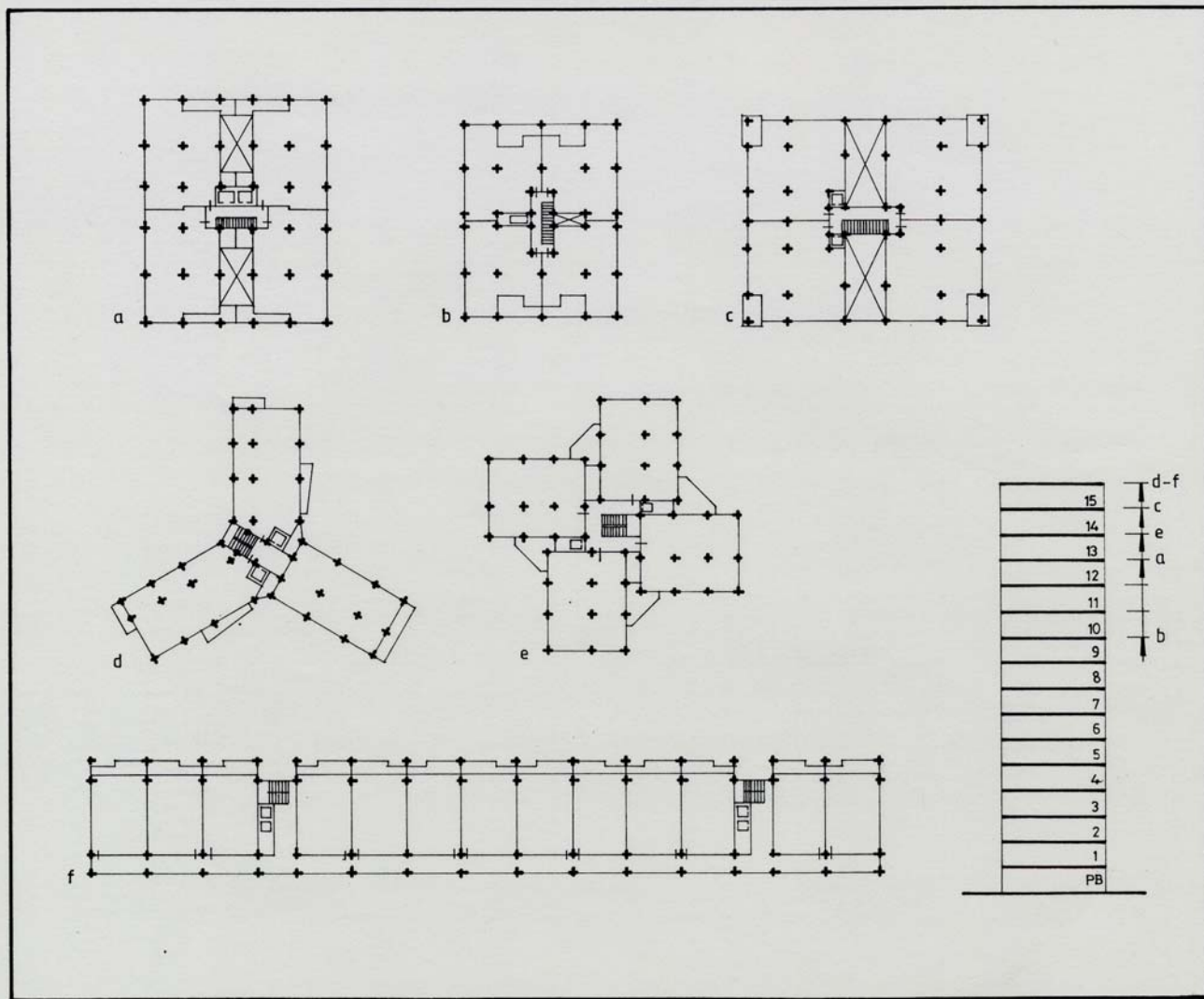
el seu ús fou escàs i es restringí a alguns edificis de més de 13 o 14 plantes. No hi hagué diferència, per tant, pel que fa a la seva utilització, amb el que succeí als altres països d'Europa, on la realització d'edificis construïts en acer representà un percentatge molt baix sobre el total (xfr. Angelini, 1974).

Relació amb els tipus edificatoris.

I.B. / 1.3.3. Es pot descobrir una coincidència molt generalitzada entre els edificis resolts amb estructura metàl·lica i els tipus edificatoris en torre de més de 13 plantes d'alçària. En efecte, llevat d'algunes excepcions, entre les quals cal esmentar els tres blocs lineals del grup de La Pau de Barcelona i les torres de 9 plantes del grup Sant Roc de Badalona, la coincidència esmentada es presenta en tota la resta de casos coneguts (v. gràfic 13). D'aquesta relació no se'n desprèn però, que existeixin condicionaments en les solucions de les plantes en aquests tipus edificatoris, les quals adopten formes molt variades i pràcticament totes admeterien un altre sistema estructural a base d'elements puntuals verticals, sense ser objecte de variacions trascendents. Fet que es verifica en alguns exemples en què un mateix tipus edificatori ha estat resolt amb sistemes estructurals diferents.

Condicions de càrrega vertical i travada. Evolució de la normativa.

I.B. / 1.3.4. A diferència de les estructures a base de murs de càrrega ceràmics o de blocs de formigó, en les quals les possibilitats d'escollir les dimensions més adequades del material en funció de la tensió a què es troba sotmès són molt reduïdes, les estructures a base d'elements metàl·lics ofereixen un camp d'elecció molt més ampli. En aquestes estructures el tema fonamental que cal resoldre es presenta en la forma de combinar dimensions de pilars, jàsseres i elements de travada, de manera



GRAFIC 13.- Tipus edificatoris amb estructura metàl·lica.

que el pes total del conjunt sigui el més baix possible i, per tant, que la solució resulti la més econòmica d'entre les existents. És, doncs, un problema en què el càlcul analític de les dimensions dels elements adquireix una importància d'ordre superior en comparació amb les estructures a base de murs de càrrega anteriorment definides.

I.B. / 1.3.5. Els punts de referència que han definit les característiques que s'han de considerar en el disseny i càlcul de les estructures metàl·liques han estat les diverses normes vigents i les recomanacions o instruccions aparegudes al llarg del període. D'entre aquests documents els que van tenir major incidència foren els següents:

- Normas para el cálculo y ejecución de estructuras metálicas, hormigón armado y forjados de ladrillo armado (1941)
- Instrucción EM-62 (editada l'any 1968 pel IETcc)
- Norma MV-102. Acero laminado para estructuras de edificación (1964)
- Norma MV-104. Ejecución de estructuras de acero laminado en la edificación. (1967)
- Norma MV-103. Cálculo de estructuras de acero laminado en la edificación. (1974)

I.B. / 1.3.6. La norma de 1941 fixava unes tensions admissibles per a l'acer de 1.200 - 1.400 kg/cm², que eren vàlides per a tots els esforços llevat dels de tall, pels quals s'admetien només unes tensions de 800 - 1.000 kg/cm². La dita norma adoptava la teoria clàssica de càlcul basada en la proporcionalitat entre tensions i deformacions elàstiques del material, en les condicions de treball normalment establertes, i no feia referència concreta a les condicions de travada entre els elements.

La instrucció redactada l'any 1962, admetia unes tensions de 1.600 a 1.800 kg/cm² en

funció de les accions considerades en el càlcul pels acers de límit elàstic 3.700 kg/cm² i preconitzava dos mètodes de càlcul; l'un basat en la teoria elàstica, el qual establia que les tensions originades per les càrregues de servei no sobrepassessin la tensió admissible del material, i un altre basat en la teoria elastoplàstica aplicable a bigues contínues i pòrtics sotmesos a càrregues predominantment estàtiques, el qual establia que les càrregues que produïen la ruïna total o parcial del sistema considerat, dividides pel coeficient de seguretat prefixat, s'havien de mantenir per sota de les càrregues de servei.

La norma MV-102 aprovada l'any 1964 regulava la geometria i el dimensionament dels perfils així com les seves característiques mecàniques, i la norma MV-104 aprovada l'any 1967 especificava la resolució de les unions i soldadures i incloïa unes breus referències al muntatge i a les toleràncies d'execució.

La norma MV-103, vigent a partir de 1973, pràcticament al final del període considerat, introdueix el càlcul a ruptura i accepta la formulació de les hipòtesis de formació espontània de ròtules plàstiques en edificis de més de dues plantes, sempre que els dits edificis es travin verticalment d'acord amb les especificacions contingudes en la mateixa norma. Aquestes especificacions fixen les condicions que han de reunir els murs per a poder-se considerar elements de travada: gruix superior a 11,5 cm; no tenir buits de portes o finestres; resistir suficientment l'esforç de tall; i estar suficientment lligat el seu perímetre a les bigues i pilars.

I. B. / 1.3.7. De la poca informació disponible sobre la resolució concreta de les estructures metàl·liques adoptades en els tipus edificatoris que s'analitzen, es pot interpretar que durant els anys seixanta fou força freqüent de considerar que els esforços horitzontals eren absorbits pel nucli rígid format per les parets d'obra que tancaven els accessos verticals, i que els nusos formats a les unions dels pilars i les jàsseres treballaven com a semiencastrats.

I.B. / 1.4.

ESTRUCTURES PORTICADES DE FORMIGÓ ARMATNivell d'ús

I.B. / 1.4.1. Les estructures porticades de formigó armat foren les que amb més freqüència s'adoptaren en els edificis d'alçària superior a les 8-9 plantes destinats a habitatge econòmic. Pràcticament des dels primers anys seixanta, època en què el volum de construcció d'edificis alts començà a ser significatiu, aquest sistema estructural és el que va mantenir un major grau d'utilització en relació a tota la resta (v. gràfic 4), adaptant i variant les solucions concretes dels elements que el componen, en especial dels elements a flexió, a fi d'aconseguir adequar la relació cost de material - cost d'execució a les exigències de màxima economicitat del sistema.

Mètodes de càlcul, Normativa, Característiques i Control dels materials.

I.B. / 1.4.2. De la mateixa manera que succeí amb les estructures metàl·liques, els mètodes de càlcul normalment utilitzats coincidiren amb els que establien les successives normes vigents sobre la matèria. Així, del mètode clàssic que adoptava la norma espanyola de 1941, fonamentat en la proporcionalitat entre tensions i deformacions, en l'establiment d'una relació d'equivalència elàstica entre el formigó i l'acer, i en la fixació d'unes tensions admissibles pels dits materials, es passà a adoptar, a partir de l'entrada en vigor de la nova instrucció apareguda l'any 1968, el mètode de càlcul a ruptura, fonamentat en la consideració de la aleatorietat dels valors de les accions, sol·licitacions i resistència dels materials i en la fixació, mitjançant un sistema simplificat, de la probabilitat existent sobre el fet que es

presentin les condicions de ruptura o es mantinguin les condicions de servei prefixades. La revisió d'aquesta última instrucció, vigent com a norma a partir de 1973, a més de confirmar el mètode de càlcul adoptat, introduí una significativa modificació en la fixació dels coeficients de seguretat, en considerar com a variables per a la seva determinació el grau de control de recepció exercit sobre els materials i la intensitat del control d'execució de l'obra, la qual cosa comportà, a la pràctica, que augmentés notablement l'extracció de provetes testimoni per a verificar la resistència característica del formigó.

I.B. / 1.4.3. Pel que fa a les característiques dels materials, l'acer ordinari de límit elàstic 2.400 kg/cm² caigué progressivament en desús a mesura que s'anaven implantant els de secció corrugada i límit elàstic més elevat, 4.200-4.600 kg/cm². Quant al formigó, el canvi més notable es produí en les condicions de fabricació, en anar-se imposant paulatinament el subministrament des de les centrals formigoneres enfront del realitzat a peu d'obra, sobretot en aquelles poblacions relativament properes a la situació de les centrals i que coincidien, lògicament, amb les de màxima activitat edificatòria. La instal·lació cap a mitjans dels anys seixanta, a prop de Barcelona, d'una empresa capaç de subministrar més de 1.000 m³ de formigó per jornada és un fet que reflecteix clarament el sentit de l'evolució assenyalada.

Subtipus estructurals.

I.B. / 1.4.4. D'entre les diverses formes i resolucions que anaren adoptant els pòrtics al llarg del període (v. gràfic 14), la més habitual durant els darrers anys cinquanta i primers seixanta fou la que disposava les jàsseres amb tot el seu cantell visible per dessota del pla inferior dels sostres. Els pòrtics se situaven normalment paral·lels i es travaven entre ells mitjançant elements horitzontals també de formi-

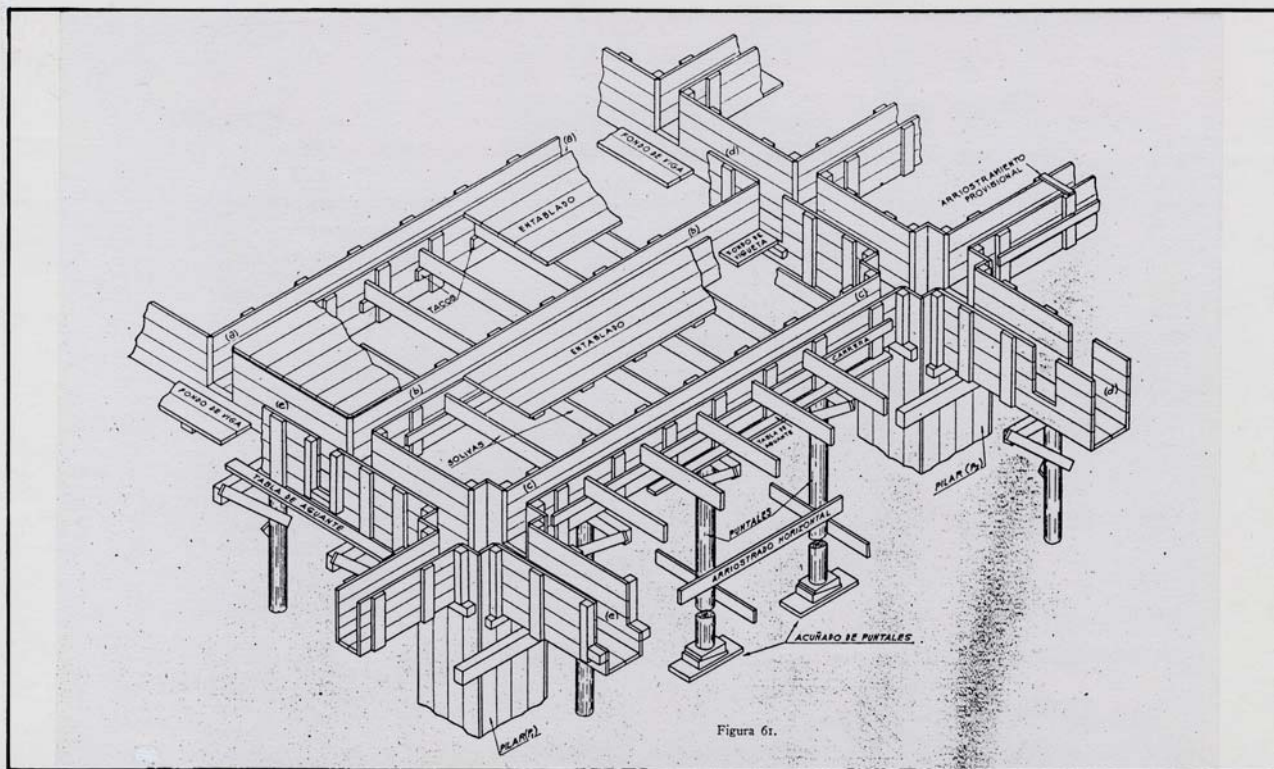
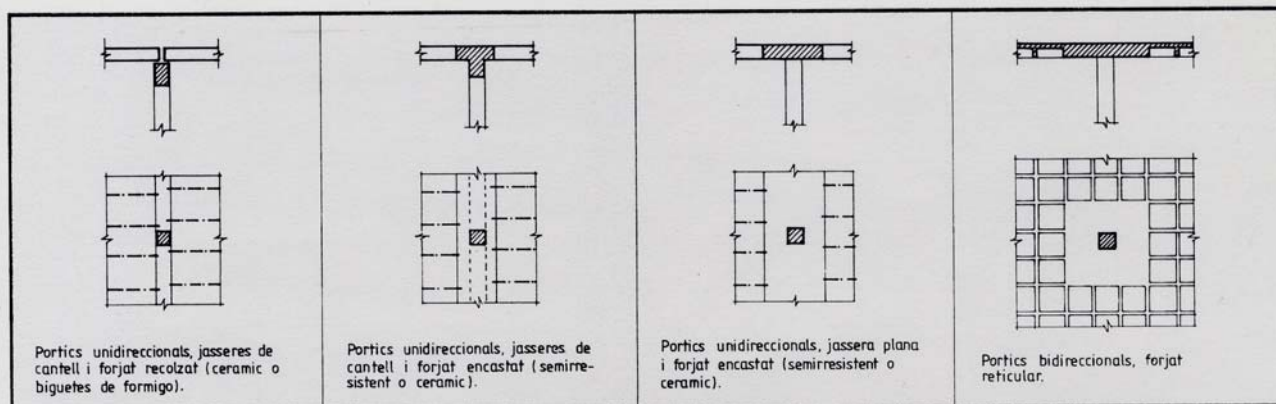


Figura 6r.

GRÀFIC 15.- Detall d'encofrat d'estructura porticada de formigó armat amb jàsseres de cantell vist per sota del pla inferior del forjat. (Font: Monografia del Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento.)

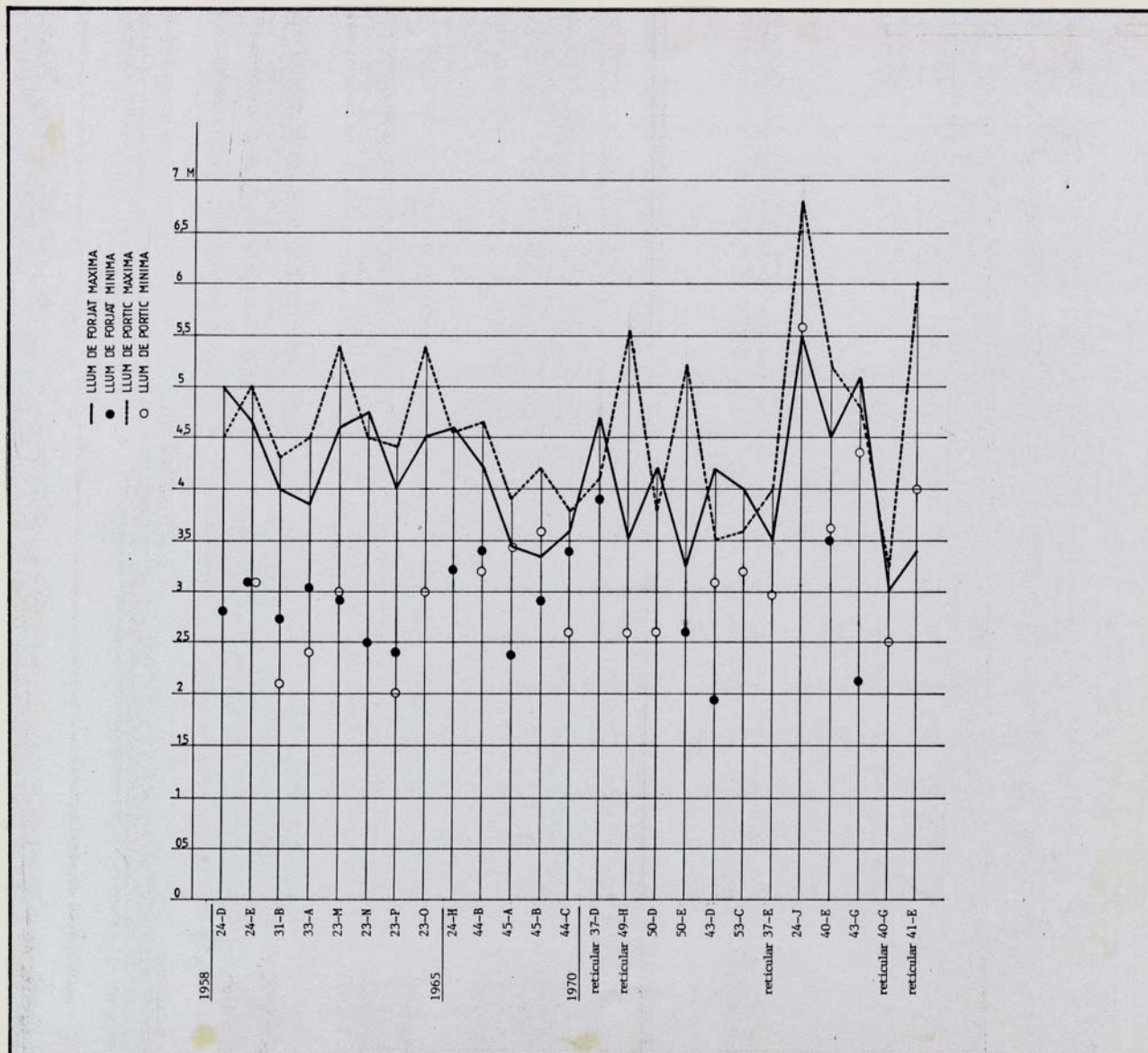


GRÀFIC 14.- Tipus d'unió pilar-forjat en estructures porticades de formigó armat.

gó armat del mateix cantell que els sostres. Les llums entre pilars no superaven quasi mai els 5,5 m (v. gràfic 16) i les dels sostres els 5 m, possibilitant, així, uns cantells de jàsseres inferiors al 0,40-0,45 m i, en conseqüència, unes llums entre sostres no superiors als 2,60-2,70 m. Els tipus de sostres que s'associaren a les jàsseres de cantell varen variar amb el temps. Primerament el tipus més adoptat fou el de biguetes armades o precomprimides i revoltó de formigó o ceràmic. Als primers anys seixanta són força utilitzats també els sostres ceràmics en aquells models en què part de la secció de ceràmica col·labora en l'absorció dels esforços de compressió. En els dits sostres s'estableix normalment un cert grau d'encastament amb les jàsseres, en el cas que es formigonin alhora. Cap als darrers anys seixanta i primers setanta, quan l'ús de les jàsseres de cantell era ja tan sols residual, s'associaren a vegades amb sostres a base de biguetes semiresistents de formigó armat. Aquesta combinació no fou, però, gaire freqüent ni en aquests anys ni en els anteriors.

Els elements que rellevaren les jàsseres de cantell, en aquests darrers anys seixanta, foren les jàsseres planes, anomenades així perquè el seu cantell no superava el del sostre i, per tant, no restaven aparents per dessota del seu pla inferior. D'entre els sistemes que incloïen jàsseres d'aquest tipus es presentaren dues modalitats:

- a) Els que solament disposaven d'una direcció de càrrega formant pòrtics unidireccionals, que s'associaven normalment amb sostres de tipus ceràmic o de biguetes semiresistents.
- b) Els que disposaven de dues direccions de càrrega ortogonals formant pòrtics bidireccionals, anomenats també sistemes amb sostre reticular, en els quals les jàsseres passen a ser els diversos nervis repartits per la superfície del sostre.

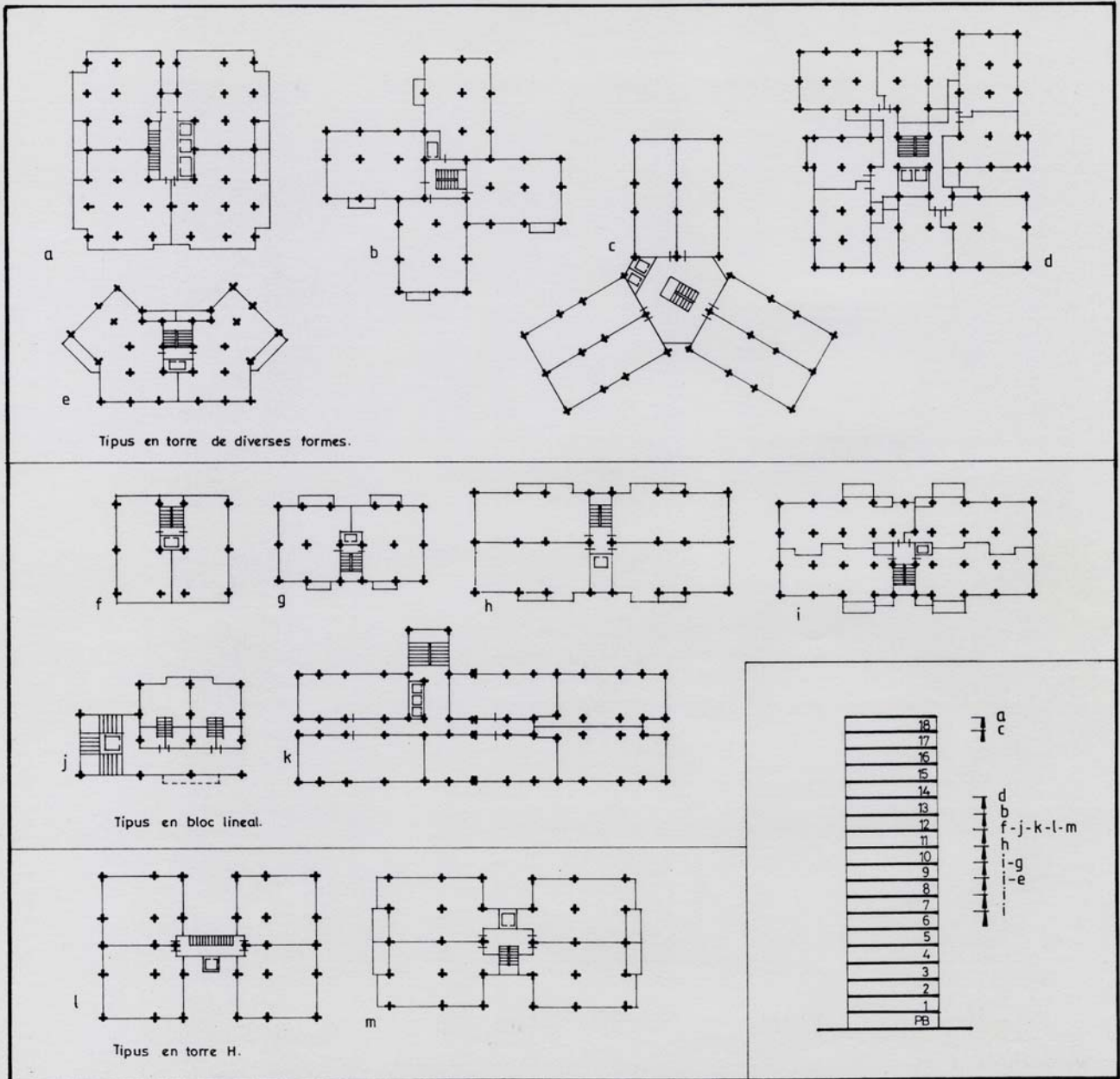


GRÀFIC 16.- Llums de pòrtic i llums de forjat de diversos tipus de la mostra amb estructura porticada de formigó armat.

Les raons que expliquen el progressiu abandonament dels sistemes porticats amb cantells de jàsseres vistos i la creixent adopció durant els anys setanta dels sistemes amb sostres plans són d'origen molt divers, essent difícil establir les que van tenir un pes específic determinant. D'entre aquestes raons poden esmentar-se les següents:

- a) Les d'origen econòmic, que tendien a suprimir els complexos encofrats de cantell (v. gràfic 15) pels encofrats plans - de molt més ràpida execució que els anteriors - a mesura que el cost de la mà d'obra directa s'anava encarint a un ritme superior al dels materials, compensant-se així el sobrecost d'acer i formigó que significava la resolució amb menys cantell de les jàsseres.
- b) Les d'origen projectual, relacionades amb la major llibertat per a elegir la situació dels pilars que permeten els sistemes a base de sostres reticulars enfront de la resta, la qual cosa facilita la resolució funcional dels habitatges. Aquest recurs, si bé fou utilitzat sobretot en d'altres tipus edificatoris de perímetre més complex que els analitzats, ajudà a estendre l'aplicació i el coneixement existent d'aquest sistema i a familiaritzar els constructors en la seva resolució al llarg dels anys en què es produí llur introducció en el mercat.
- c) Les d'origen visual, en resultar molt difícil d'aconseguir la integració visual del cantell de les jàsseres a la distribució dels habitatges, la qual cosa generà una major acceptació de les solucions a base de sostres plans.

I.B. / 1.4.5. Els subtipus estructurals a què s'ha fet referència en el punt anterior no van definir tipus edificatoris identificables per la seva planta (v. gràfic 17). No denoten tampoc un esgotament de les possibilitats ofertes pels diversos sistemes, fet



GRÀFIC 17.- Tipus edificatoris amb estructura porticada de formigó armat.

que resta ben palès en els tipus en què, tot i utilitzant un sostre reticular, els pilars mantenen una distribució ortogonal. D'altra banda, molts tipus en forma de bloc lineal o de torre en H acceptarien la substitució dels pilars per murs de càrrega sense requerir pràcticament cap modificació distributiva interior, i la resta de tipus en torre, tot i que aquesta substitució no l'admeterien tan fàcilment, s'adaptarien sense dificultat a d'altres sistemes estructurals a base d'elements lineals, pel fet que l'ortogonalitat dels pilars i les dimensions de les llums dels sostres són característiques pràcticament comunes a tots ells. Resta, doncs, només l'alçària, tal i com succeïa amb les estructures metàl·liques, com el paràmetre que més es pot relacionar i identificar amb el sistema constructiu considerat. Alçària que, en aquest cas, abasta un camp que comprèn des de les 7-8 plantes fins a les 18 plantes, essent la més freqüent la compresa entre les 11 i les 14 plantes.

I.B. / 1.5. ESTRUCTURES AMB JÀSSERES MIXTES

Definició.

I.B. / 1.5.1. Les estructures amb jàsseres mixtes es caracteritzen per la presència de perfils metàl·lics IPN a la part inferior dels elements flexionats i de formigó armat a la part superior dels dits elements, podent ésser els pilars o metàl·lics o de formigó armat. La finalitat de l'especial disposició dels materials adoptada en les jàsseres és aconseguir la màxima eficàcia tensional de cada un d'ells, en situar el formigó a la zona on es produeixen les màximes tensions de compressió i el perfil metàl·lic allà on hi són presents les màximes tensions de tracció.

Nivell d'ús. Característiques del sistema.

I.B. / 1.5.2. Aquest tipus de jàssera, que des dels primers anys cinquanta ja s'utilitzava en d'altres països, sobretot en construccions de gran llum, no es començà a emprar de forma significativa en els tipus destinats a habitatge econòmic fins a l'any 1964 aproximadament. Durant els deu anys següents, i gairebé fins al final del període considerat, fou un dels sistemes que més es van aplicar en els grans grups d'habitatges que es realitzaren, tant de promoció pública com privada. En efecte, a partir de 1967, fou aplicat als blocs lineals del grup Lloreda; fins a l'any 1970 s'utilitzà en les torres en H de Can Serra; l'any 1971, en les torres en H de la Ctra. de Rubí a Terrassa; i l'any 1972 a les torres de 16 plantes del grup Gornal. Es realitzaren també amb aquest sistema, la major part dels blocs de Can Ensenya, les torres de promoció privada del Polígon Canyelles i la torre de 18 plantes del grup Bell-

vitge. Aquests exemples palesen clarament el nivell de competitivitat aconseguit pel sistema en relació a d'altres procediments constructius més tradicionals. Les especials característiques que reunia i que expliquen la seva competitivitat es troben clarament enunciades en el catàleg d'una important empresa subministradora:

- " Económicas: Gran ahorro de acero estructural con respecto a las estructuras metálicas simples que aumenta con la importancia de las cargas y luces. Eliminación casi total del encofrado de vigas, reducido a detalles mínimos respecto a las estructuras de hormigón armado.
- Constructivas: Facilidad y rapidez de ejecución; disposiciones muy sencillas de armaduras; colocación en obra del hormigón (compactación perfecta); facilidad de refuerzo en caso necesario.
- Funcionales: Pequeños descuelgues de las piezas con respecto al forjado, pudiendo reducirse a cero en los lugares en que sea preciso aun con cargas importantes (entrepisos sin vigas económicos y de gran seguridad). Cantos mínimos en casos de gálibos ajustados (almacenes, garages, etc.).
- Estructurales: Rigidez relativamente reducida de la estructura que permite asientos diferenciales de los soportes semejantes a los de las estructuras metálicas.
Monolitismo de los planos de forjado - similar al de las obras de hormigón armado - , lo cual se traduce en un arriostramiento muy adecuado del conjunto, y favorable actuación frente a las cargas móviles y con impacto.
- Seguridad: Control extraordinariamente sencillo de todos los materiales y su montaje, disposición, ejecución, etc."

(xfr. Catàleg VIGAS LAU)

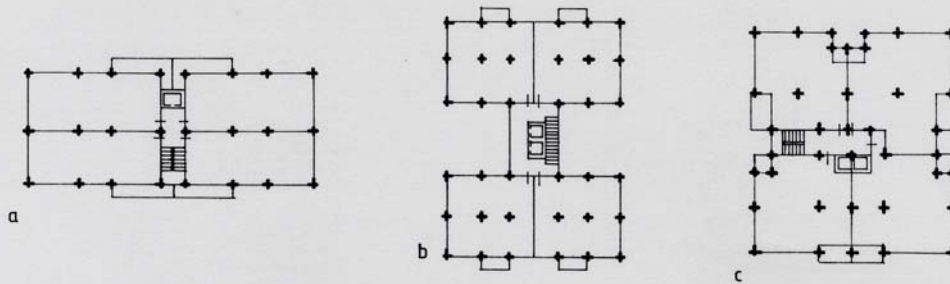
Mètodes de càlcul, Normativa.

I.B. / 1.5.3. En relació a la normativa existent sobre aquests elements, contrasta l'alt nivell d'utilització que van arribar a tenir amb l'absoluta mancança de normes i recomanacions sobre la matèria fins que van aparèixer les Normes Tecnològiques de l'Edificació (EXS i EXV) l'any 1973. L'aparell teòric i normatiu s'hagué de treure, per tant, de les referències estrangeres existents: les normes DIN de 1955-56, les British Standart angleses de 1966 i les recomanacions franceses del CTICM. De fet,

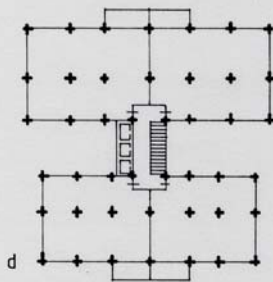
les empreses subministradores avalaven el comportament de les jàsseres en base a comprovacions experimentals realitzades en el laboratori que servien per a verificar les hipòtesis de càlcul efectuades i per a elaborar formulacions simplificades d'alguns paràmetres, en especial d'aquells que es referien a la separació dels connectadors acer-formigó en funció de la seva forma. Les dites hipòtesis admetien normalment un cert grau de treball de l'acer en fase plàstica de deformació, tot seguint un plantejament semblant al de les estructures metàl·liques. Però quan per l'alçària de l'edificació o per la força de les accions horitzontals o verticals a què es preveia sotmesa s'havia de recórrer a l'adopció de nusos rígids, l'esquema de càlcul coincidia pràcticament amb l'adoptat pel formigó armat.

Subtipus estructurals. Relacions amb els tipus edificatoris.

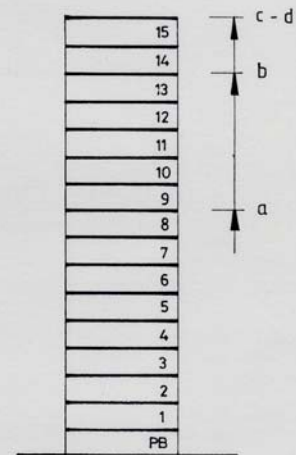
- I.B. / 1.5.4. D'entre les diverses variants que van presentar els sistemes estructurals que inclouen jàsseres mixtes, es distingeixen dos subtipus bàsics segons que el material dels suports sigui l'acer o el formigó armat. Dins de cadascun d'aquests subtipus es pot establir una altra subdivisió en funció de la situació del perfil metàl·lic de les jàsseres en relació al sostre: Una primera variant, quan el perfil penja per dessota del cantell del sostre i el cap de compressió de les jàsseres coincideix en alçària amb l'esmentat sostre; i una segona, quan tant el perfil com el cap de compressió de les jàsseres resten compresos dins el cantell del sostre. Aquesta darrera variant no va tenir gaire aplicació en edificis d'habitatges dels tipus estudiats.
- I.B. / 1.5.5. Els pilars de formigó armat foren els que amb més freqüència van associar-se a les jàsseres mixtes. El sistema estructural format per aquests elements s'aplicà als mateixos tipus edificatoris que les estructures de formigó armat (v. gràfic 18). El punt més conflictiu del sistema es troba en la resolució dels nusos jàssera-pilar



Tipus en pilars de formigo i jasseres mixtes.



Tipus en pilars metal·lics i jasseres mixtes.



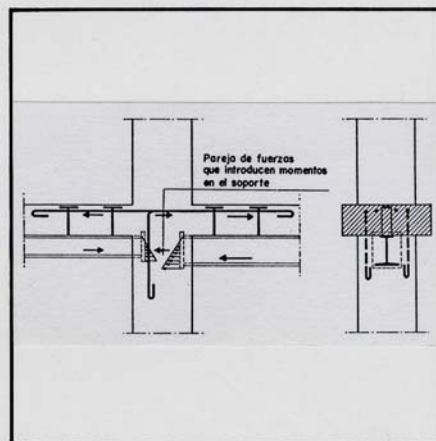
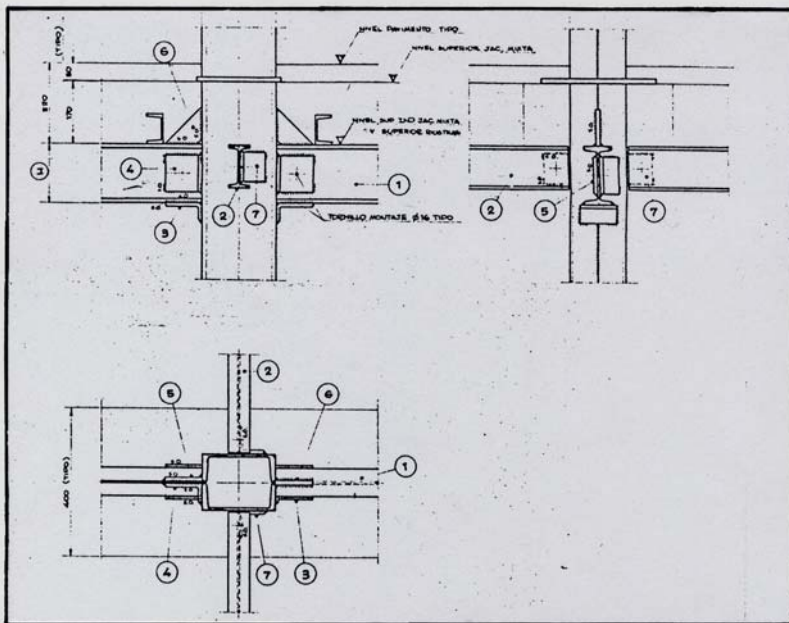
GRAFIC 18.- Tipus edificatoris amb jàsseres mixtes.

(v. gràfic 19), on cal disposar plaques de repartiment als extrems dels perfils, a fi que la tensió normal tramesa al pilar quan el sostre fletxa no superi a la que admet el formigó, i cal també, equilibrar les traccions en les jàsseres concurrents mitjançant la disposició d'armadures especials que trametin la diferència als suports, de manera semblant de com es fa en les estructures de formigó armat.

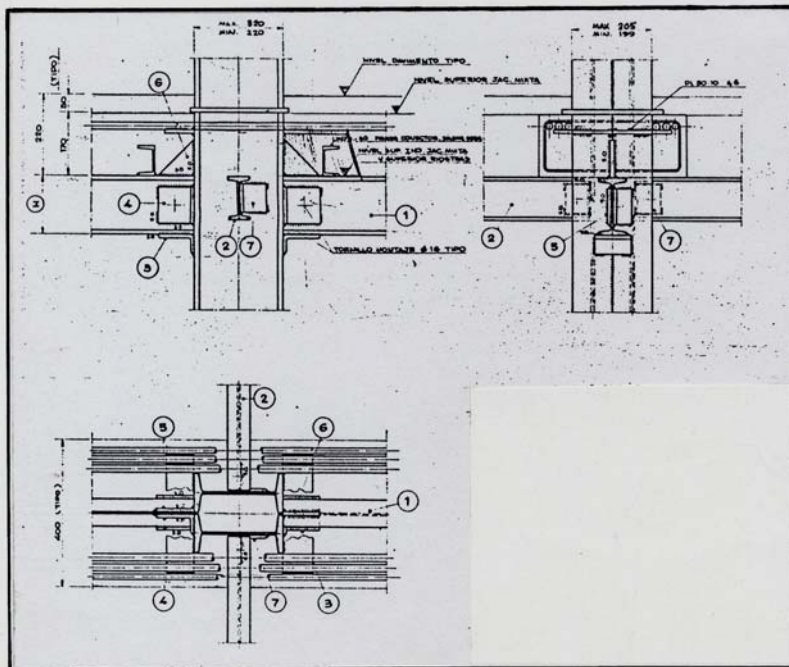
El gràfic 22 reproduïx una de les plantes estructurals d'una torre de 19 plantes situada a Can Ensenya, construïda cap a l'any 1975, on es van disposar pilars de formigó armat i jàsseres mixtes. La resolució de l'estructura d'aquesta torre és un clar exponent de les possibilitats d'aplicació que havia aconseguit el sistema just abans que s'iniciés la davallada de la seva aplicació, tal com ho indica la combinació de perfils embeguts en el cantell dels sostres amb d'altres que no ho estan; la disposició de voladissos, tant en el sentit normal com ortogonal a les jàsseres; la presència de jous en el nucli central; la resolució en esbiaix dels recolzaments de les jàsseres; etc.

I.B. / 1.5.6. Les solucions a base de pilars metàl·lics combinats amb jàsseres mixtes van tenir molta menys aplicació que les anteriors. Tan sols es té notícia d'un grup en què aquesta combinació es presentà: el de la Ctra. de Rubí a Terrassa, format per torres en H de 16 plantes d'alçada (v. gràfic 18). En els gràfics 20 i 21 es mostren els detalls de dos tipus de nusos pilar-jàssera pertanyents a l'estructura d'aquest grup, segons que el recolzament de la jàssera es realitzi en un pilar de forma tancada (dos UPN) o bé oberta (dos IPN), respectivament. Pot observar-se que, en el darrer cas, les unions es preveuen de tipus rígid i que quan les traccions originades pels moments negatius ho exigeixen, hom hi disposa armadures suplementàries a la part superior pel costat de la perfil·leria dels pilars.

I.B. / 1.5.7. Els tipus de sostres que de manera més usual acompanyaren les jàsseres mixtes van

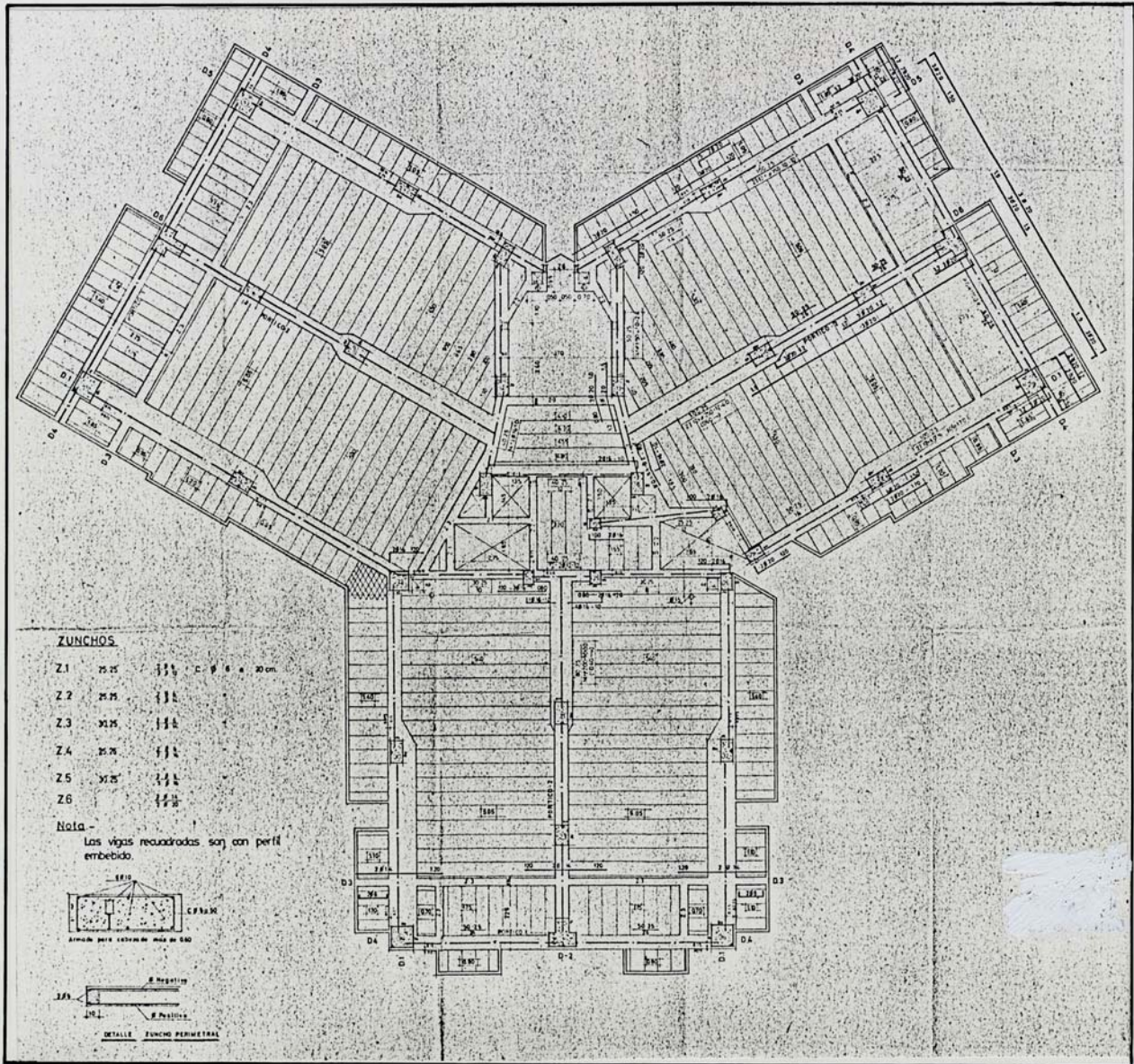


GRÀFIC 19.-
Nus jàssera mixta-pilar de formigó.
(Font: Catàleg Vigas LAU.)



GRÀFIC 20.-
Unió jàssera mixta-pilar metàl·lic amb
pilar de forma tancada.
(Font: Projecte grup Ctra. Rubí, Terrassa)

GRÀFIC 21.-
Unió jàssera mixta-pilar metàl·lic amb
pilar de forma oberta.
(Font: Projecte grup Ctra. Rubí, Terrassa)



GRAFIC 22.- Estructura d'una planta pertanyent a una torre de 19 pisos, a base de jàsseres mixtes, localitzada a Can Ensenya, Barcelona.
(Font: Arxiu Estudi Anglada-Gelabert-Ribes, arqtes.)

ser els ceràmics, de tipus continu i amb connexions semiencastades a les dites jàsseres, a fi d'evitar o de reduir al màxim la col.locació d'armadures positives suplementàries. També s'utilitzaren, si bé amb molta menys freqüència, sostres de biguetes semiresistents.

I.B. / 1.6. MURS DE FORMIGÓ ARMAT

Nivell d'ús.

I.B. / 1.6.1. Els murs de formigó armat realitzats in situ, sense formar part d'un sistema més integral de prefabricació o industrialització, no van tenir gaire aplicació en els edificis destinats a habitatge. Els primers exemples coneguts en què s'adoptà el citat sistema coincideixen cronològicament amb la construcció del barri-exposició berlinès Hansa a l'any 1957, del qual n'adopten no només el sistema constructiu utilitzat en molts dels seus edificis sinó també algunes de les seves característiques tipològiques més aparents. Entre aquests exemples s'hi troben el bloc de 18 plantes amb habitatges en dúplex del c/ Escorial a Barcelona (v. gràfic 23,c), realitzat per l'equip MBM, alguns edificis del grup Montbau, molts d'ells també en dúplex, projectats per l'equip Subias, Giráldez, López Iñigo (v. gràfic 23,a), i diversos tipus del grup S.O. Besòs projectats per l'equip Puigdefàbregas, Cavaller, Oliveras (v. gràfic 23,e). Cap als darrers anys seixanta, es realitzaren també alguns edificis o grups de singular resolució arquitectònica aplicant el mateix sistema, com és el cas del conjunt de la Caixa de Pensions a Badalona, d'en Barba Corsini, Brender i Padrós, i l'edifici d'habitatges en tríplex al barri de Montbau, de l'equip Subias, Giráldez i López Iñigo. Per aquests mateixos anys s'adoptava igualment el mur de formigó en algunes promocions de caràcter més indiferenciat, com és ara per exemple, la Ciutat Meridiana.

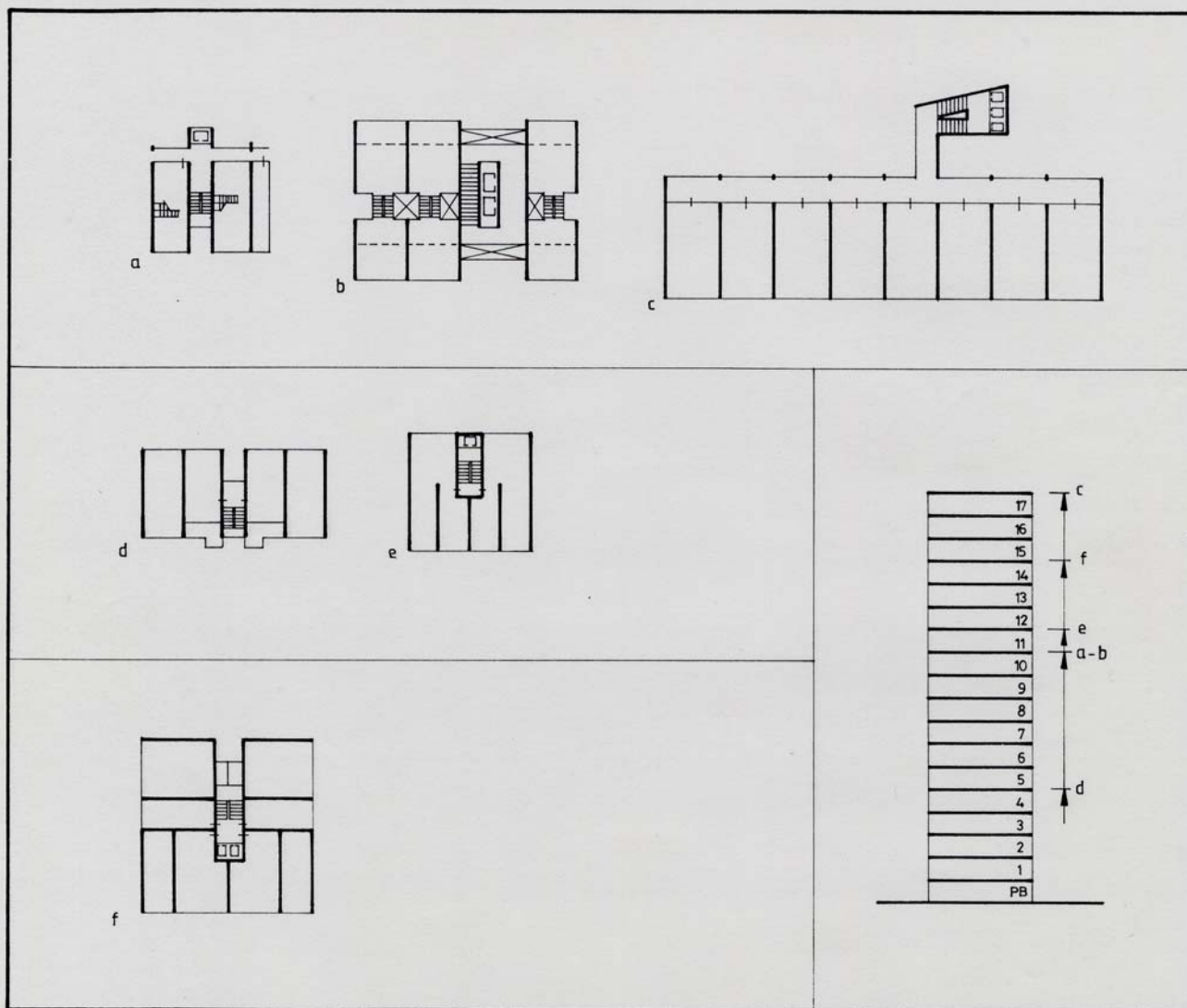
Del conjunt d'aquestes dades se'n pot deduir que el mur de formigó no es va usar gaire; que es va usar sobretot en edificis i grups de caràcter singular pel seu plantejament innovador o qualitat arquitectònica; i que es va usar, a més, en al-

gues promocions sense especial significació.

Subtipus estructurals. Relacions amb els tipus edificatoris.

I.B. / 1.6.2.

Si s'estableix el mateix criteri de subdivisió que el definit pels murs de càrrega de fàbrica de maó, és fàcil de verificar que l'orientació més freqüentment adoptada pels murs de formigó és la perpendicular a les façanes dels edificis i que els tipus edificatoris on normalment s'aplicaven aquests elements tenien forma de bloc lineal. Són poc nombrosos els casos en què no s'acompliren aquestes condicions, tot i que es presenten exemples força significatius, entre els quals es troba la torre quadrada de 15 plantes del grup de Montbau (v. gràfic 23,f). La disposició dels murs paral·lels entre ells, segons el sentit transversal a les façanes, obligava a preveure la travada del conjunt a través dels forjats que, normalment, eren els únics elements rígids que els connectaven. Per altra part, amb aquesta disposició s'evitava al màxim la presència d'obertures en els murs, avantatge que s'aprofitava de forma especial quan els habitatges eren en dúplex, en coincidir llavors la separació entre murs amb la separació entre habitatges. D'aquí que un percentatge molt elevat dels edificis que presenten murs de formigó continguin aquest tipus d'habitatges. Pel que fa a l'alçària és palès el predomini dels edificis amb més d'11 plantes, llevat d'alguna excepció poc significativa. Pot associar-se, per tant, la utilització de mur de formigó armat amb l'edifici alt, preferentment en forma de bloc lineal i amb més possibilitat de contenir habitatges en dúplex que els edificis realitzats amb d'altres sistemes constructius.

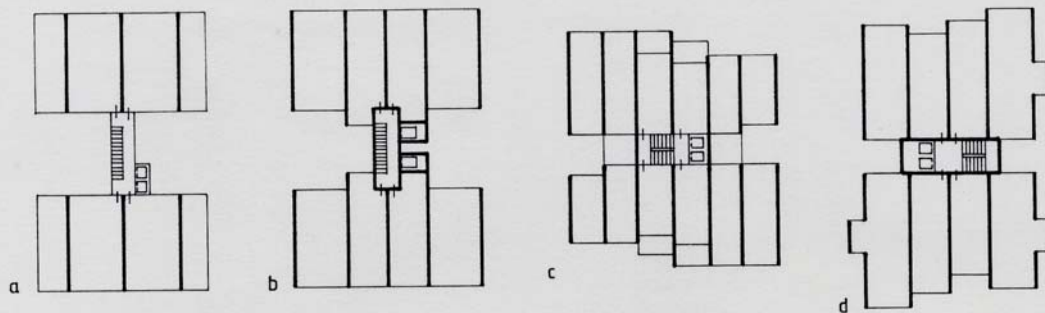


GRAFIC 23.- Tipus edificatoris amb murs de càrrega de formigó armat.

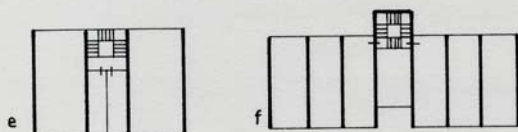
I.B. / 1.7. ESTRUCTURES EN ENCOFRAT-TÚNEL I GRANS ENCOFRATS

Nivell d'ús.

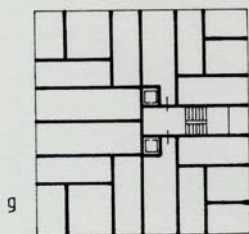
I.B. / 1.7.1. La primera realització important a Catalunya que utilitzà encofrats-túnel fou la construcció, a l'any 1971, de 1.500 habitatges en el polígon de La Mina. Abans, però, cap a mitjan dels anys seixanta, ja s'havien emprat grans encofrats verticals - sense formar part de sistema túnel - en el grup de Bellvitge (v. gràfic 24,g), combinant-los amb sostres a base de plaques alveolades de formigó o ceràmics, i amb grans plafons prefabricats verticals de tancament, solució que mantingué durant els anys posteriors un cert nivell d'aplicació. De tota manera, durant els primers anys setanta, fou clara la preferència pels sistemes integrals a base d'encofrat-túnel, sobretot per part de les grans empreses constructores quan les operacions tenien una certa envergadura. Així, l'acabament del polígon de La Mina enllaçà amb l'inici del grup Canyetles, un altre gran polígon de magnitud semblant a l'anterior. En el decurs d'aquests anys, es construïren també amb el mateix sistema un important nucli d'habitatges en els antics terrenys de la fàbrica Pegaso a Barcelona, un altre a Cerdanyola i un conjunt de 600 habitatges a Constantí, per a allotjar els treballadors de la nova refineria de Tarragona. Aquests exemples, que podrien ser molt més nombrosos, són suficients per a demostrar el grau de penetració aconseguida per aquest sistema durant aquests anys, si més no pel que fa a la seva aplicació específica als tipus edificatoris de les característiques físiques i econòmiques a què es fa referència en el present estudi.



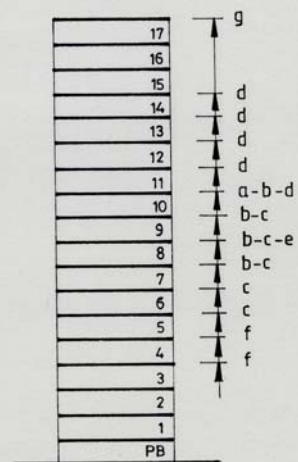
Tipus en torre i murs paral·lels.



Tipus en bloc lineal.



Tipus en torre i murs entrecreuat. (Grans encofrats).



GRÀFIC 24.- Tipus edificatoris amb estructura de formigó armat realitzada amb encofrat-túnel o gran encofrat.

Raons de la economicitat del sistema.

I.B. / 1.7.2. Les raons que expliquen l'economicitat de l'encofrat-túnel i la relativa preferència d'algunes grans empreses a l'hora d'adoptar-lo a certs tipus de promoció poden resumir-se en els punts següents:

- a) Major grau de mecanització que en els sistemes tradicionals i fàcil amortització del capital necessari per a l'adquisició dels motlles, la qual cosa es podia aconseguir amb la construcció de 400-450 habitatges. La mida d'aquesta operació era el volum mínim necessari perquè resultés rendible la primera aplicació del sistema després de la inversió inicial. Les successives operacions amb els mateixos motlles podien resultar, per tant, encara més rendibles, i d'aquesta manera s'augmentava la seva competitivitat enfront de qualsevol sistema tradicional més intensiu en mà d'obra.
- b) Major adaptabilitat que els sistemes a base de grans plafons prefabricats pel que fa al seu ús en obres de mida més reduïda o localització més dispersa, en no estar sotmès, normalment, a les despeses d'amortització del capital fix originades pel muntatge d'una factoria o a les despeses de transport dels elements des de la factoria a l'obra.
- c) Minoració de costos en diverses partides d'obra, a part de la corresponent a l'estructura, produïda com a conseqüència d'esdevenir innecessàries certes operacions de realització obligada quan s'apliquen sistemes tradicionals. Entre aquestes operacions hi ha les següents (xfr. M. Cabrera, 1975: 23):
 - L'execució dels murs de tancament laterals i del seu corresponent enguixat.

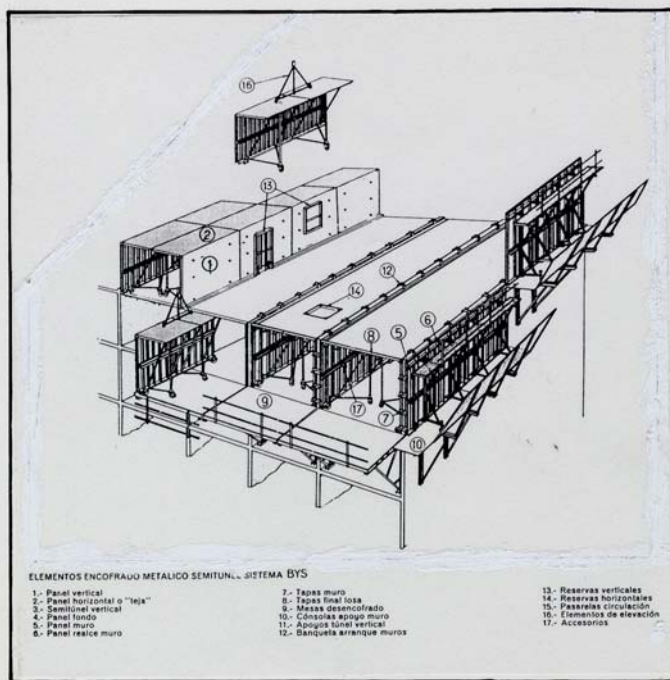
- L'execució entre el 50 i el 60 % dels envans interiors i, igualment de l'enguixat corresponent.
- L'execució de l'enguixat dels sostres.
- L'execució de tota classe de buits, regates, etc., per al pas de les instal·lacions.

d) Menys necessitat de mà d'obra especialitzada i més facilitat d'establiment i de seguiment temporal de les etapes de l'obra, la qual cosa repercuteix, també, sobre l'economia global aconseguible.

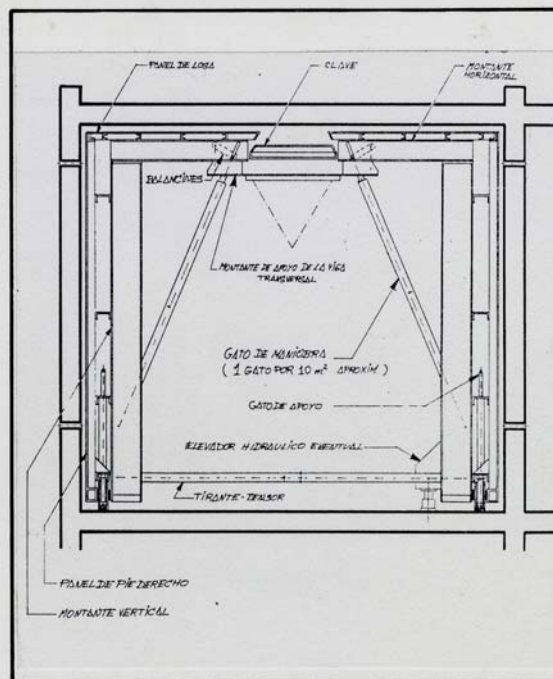
Tipus d'encofrats. Sistemes de càlcul.

I.B. / 1.7.3. En els sistemes d'encofrat-túnel utilitzats durant l'època no es produïren fets evolutius remarcables. Els túnels monocasc sistema HUNNEEBECK, importats de Suècia, amb els que es construí La Mina (v. gràfic 26) encara s'utilitzen avui, de la mateixa forma que molts dels semi-túnels BYS, de patent OUTINORD, utilitzats a Constantí (v. gràfic 25) i a molts d'altres llocs. En tot cas, les millores introduïdes han estat únicament aspectes de detall dirigits a facilitar el seu maneig. En el quadre 27 es facilita una relació de les marques i tipus utilitzats en diversos grups de Catalunya.

I.B. / 1.7.4. Pel que fa als sistemes de càlcul adoptats, no acostumaven a ser diferents d'aquells que s'aplicaven a les estructures porticades de formigó, tot i que, segons algunes publicacions, s'acceptava la no consideració dels moments de gir en els murs dels trams interiors i el càlcul de les lloses dels sostres com a bigues contínues recolzades sobre els murs. A part del resultat dels càlculs, el gruix dels murs no era mai inferior a 15 cm, a fi de facilitar la seva execució.



GRAFIC 25.- Semitúnel sistema BYS.
(Font: Fullet editat per Prensados de Acero, S.A.)



GRAFIC 26.- Encofrat túnel sistema HUNNEEBECK.
(Font: Treball escolar d'en J. Costa, F. Daumal i R. Fernández)

GRUP D'HABITATGES	MARCA O PATENT	TIPUS
Bellvitge (L'Hospitalet)	PROCO	
La Mina (Sant Adrià)	HUNNEEBECK BLOW-KNOX	┌
Canyelles (Barcelona)	HUNNEEBECK OUTINORD	┌┌
Constantí (Constantí)	OUTINORD (BYS) OUTINORD (SECTRA)	┌┌ ┌┌

QUADRE 27.- Tipus d'encofrat túnel o gran encofrat utilitzats en diversos grups d'habitatges.

Relacions amb els tipus edificatoris.

I.B. / 1.7.5. Els sistemes a base d'encofrats-túnel són els que més condicionen la forma dels tipus edificatoris. En efecte, les dimensions bàsiques dels mòduls s'han d'adaptar a les mesures d'amplada i profunditat dels motlles. La mesura d'amplada és completament inamovible per a cada model de túnel, i la mesura de profunditat ha de coincidir amb la profunditat d'un mòdul de l'encofrat-túnel utilitzat. Pel que fa a l'alçada dels edificis, el camp d'aplicació és, en canvi, igual o més ampli que el de la major part de sistemes tradicionals, tal i com ho demostra el fet que fossin adoptats en edificis de totes les alçades intermèdies compreses entre les 4 i les 15 plantes.

I.B. / 1.7.6. A mesura que avança el període, els tipus edificatoris resolts amb encofrats-túnel denoten un major aprofitament de les possibilitats de combinació que ofereixen els elements que els componen a fi d'obtenir un millor resultat formal. Així, en el polígon La Mina (v. gràfic 24, a,e), el plantejament adoptat respon exclusivament a l'aprofitament de tots els recursos que pot oferir el sistema per a aconseguir la màxima economicitat de la solució: la uniformitat en la profunditat dels túnels, la linealitat dels edificis i la planor de les façanes, busquen de simplificar al màxim les operacions de col·locació i transport dels motlles, essent els factors que defineixen la forma dels edificis. En el polígon Canyelles (v. gràfic 24, c,d), el plantejament és completament diferent: el mòdul base ja no és el bloc lineal sinó la torre, i es combinen en cada torre profunditats de motlle diferents en planta i en alçat cercant el joc volumètric de les façanes. En el grup de Constantí, la darrera actuació important realitzada en aquests anys, es denota l'ambició de combinar el disseny dels edificis amb el disseny urbà; el tipus edificatori s'adopta aquí en funció de la doble exigència establerta pels condicionaments projectuals de l'espai

inter-blocs i pel sistema constructiu, i s'observa també un procés de depuració en l'ús dels recursos combinatius dels motlles respecte a les solucions anteriors. Algunes actuacions realitzades els anys següents - la de Canovelles n'és un exemple - continuaran aprofundint en l'empeny apuntat al grup de Constantí, de compatibilitzar l'economicitat aconseguible amb l'ús de l'encofrat-túnel i la qualitat urbana del conjunt.

I.B. / 1.8. ESTRUCTURES A BASE DE GRANS PLAFONS PREFABRICATS

Nivell d'ús. Fases.

I.B. / 1.8.1. La utilització de sistemes a base de grans plafons prefabricats com a elements estructurals va ser escassa a Catalunya. Dels 850.000 habitatges de primera residència que es construïren durant el període 1950-1975, en només al voltant de 15.000 s'utilitzà algun d'aquests sistemes, concentrant-se en la seva major part en uns pocs grups de gran dimensió: Espronceda, a Sabadell, amb 1.060 habitatges; Bellvitge, a L'Hospitalet, amb més de 8.000 habitatges (sense descomptar els realitzats amb grans encofrats); i Can Badia, a Cerdanyola, amb 3.700 habitatges. Totes les altres promocions en què s'utilitzaren els dits sistemes tenen una grandària inferior als 600 habitatges i no són gaire nombroses (v. quadre 28). Aquestes dades són suficients per a relativitzar la incidència real que la seva aplicació va arribar a tenir a Catalunya en comparació a l'aconseguida en alguns països europeus i, sobretot, a França, on només l'any 1967 en més de 100.000 habitatges - un 25% del total dels construïts aquell any - s'utilitzà algun sistema de prefabricació, o en els països de l'Est, on els percentatges eren encara més elevats.

A partir de les dades relatives als anys en què els diversos sistemes foren portats a la pràctica i de les característiques pròpies de cadascun d'ells, poden delimitar-se clarament tres fases evolutives diferenciades, els trets fonamentals de les quals s'exposen en els punts següents:

I.B. / 1.8.2. Primera fase: 1957-1962. En aquests anys es realitzaren unes primeres operacions de petit volum, en algun cas qualificables com a experimentals, D'aquestes operacions

DENOMINACIÓ GRUP	ANY CONSTRUCCIÓ	SISTEMA	CARACTERÍSTIQUES
	ALCADA		
Trinitat PMB (Barcelona).	1957-58	FIORIO	Plafons verticals formats per peces ceràmiques resistents, un gruix de formigó i nervis de formigó armat. Estructura porticada de formigó armat com a sistema primari de sosteniment que, en solucions posteriors, serà substituïda pels junts entre panells. Forjats a base de peces de 1,20 m. d'amplada de característiques similars a les dels plafons de façana. En aquest grup la concessió abasta a un sol bloc de 75 habitatges. Es tracta, probablement, d'una operació experimental.
	PB+5		
Montbau (Barcelona).	1958-61	FIORIO	S'aplica la mateixa solució que a la Trinitat amb petites variacions en la situació dels pilars. Es construeix, aquí també, solament un bloc de 56 habitatges amb aquest sistema. La resta d'obra concedida a l'empresa explotadora del sistema es realitza amb tècniques tradicionals.
	PB+4		
Espronceda (Sabadell).	1962-64	FIORIO (1)	Plafons verticals formats per peces ceràmiques resistents, gruix de formigó i nervis de formigó armat. Els junts entre plafons realitzen les funcions encomenades a l'estructura porticada de formigó armat en solucions anteriors de la mateixa patent. Forjats idèntics als de solucions anteriors. N'hi ha també d'altres tipus. Es realitzen 1.060 habitatges repartits en 15 mòduls de 10 plantes i 5 mòduls de 5 plantes.
	PB+9 / PB+4		
Bellvitge (L'Hospitalet de LL.)	1964-72	ESTIOT (LARSEN&NIELSEN) (PROCO)	Plafons verticals de formigó armat en els primers blocs construïts, en els que no hi ha terrasses; els junts són formigonats "in situ". A la major part dels blocs amb terrasses, els murs de càrrega són a base de grans encofrats PROCO i els plafons ESTIOT es disposen com a elements de tancament. En una darrera fase s'incorpora el sistema LARSEN&NIELSEN, tan sols, però, pels elements de tancament. Forjats a base de llosa de formigó alleugerada amb cassetons ceràmics. En alguns edificis realitzats amb encofrats PROCO, el forjat és una llosa massissa de formigó armat. Es realitzaren 8.600 habitatges, aproximadament, en blocs lineals de 14 plantes d'alçada i torres de 18 plantes.
	SS+PB+13 PB+17		
Can Badia (Cerdanyola del V.)	1971-72	TRACOPA	Plafons verticals de formigó armat amb junts formigonats "in situ". El sistema es distingeix de l'anterior pel mètode d'unió dels plafons abans del formigonat dels junts i pel dentat de recolzament de les lloses de formigó que possibilita una major amplitud dels junts horitzontals. Es realitzaren 3.616 habitatges repartits en blocs en estrella de 5 plantes i blocs lineals i en H de 9 a 12 plantes. El temps d'execució fou rècord: 18 mesos.
	PB+4 PB+8 a PB+12		

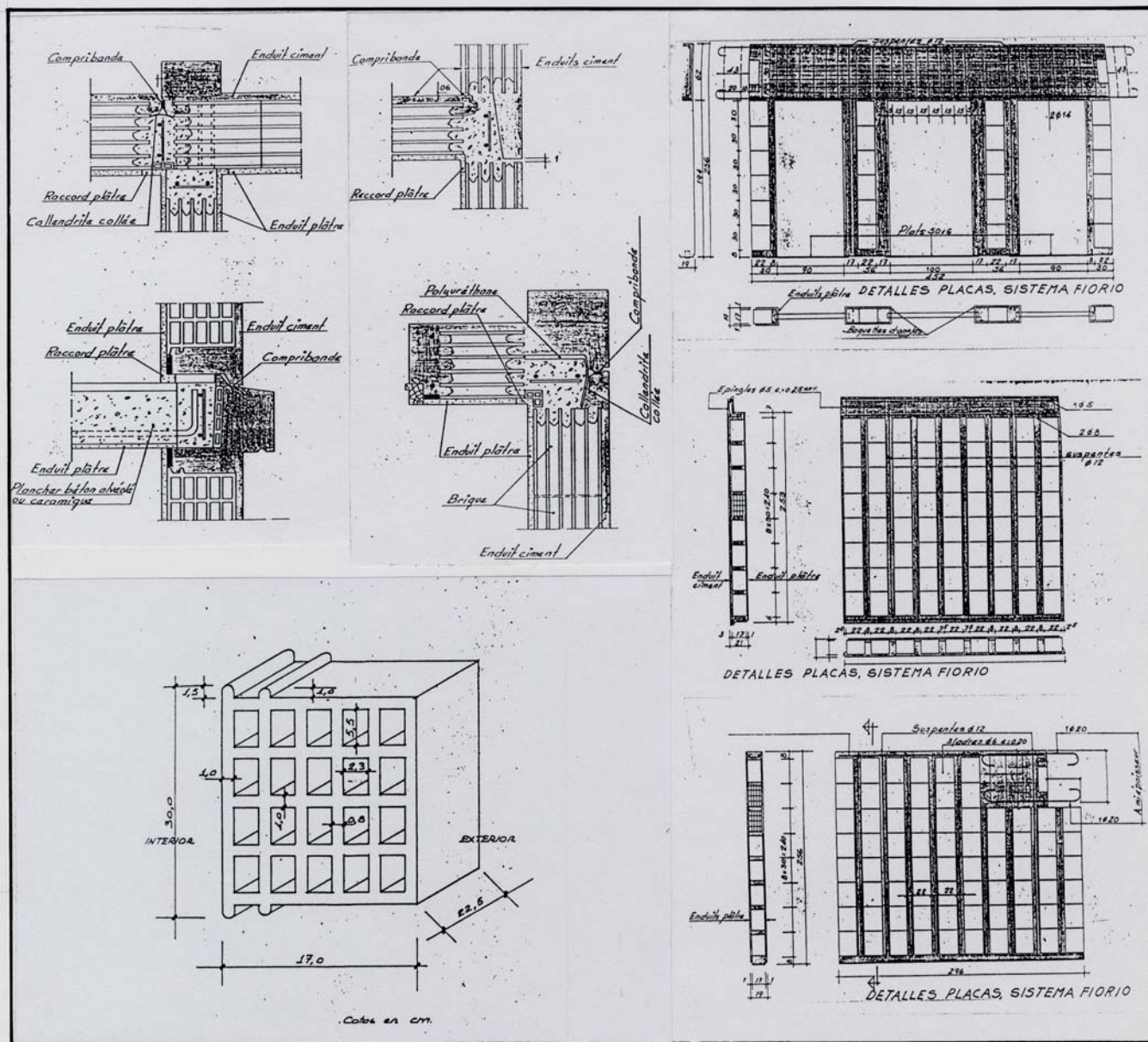
(1) Es coneix l'existència d'uns blocs a La Guineueta, junt al grup Roberto Bassas, realitzats també amb sistema FIORIO, en aquests anys.

QUADRE 28.- Relació dels grups que inclouen edificis amb elements estructurals a base de grans plafons prefabricats. Breu descripció de les seves característiques. (Continúa en el full següent).

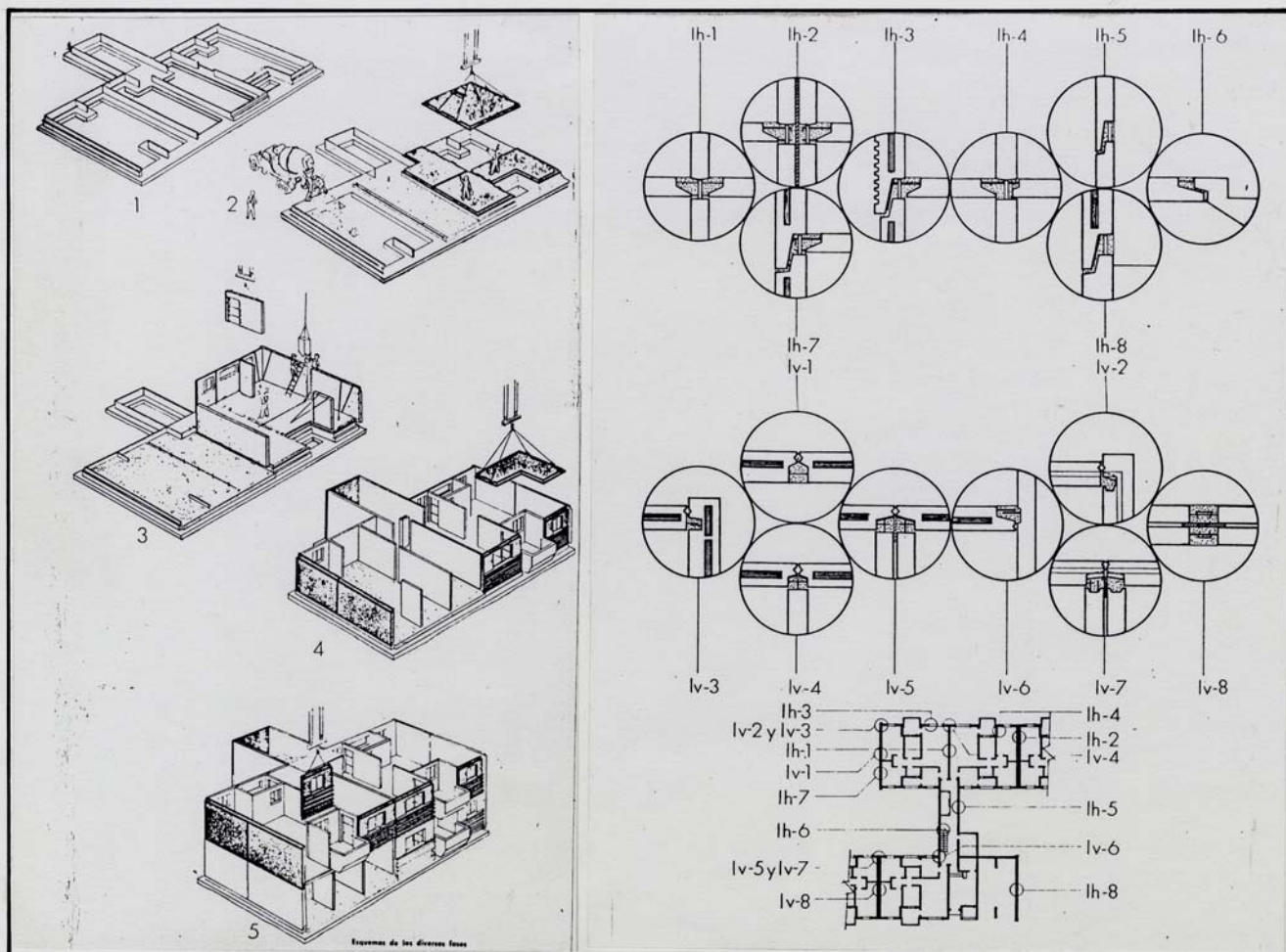
DENOMINACIÓ GRUP	ANY CONSTRUCCIÓ	SISTEMA	CARACTERÍSTIQUES
	ALCADA		
Fontsanta (Cornellà de Ll.)	1972-73	ESTIOT (LARSEN&NIELSEN)	Tot i que, segons sembla, la patent segueix essent l'ESTIOT, s'incorporen moltes solucions del sistema LARSEN&NIELSEN. El sistema resultant és una combinació dels dos. Els detalls mostren un tractament diferent dels junts en relació al sistema ESTIOT. Aquí es fa més prim i s'arma menys a fi d'aconseguir el vincle articulats típic del sistema LARSEN &NIELSEN, però l'angular metàl·lic li confereix caràcter de nus rígid. Havien passat quatre anys desde l'accident de Ronan Point i els vincles articulats ja eran en crisi. Es realitzaren 224 habitatges repartits en 4 blocs de 10 plantes d'alçada. L'empresa constructora fou la mateixa que construí i promocionà el polígon de Bellvitge.
	PB+9		
Sant Julià (Sabadell).	1972-75	ESTIOT (LARSEN&NIELSEN)	Idèntica solució que en el grup Font Santa, realitzada per la mateixa empresa. Es construeixen 368 habitatges repartits en torres en H de 8 a 11 plantes. Els edificis previstos en blocs lineals no arriben a construir-se per problemes d'indole diversa no relacionats amb l'empresa ni amb el sistema constructiu emprat.
	PB+8 a PB+11		
Pedralba (Sant Quirze).	1973-75	ESTIOT (LARSEN&NIELSEN)	Obra realitzada per la mateixa constructora que els dos conjunts anteriors, utilitzant idèntiques solució constructiva i concepció del sistema. Es realitzen 230 habitatges, aproximadament, repartits en 6 torres en H però, igual que en el cas anterior, un canvi de planejament impideix construir tots els edificis previstos.
	PB+7 a PB+10		
Vall- Roig (Cerdanyola del V.)	1974-75	MODULBETON (LARSEN&NIELSEN) (JESPERSEN)	Plafons verticals de formigó armat a base de dues capes d'aquest material completament separades per l'aïllament tèrmic. Junts horitzontals formigonats "in situ" per on es realitzen els vincles rígids. Junts verticals sense armar. Forjats de lloses alveolades de 1,20 m. d'amplada obtingudes per extrusió. Primera i gairebé única obra realitzada amb patent MODULBETON, sistema molt evolucionat tecnològicament, inspirat en els sistemes LARSEN&NIELSEN i JESPERSEN. Es construïren uns 500 habitatges solament, en edificis de 6 a 9 plantes d'alçada.
Pol. Banús i d'altres	1973 ?	CASAMITJANA	Sistema nascut de l'experiència d'aplicació del FIORIO, a base de plafons de formigó armat. Solucions originals en la seva major part. Empresa de petita envergadura que al llarg de la seva existència arribà a construir més de 600 habitatges amb una mínima inversió en equipament fix i quantitat de mà d'obra.

només es té referència d'un bloc de 75 habitatges que pertany al grup de La Trinitat realitzat segons una variant del sistema FIORIO, i d'un altre al polígon Montbau de 56 habitatges tot seguint la mateixa variant. (v. quadre 28). Realitzats també amb sistema FIORIO i d'aquesta mateixa època és possible que existeixin alguns edificis més, entre els quals s'hi poden trobar uns quants blocs localitzats a La Guineueta a tocar al grup Roberto Bassas. En tot cas, però, totes aquestes operacions representen tan sols actuacions marginals dins del context que s'estava construint en aquells anys amb sistemes tradicionals.

- I.B. / 1.8.3. Segona fase: 1962-1972. Són els anys en què es produeix el major ús dels sistemes prefabricats, tot coincidint amb l'època de màxima activitat edificatòria del sector. L'inici d'aquesta fase la marca la construcció del grup Espronceda, on s'utilitzà el sistema FIORIO (v. gràfic 29), i la del polígon de Bellvitge, en el qual s'introduí la patent ESTIOT (v. gràfic 30). Es tanca amb l'acabament del grup Can Badia, en el qual s'aplicà el sistema TRACOPA (v. gràfic 31). Les característiques fonamentals d'aquests sistemes es relacionen en el quadre 28. Tots ells pertanyen a allò que I. Paricio qualifica com la primera generació europea de solucions de grans plafons (xfr. Paricio, 1980:41) per a distingir-les, quant a la seva qualitat, de les solucions que s'aplicaren posteriorment.
- I.B. / 1.8.4. Tercera fase: 1972-1975. Són els anys en què encara es manté l'impuls econòmic expansionista i en què les previsions de creixement econòmic i demogràfic continuen predominant a l'hora de planificar les activitats del sector. No és estrany, doncs, que en el decurs d'aquests anys s'obrin dues noves factories de caràcter permanent: la de CIDESA, -empresa promotora de Bellvitge-, a Sant Andreu de la Barca, i la de MODULBETON a Els Monjos, amb capacitat per a produir 4 i 10 habitatges/dia respectivament. En relació a la fase anterior, les diferències més paleses tant pel que fa



GRÁFIC 29.- Sistema FIORIO: Elements i detalls d'unions.
(Font: Informe d'en X. Valls, arqte., sobre el grup Espronceda.)

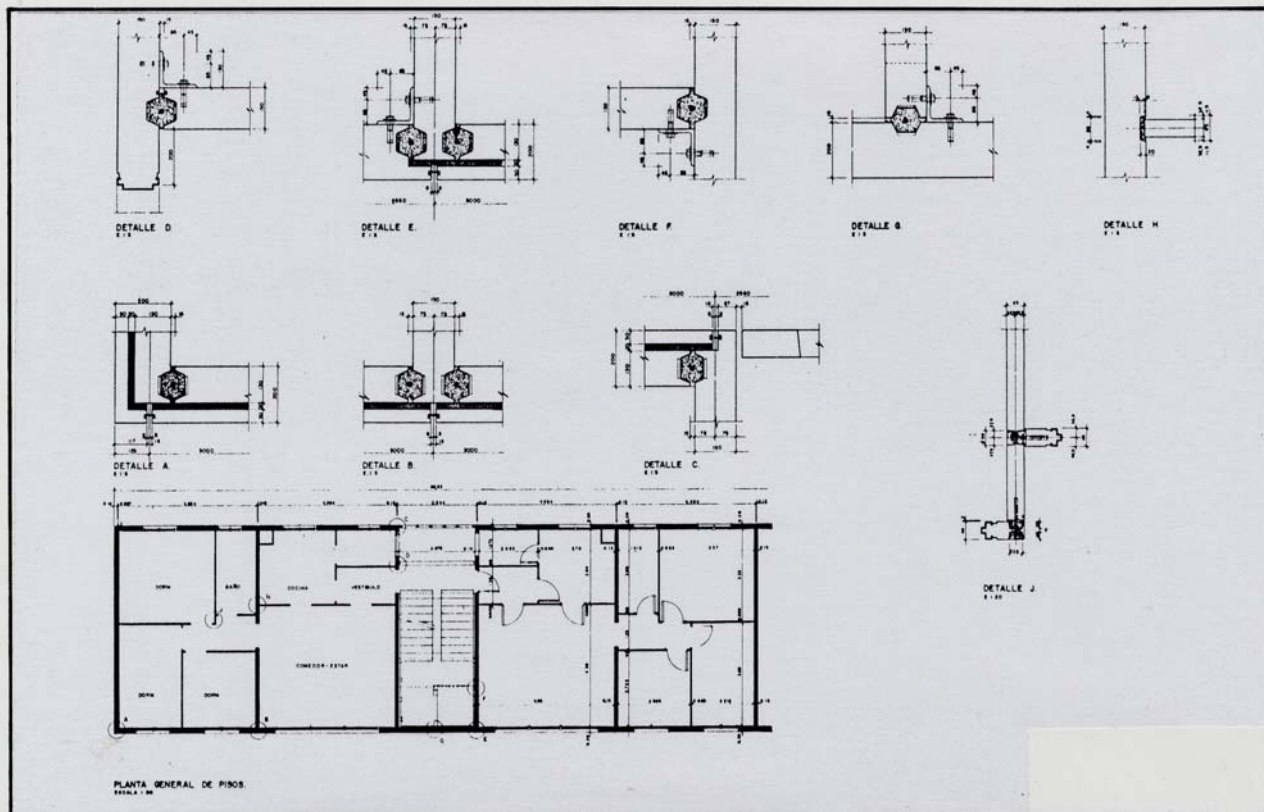


GRÁFIC 31.- Sistema TRACOBA. Elementos i detalls d'unions corresponents al grup Can Badia.
(Font: Revista "Hogar y Arquitectura" nº 105)

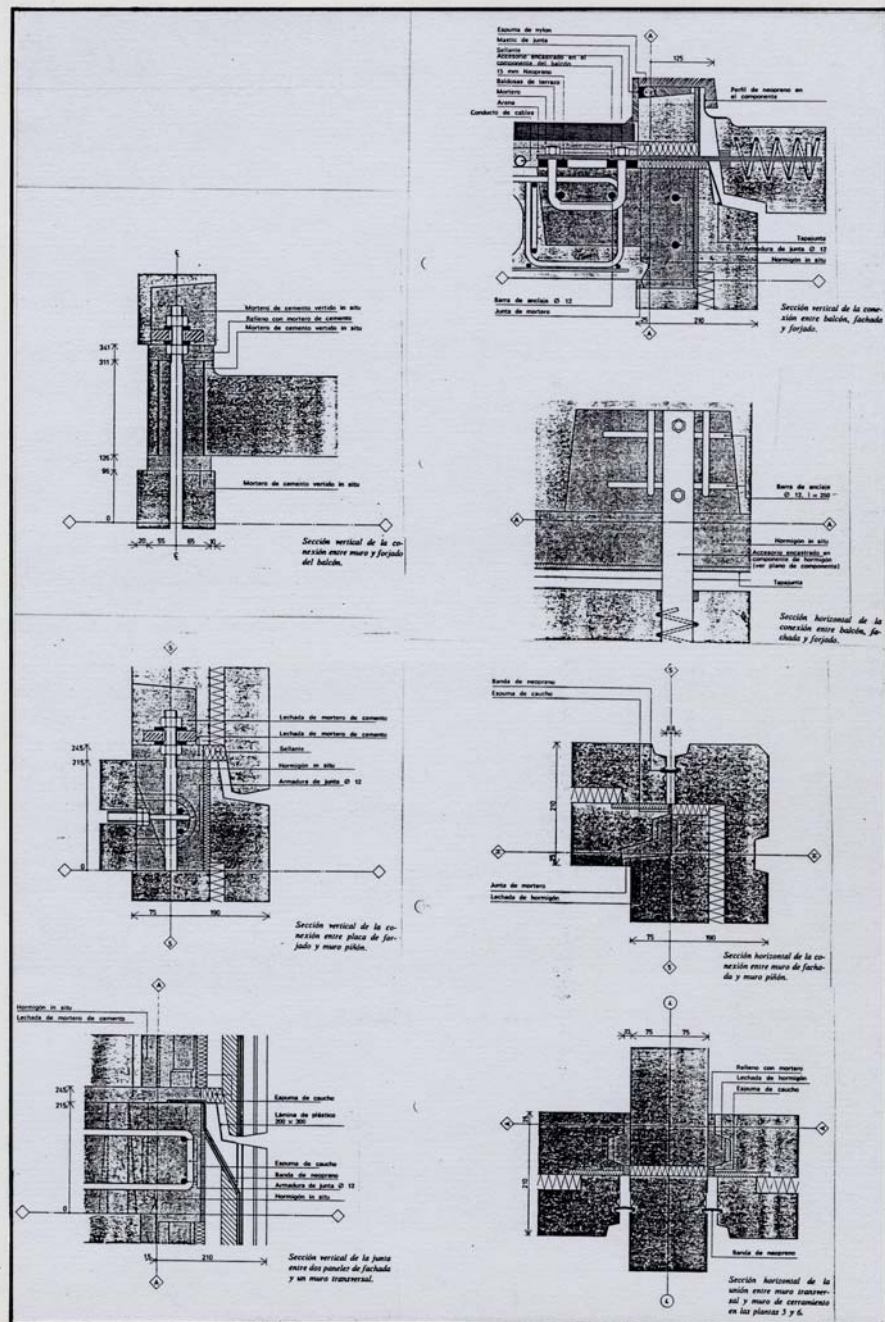
als centres de producció com pel que fa als elements prefabricats són les següents:

- a) Els centres de producció es concebeixen com a factories fixes, abandonant el caràcter de semi-permanent o de peu d'obra que havien tingut al llarg dels anys anteriors.
- b) Els sistemes adoptats gaudeixen d'un nivell tecnològic més evolucionat que possibilita la fabricació de productes de major qualitat quant a la seva precisió de muntatge, comportament higròtermic i seguretat enfront dels esforços horitzontals (v. gràfics 32 i 33).
- c) Les noves fàbriques no van arribar a funcionar pràcticament mai al cent per cent de la seva capacitat de producció. De fet, la nova factoria CIDESA solament va subministrar plafons per a la construcció d'uns 1.000 habitatges repartits per petites promocions (Fontsa, Sant Julià, Pedralba, etc), i la factoria de MODULBETON produí només elements per no més de 600 habitatges. Evidentment, en cap dels dos casos s'arribà a amortitzar la inversió efectuada pel muntatge de les fàbriques. La producció d'elements i components compatibles amb d'altres sistemes, que amb una visió optimista sobre l'avenir de la prefabricació oberta incorporaren ambdós fàbriques, no va servir per a salvar la seva vialitat econòmica futura.

I.B. / 1.8.5. De tot el que s'ha exposat en els punts anteriors en relació a la incidència quantitativa real dels sistemes prefabricats i a les diverses característiques de la seva fabricació, es pot deduir que la utilització d'aquests sistemes no aconseguí globalment un nivell suficient de producció com per a entrar en competència econòmica amb els sistemes tradicionals. Es podria, per tant, aplicar el que Y. Aubert, Director de la Construcció del Ministè de l'Equipement francès, exposava a la revista *TECHNIQUES ET ARCHITECTURE*, l'any 1967, referint-se als habitatges realitzats amb sistemes prefabricats en aquell país:



GRÁFIC 32.- Sistema LARSEN&NIELSEN (modificat): Detalls d'unions del sistema segons es van aplicar al grup Font Santa de Cornellà de Llobregat.
(Font: Libre REALIZACIONES DE LA OBRA SINDICAL DEL HOGAR EN CONSTRUCCION INDUSTRIALIZADA.)



GRÁFIC 33.-
 Sistema LARSEN&NIELSEN/JESPERSEN:
 Details de les unions segons es
 van aplicar al grup Vall-
 Roig,
 de Cerdanyola del Vallès,
 (Font: Llibre CONSTRUCCION INDUS-
 TRIALIZADA Y DISEÑO MODULAR.)

"... la industrialización no parece haber demostrado una eficacia económica cierta y suficiente. Evidentemente, ha permitido reducir notablemente los efectivos: hasta ahora esta disminución no es apenas superior a la que aporta una excelente organización en obra con técnicas tradicionales. Ha permitido sobretodo recurrir a una mano de obra cualificada pero no especializada (cementereros, encofradores, conductores de máquinas en lugar de albañiles, carpinteros, etc.). Pero las empresas que la emplean no han podido demostrar que construyen menos caro que las otras.

Podemos dar varias explicaciones a esta paradoja: la mediocre calidad de la mano de obra, la insuficiencia de normalización de los materiales y su calidad inconstante. Pero todas estas razones son tanto efectos como causas, la verdadera razón parece ser la siguiente: Una producción industrial supone no solamente una técnica desarrollada, sino también la existencia de un mercado organizado, es decir, pedidos provenientes de especialistas o de un público suficientemente informado. Esta última condición no existe en la construcción. La extrema dispersión de los jefes de obra así como de los arquitectos o técnicos, impiden a la mayoría estar al corriente de las invenciones recientes; la pereza intelectual tiende a preferir las condiciones caducas. La información del público es prácticamente nula."

(xfr. Aubert, 1961: 609)

Tot i que es considerin més o menys vàlides o, en tot cas, suficients, les raons exposades per M. Aubert, allò que palesen clarament és que tot i amb el suport que, a França, van rebre la recerca i l'aplicació dels sistemes prefabricats, no s'aconseguí una millora efectiva en la productivitat final dels habitatges, per més que la seva adopció representava normalment una important reducció en el temps d'execució de les obres. Reducció que pot arribar a superar les 1.500 hores/habitatge quan el punt de referència és una edificació realitzada totalment amb sistemes tradicionals. És fàcil de deduir, a partir d'aquestes dades, que a Catalunya, sense una planificació impulsora de la mecanització del sector, amb una Administració que l'utilitzà fonamentalment com a coixí per a paliar l'atur, amb unes empreses tecnològicament endarrerides i poc capitalitzades en la seva major part, i amb una mà d'obra poc qualificada, el nivell de competitivitat dels sistemes prefabricats fos extraordinàriament baix, i que solament resultés rendible la seva aplicació quan les economies d'escala derivades de la grandària de l'operació, permetien compensar tots aquells inconvenients. Economies d'escala que potser només es van presentar en els grups de Bellvitge i de Can Badia.

Economicitat aconseguible amb l'aplicació dels sistemes a base de plafons prefabricats.

I.B. / 1.8.6. De tota manera, l'estalvi econòmic aconseguible amb la utilització d'aquests sistemes no era pas, en el millor dels casos, gaire important, tal i com ja exposava l'any 1961 en G. Galmés, economista, en referir-se als possibles avantatges dels sistemes de construcció industrialitzats:

"...el ahorro de horas es de gran consideración. Según datos obtenidos en el Ministerio de la Vivienda sobre obras de Poblados Dirigidos, se estima que para la construcción de una vivienda del tipo que analizamos (75 m²) se invierten 2.400 horas/hombre. La misma vivienda por el procedimiento CAMUS, absorbe 850 horas/hombre. Partimos, por tanto, de un ahorro de 1.550 horas/hombre. Ahorro que representa el 35% del precio de coste del m² construido. Como contrapartida tenemos mayor número de empleados, amortización y funcionamiento de la maquinaria, royalties, etc. Todo lo cual representa el 22% del precio de coste. Luego, a igual prestación, se obtiene un mejor precio en el 13% sobre el tradicional."

(xfr. Galmés, 1961, b: 255)

Constatació que, amb unes altres dades de partida, coincideix amb allò que exposava F. Bassó, l'any 1972, en una de les ponències de les jornades commemoratives del 25è aniversari de Tetracero:

"Sobre el menor coste no hay que fomentar excesivas ilusiones. Si tenemos dos edificios exactamente iguales, uno prefabricado y el otro no, podemos considerar su coste total dividido en tres grupos esencialmente distintos: mano de obra, materiales y gastos generales, cada uno de los cuales equivale aproximadamente a una tercera parte del costo total. No podemos esperar ninguna reducción dentro de una misma calidad en el capítulo de los materiales y tampoco en los gastos generales, ya que los de proyecto, financiación y amortización de instalaciones serán seguramente superiores en la construcción prefabricada. Hemos de buscar la reducción de costos únicamente a través del capítulo de mano de obra. Y con mucho optimismo podemos esperar reducirlo 1/3 de la construcción tradicional, con lo cual la reducción final de costos sería de 1/9, es decir, aproximadamente de un 11%"

(xfr. Bassó, 1973: 156)

I.B. / 1.8.7. Els límits de l'economicitat aconseguible amb la prefabricació esdevenen, doncs, ben definits: la reducció de cost en comparació amb un sistema tradicional pot arri-

bar a ser de l'ordre d'un 11-13% sempre que es pugui comptar amb unes condicions d'amortització normals de la inversió realitzada en maquinària i instal·lació fixa. Aquestes condicions, llevat d'unes poques excepcions en què la magnitud de la primera operació va permetre d'amortitzar ràpidament la inversió inicial, no es van presentar en tot el període.

Normativa.

I.B. /1.8.8. Pel que fa a la normativa, pràcticament no n'existí d'específica destinada als sistemes a base de grans plafons. Aquest buit restava cobert, en part, pel fet que la major part dels sistemes de prefabricació utilitzats gaudien de l'homologació dels països d'origen, als quals pagaven els oportuns royalties. De tota manera, els canvis en els detalls que ràpidament s'introduïren en les solucions per evitar, precisament, pagar aquests royalties, no solament els desproveïen de l'homologació, sinó que també els lliuraven de tota la restricció normativa a què estava sotmès el sistema original. No fou fins al 1976, just quan aquests sistemes deixaven pràcticament d'aplicar-se a Catalunya, que el CEB (Centre Européen du Bâtiment) homologà per a tot Europa les Normes Daneses (SDN), en les quals s'adoptava el càlcul a ruptura i s'establia la obligatorietat d'independència estàtica de tots els plafons.

Característiques dels sistemes utilitzats.

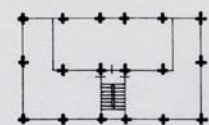
I.B. /1.8.9. L'abundant bibliografia existent sobre les característiques i les solucions de detall dels diversos sistemes que es van utilitzar fan innecessària la seva descripció detallada. Una definició breu de cadascun d'ells figura en el gràfic 28, i els detalls més significatius de la seva resolució s'han inclòs en els gràfics compresos entre el 29 i el 33. A un nivell general, pot establir-se la següent classi-

ficació en base al model de treball mecànic que van adoptar:

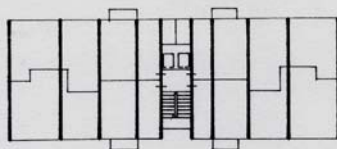
- a) Sistemes "a la francesa": Junts verticals i horitzontals amples, molt armats i formigonats in situ. El conjunt gaudeix de monolitisme i rigidesa en els dos sentits de càrrega. Correspon al model dels sistemes FIORIO, ESTIOT I TRACOPA.
- b) Sistemes "a la sueca": Junts molt més estrets que els anteriors; junts verticals a vegades sense armar; unions pràcticament articulades o semi-encastades. Correspon als sistemes LARSEN-NIELSEN, i JESPERSEN.
- c) Sistemes "mixtos": Sorgits com a conseqüència de les experiències de comportament dels anteriors després del col.lapse de Ronant Point, que posà en crisi els sistemes de junt estret, en palesar que la falla d'un plafó podia originar la caiguda de tots els plafons superiors que hi recolzaven. Això provocà que, a la pràctica, les solucions adoptades amb aquests sistemes modifiquessin els seus detalls a fi de dotar d'un major grau d'encastament o d'independència les unions (v. gràfics 32 i 33).

Relacions amb els tipus edificatoris.

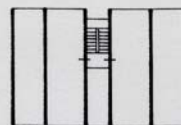
I.B. / 1.8.10. Els sistemes a base de grans plafons prefabricats es van aplicar en major grau en els tipus edificatoris en forma de blocs lineals i de torre en H (v. gràfic 34). Els elements de càrrega s'orientaven preferentment segons la direcció perpendicular a les façanes, si bé en aquells tipus en què el sistema adoptat correspon a un dels de junt ample, la relació amb l'orientació dels elements de càrrega perd rellevància. De tota manera, pot establir-se que no existeixen diferències tipològiques importants en relació amb els tipus adoptats amb d'altres sistemes constructius més tradicionals, i que, en general, els sistemes s'adequaven a les formes que havien esdevingut d'aplicació més freqüent a partir de l'època posterior al gir de la crugia de



a

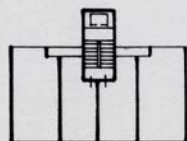


b

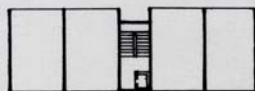


c

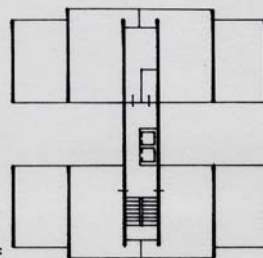
Plantes d'edificis amb sistema FIORIO.



d

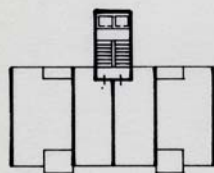


e

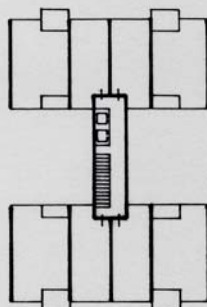


f

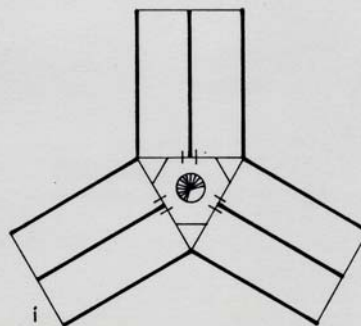
Plantes d'edificis amb sistemes ESTIOT / LARSEN & NIELSEN.



g

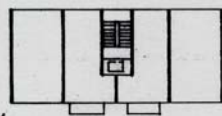


h



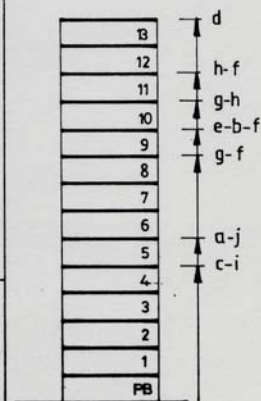
i

Plantes d'edificis amb sistemes TRACOPA.



j

Plantes d'edificis amb sistema LARSEN & NIELSEN / JESPERSEN.



GRAFIC 34.- Tipus edificatoris amb estructura de grans panells prefabricats.

càrrega en relació a les façanes. L'excepció quantitativament més important al model exposat es presenta en les torres d'estrella de Can Badia (v. gràfic 34, i), construïdes a inicis dels anys setanta tot seguint un esquema de disposició i agrupació per planta dels habitatges que, si bé tenia antecedent en les torres de 18 plantes de Sant Ildefons, no havia estat objecte d'un nivell d'aplicació elevat, a causa probablement de les dificultats d'assolellament a què es condemna una part dels habitatges. La incorporació de l'escala rodona prefabricada i la resolució en angle dels junts, són els aspectes més singulars i novedosos aportats per aquest tipus.

Pel que fa al nombre de plantes, es denota el rebuig per les alçàries intermèdies compreses entre les 7 i les 9 plantes, fet que no és exclusiu dels tipus resolts amb aquests sistemes, sinó que va tenir un caire molt més general.

I.B. / 1.9. ESTRUCTURES A BASE D'ELEMENTS LINEALS PREFABRICATS

Nivell d'ús.

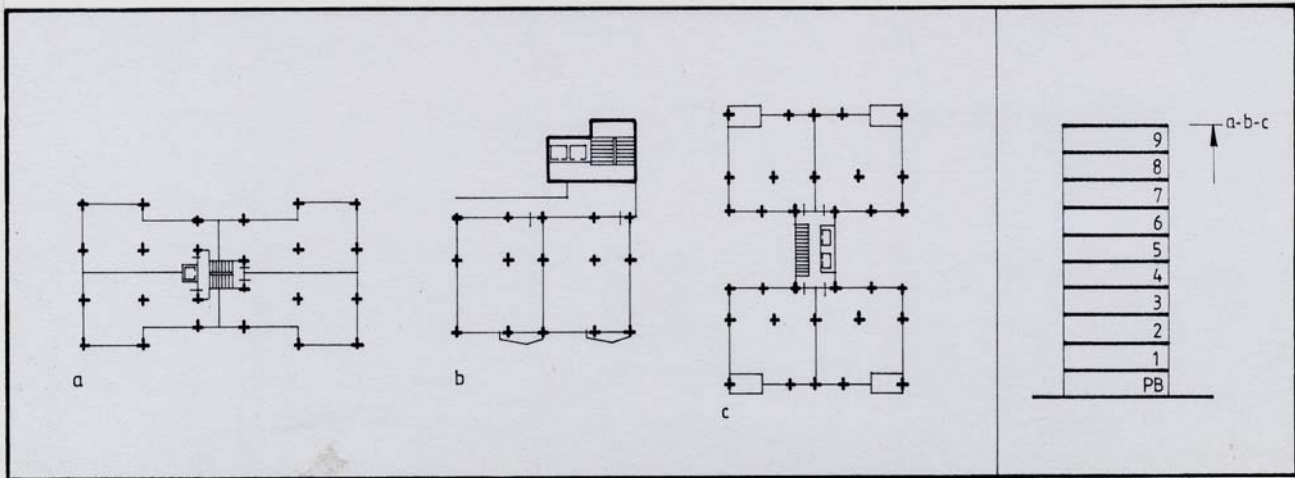
I.B. / 1.9.1. La utilització de sistemes a base d'elements lineals prefabricats o semiprefabricats no arribà a ser significativa. D'entre els sistemes dels quals es té referència, només l'anomenat STRUCTURAPID va aconseguir mantenir una certa continuïtat de producció al ritme d'una petita empresa desde 1966 - any en què s'introduí la patent - fins als primers anys de la dècada següent. Els altres procediments sorgits en aquests anys, fruit de l'enginy personal o de l'optimisme propi d'una època d'expansió, com és el cas, per exemple, de l'anomenat sistema GINER, van tenir solament una aplicació marginal.

Característiques dels sistemes utilitzats. Relacions amb els tipus edificatoris.

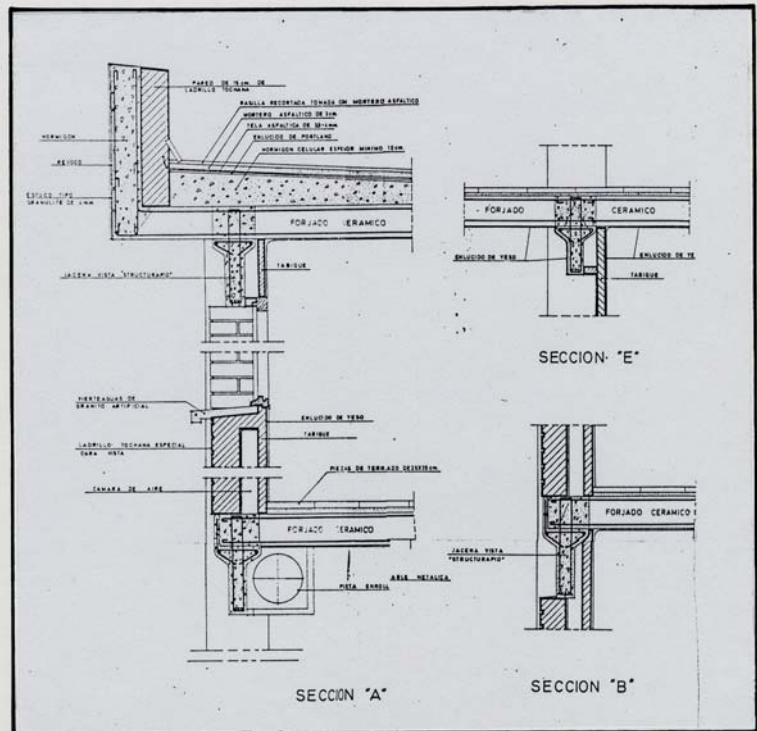
I.B. / 1.9.2. El sistema STRUCTURAPID ha estat utilitzat en tipus edificatoris molt diversos: blocs en galeria en el grup Carles Trias, torres rectangulars a La Vinyala, torres en H al Maresme (v. gràfic 35), blocs lineals a Sant Ildefons, en edificis d'apartaments (La Molina, Roda de Barà, etc.) i en d'altres destinats a ús industrial. Aquest fet demostra que la versatilitat del sistema era quasi equivalent a la d'una estructura porticada de formigó armat tradicional. Versatilitat que li venia donada per la possibilitat de subministrar els elements, tant les jàsseres com els pilars, segons les dades dimensionals i de sol·licitació que fixava cada comanda, no condicionant-les, per tant, a unes mesures de catàleg determinades pel fabricant. La descripció gràfica del sistema i del seu procés de posada en obra clarifica els

conceptes exposats, així com la seva resolució constructiva concreta (v. gràfics 36 a 39). Pel que fa als sostres que normalment s'hi associaven, eren de tipus ceràmic o a base de biguetes semiresistents, a fi d'evitar l'ús d'encofrat i aprofitar al màxim els avantatges del sistema que no en requeria ni per a les jàsseres ni per als pilars. El formigonat in situ es limitava així als nuclis dels pilars, als caps de les jàsseres i a la capa de compressió del sostre. Les variants existents es reduïen a la forma i a la secció de les camises prefabricades dels pilars i a les dimensions dels cantells i les amplades de les parts prefabricades de les jàsseres.

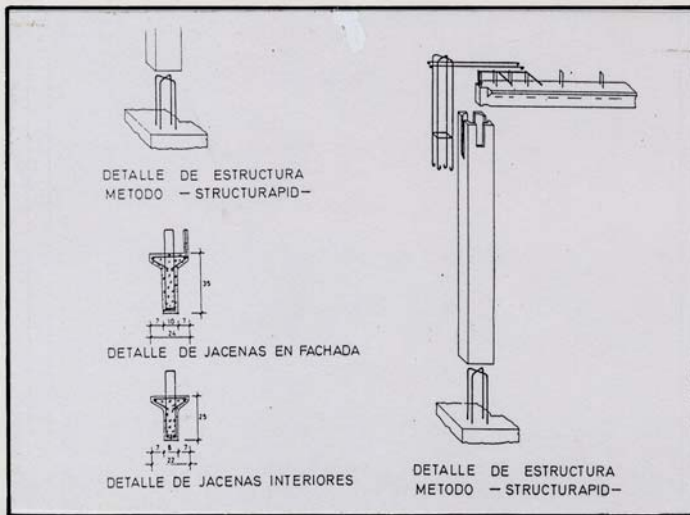
I.B. / 1.9.3. Del procediment GINER, no es disposa de la informació suficient com per a saber el grau de condicionament a què obligava a la morfologia del tipus edificatori. La concepció del mètode es fonamentava en dotar als elements lineals d'armat transversal mitjançant la disposició de plaques metàl·liques de forma diversa (v. gràfic 40), a fi d'aconseguir d'aquesta manera de reduir considerablement les quanties mecàniques de l'acer en els elements comprimits. La resolució dels nusos era força singular, tal com es pot observar en el gràfic citat. El tipus de sostre que s'utilitzà generalment era el ceràmic.



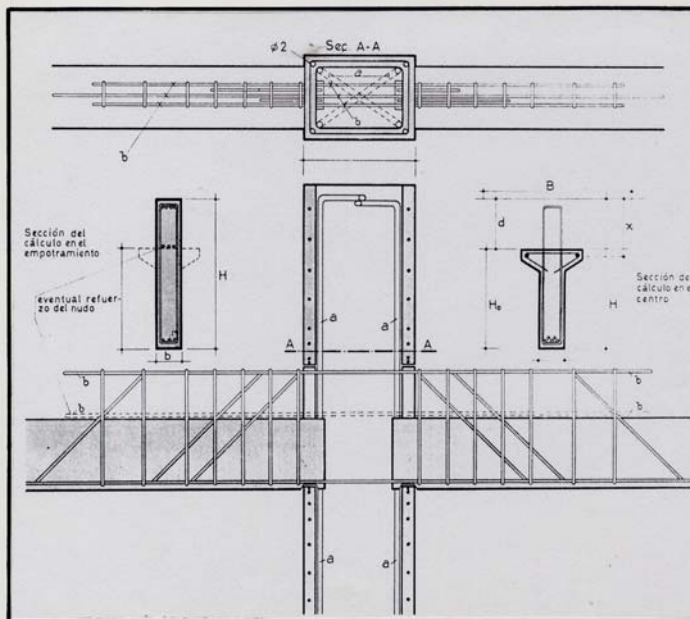
GRÀFIC 35.- Esquemes de tipus edificatoris amb estructura a base d'elements lineals prefabricats.



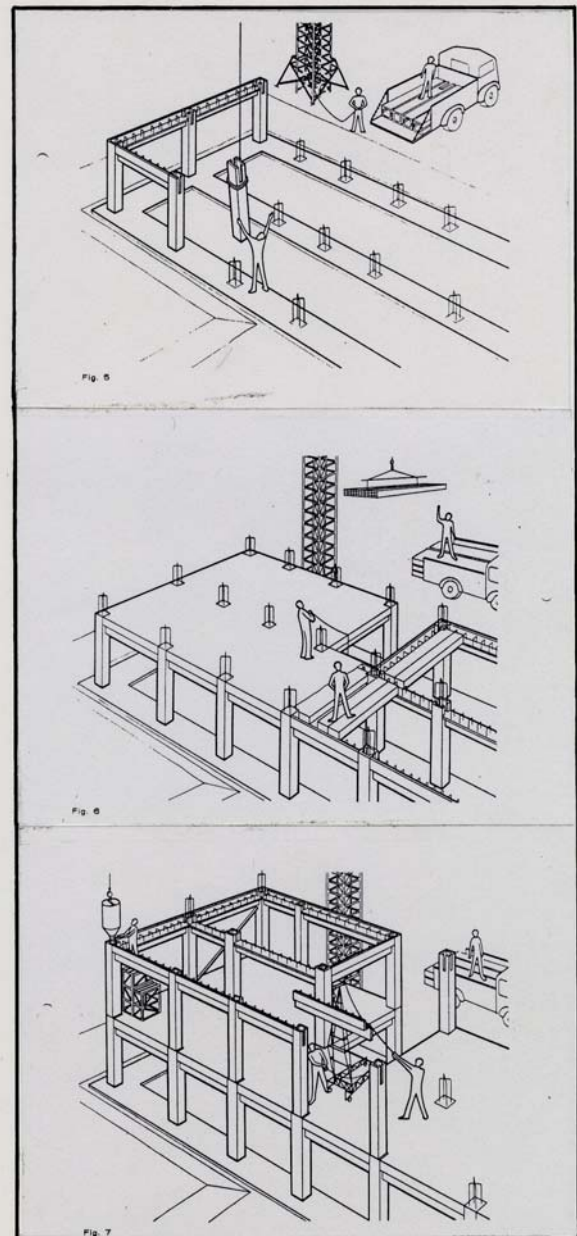
GRÀFIC 36.- Exemple de resolució de tancaments en edifici on s'ha aplicat el sistema STRUCTURAPID.
(Font: Plànols projecte grup Sant Jacint de Badalona.)



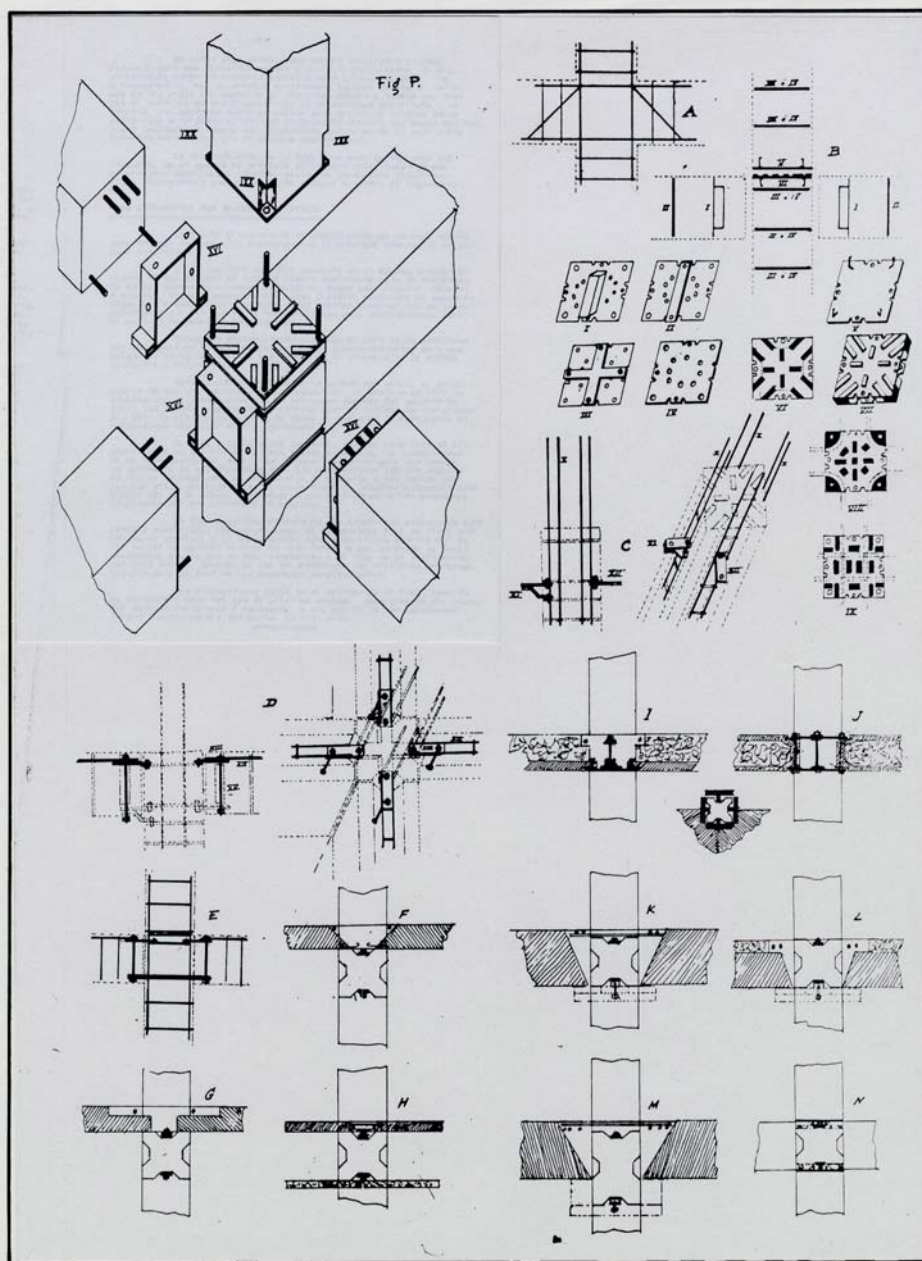
GRÁFIC 37.- Disposició dels elements STRUCTURAPID.
(Font: Manual STRUCTURAPID)



GRÁFIC 38.- Resolució nus amb elements STRUCTURAPID.
(Font: Manual STRUCTURAPID)



GRÁFIC 39.- Fases del procés d'execució de l'obra utilitzant elements STRUCTURAPID.
(Font: Manual STRUCTURAPID)



GRÁFIC 40.- Resolució de les unions amb el sistema GINER.
(Font: Catàleg GINER.)

I.B. / 1.10.

SOSTRES

Classificació.

I.B. / 1.10.1.

S'inclouen en aquest apartat aquells tipus de sostres que són independents del sistema estructural adoptat, en no formar amb el dit sistema una unitat d'execució indiferenciable.

Els sostres compresos dins la definició establerta es poden classificar de la següent forma, atenent als materials i a les característiques bàsiques de cadascun d'ells.

a./ Sostres ceràmics.

a.1./ Sense funció resistent del material ceràmic.

a.2./ Amb funció resistent del material ceràmic.

a.2.1./ A base de voltes.

a.2.2./ A base de maó armat.

a.2.3./ A base de peces ceràmiques i nervis formigonats in situ o a peu d'obra.

b./ Sostres amb biguetes o semibiguetes de formigó.

b.1./ A base de biguetes autoresistents armades i revoltons.

b.2./ A base de biguetes autoresistents precomprimides i revoltons.

b.3./ A base de semibiguetes armades i revoltons.

b.4./ A base de semibiguetes precomprimides i revoltons.

c./ Sostres de plaques prefabricades.

Nivell d'ús dels diversos tipus. Normativa.

- I.B. / 1.10.2. Al llarg dels anys cinquanta, els factors que més van incidir sobre les característiques dels sostres utilitzats foren l'escassetat de ferro i ciment, el retard de la indústria de fabricació d'elements constructius i l'alt nivell de competitivitat del preu de la mà d'obra. Aquests tres factors són els que determinaren que en els primers anys de la dècada, predominessin les solucions a base de ceràmica, i que es fes servir indistintament com a material capaç de resistir els esforços de compressió o com a encofrat perdut dels nervis resistents de formigó armat. D'aquesta època són, precisament els darrers sostres anomenats de "maó armat" i els realitzats a base de voltes de maó sense doblar, construïts a Catalunya. S'adoptaren també, amb força freqüència, els sostres a base de biguetes de formigó de secció rectangular emmotllades a peu d'obra i entrebigat de rajola o maó foradat, dels quals en constitueixen un bon exemple els dels blocs en galeria de La Trinitat construïts pel PMHB. De tota manera, a mesura que avançava la dècada, va fer-se cada vegada més freqüent l'ús de la bigueta de formigó prefabricada en forma de doble T, tal i com ho indica el fet que fos aquest sistema el que s'adoptà en nombrosos i importants grups d'habitatges construïts en aquells anys (Sant Ildefons, Onésimo Redondo, Verdum, etc.). D'altra banda, l'inici de la utilització de l'acer pretesat poc temps després de 1949 - any en què es va començar a disposar d'acer d'alta resistència - afavorí l'augment de la fabricació de les biguetes del tipus esmentat, que ja cap el final de la dècada van aconseguir un alt nivell de competitivitat enfront de les d'altres tipus, sobretot quan, mitjançant el curat al vapor i l'ús dels ciments de ràpid adormiment s'escurçà notablement el temps necessari per a la seva fabricació.
- I.B. / 1.10.3. Als primers anys seixanta, els sostres de biguetes o semibiguets de formigó prefabricades i revoltons preferentment de formigó lleuger es repartien el mercat amb

els de tipus ceràmic a base de revoltons i nervis armats de molt variades formes, amb els quals era possible realitzar a peu d'obra plaques d'amplada variable capaces de ser col·locades en el seu emplaçament definitiu sense necessitat d'encofrar. L'aparició de noves marques, models, tipus i subministradors de sostres durant aquests anys fou elevadíssima i el control normatiu existent es demostrà escàs i inoperant a la vista de les condicions de seguretat que oferien moltes de les solucions a l'abast, en ésser força freqüent -sobretot abans de l'aparició de la norma MV-101 l'any 1962- de considerar solament una càrrega total per m² de sostre de 300-350 kg, en comptes dels 500-550 kg usualment requerits. Per a redreçar la situació, l'any 1966, va aparèixer un decret que establí la necessitat per part dels fabricants de sol·licitar i obtenir autorització d'ús pels seus productes. Amb aquesta finalitat es dissenyaren unes fitxes de característiques tècniques tant per a les biguetes com per als sostres, on hi havia de figurar la descripció gràfica i dimensional dels elements i les característiques mecàniques del formigó, de les armadures i dels mateixos elements fabricats. L'aparició d'aquesta norma propicià la millora de les condicions de fabricació existents, tot i que la manca de control posterior dels productes limità molt la seva efectivitat. Així resumeix J. Calavera els seus efectes:

" El documento ha recibido fuertes y numerosas críticas. En nuestra opinión no todo en él ha sido tan negativo como se pretende establecer. La simple exigencia de la Memoria de Cálculo del sistema, como trámite previo para la obtención de la Autorización de Uso, obligó a cerrar a bastantes fabricantes que estaban fabricando productos absurdos y peligrosos. Otros muchos tuvieron que hacer un estudio técnico, aunque fuera mínimo, de sus fabricaciones. Esto fue claramente beneficioso y el número de accidentes, aunque siguiera siendo elevado, se redujo de manera importante."

(xfr. Calavera, 1981-b:8)

I.B. / 1.10.4. Cap als darrers anys seixanta i primers setanta, la paulatina implantació dels sistemes estructurals a base de jàsseres mixtes i jàsseres planes impulsaren la

utilització d'aquells tipus de sostres que permetien, mitjançant una sola operació de formigonatge, formar els caps de compressió dels nervis i els nusos rígids o semirígids amb les jàsseres. D'aquí l'ús creixent que van experimentar els sostres semiresistents i molts models de sostres ceràmics. Tendència que solament variarà a mesura que els sistemes a base de sostres reticulars es vagin imposant en el decurs dels anys posteriors sobre tota la resta.

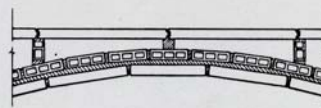
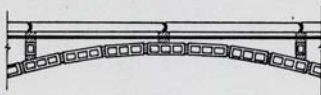
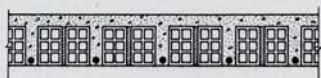
Cal esmentar com a fet significatiu comú a quasi tots els sostres a què es fa referència, la manca de capa de compressió armada a la part superior de la seva secció. Mancança que, a la pràctica, no va poder ser pal·liada per cap de les normes aparegudes durant l'època.

Pel que fa a les plaques prefabricades, el seu ús no fou molt estès. Es té notícia tan sols de processos de fabricació de plaques paral·lels a l'adopció de processos de fabricació més integrals, com és ara, els casos de les fabricades per CIDESA a Bellvitge o per l'empresa MODULBETON a Els Monjos. En tot cas, la seva aplicació no fou significativa.

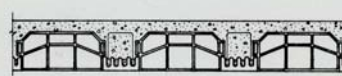
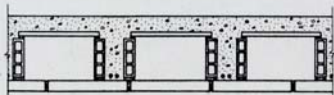
En el gràfic 41 hi figuren alguns dels tipus de sostres més representatius d'entre els d'aplicació més freqüent en els edificis objecte del present estudi.

Característiques principals dels diversos tipus de sostre.

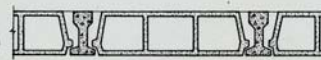
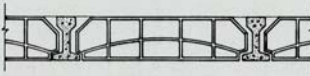
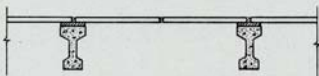
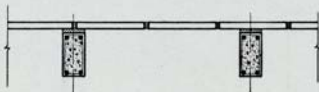
- I.B. / 1.10.5. Tipus (a.l.). Sostres ceràmics sense funció resistent de la ceràmica: Són els sostres en què la ceràmica acomplia només una funció d'alleugeriment, una funció d'encofrat perdut, o les dues a la vegada. La norma de 1941 relativa al projecte i execució de sostres de maó armat considerava que la ceràmica no adoptava una funció resistent quan la capa superior de formigó superava els 5 cm de gruix. De fet, a part de la seva denominació comercial com a sostres de maó armat, la major part dels models



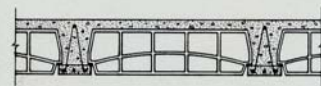
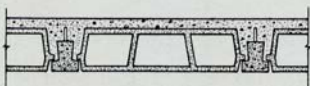
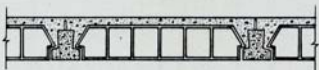
Tipus en volta i maó armat.



Tipus ceràmics armats i precomprits.



Tipus amb biguetes resistents armades o precomprides.



Tipus amb biguetes semirresistents armades o precomprides.

GRAFIC 41.- Tipus de sostres utilitzats durant l'època.

d'aquest tipus que inclou la publicació SISTEMAS ESPECIALES DE FORJADOS PARA LA EDIFICACION (DGA, 1945), en la qual s'exposen diverses marques d'entre les fabricades per aquells anys, poden considerar-se, per la seva forma de treball, com a sostres nervats de formigó vessat in situ i armat. Sobre el nivell d'ús d'aquests sostres no se'n té notícia, però és molt probable que no arribessin a aconseguir una implantació significativa ni durant els anys cinquanta, tot i que aquest extrem hom no pugui assegurar-lo.

I.B. / 1.10.6. Tipus (a.2.1.) Sostres ceràmics a base de voltes: La solució, que tenia el seu antecedent en la volta a la catalana, es distingeix per no disposar d'una segona capa de maó - dita també capa de doblat - a fi d'alleugerir el pes total del sostre. El material normalment utilitzat fou el maó foradat de 4 cm, el morter era a base de ciment ràpid i la forma adoptada responia a la de la volta bufada d'arc rebaixat i doble curvatura, amb la qual cosa solament es requerien quatre punts de recolzament coincidents amb les cantonades. Per a absorbir les empentes en aquests punts es disposaven atirantaments metàl·lics que podien anar vistos per dessota les voltes o restar amagats per sobre l'extradós i fixats a la prolongació dels pilars o pilastrons de recolzament. Per a formar la superfície plana del paviment, es disposaven sobre de les voltes uns envanets a base del mateix maó buit, els quals servien de suport a la solera ceràmica d'encadellat o maó. La relació entre la situació de les voltes i la dels locals dels habitatges no acostumava a ser problemàtica segons l'opinió d'en I. Bosch, autor de diversos projectes utilitzant aquesta solució:

" En construcciones de viviendas de poca altura - dos o tres plantas - dada la ligereza de las bóvedas tabicadas, junto con las ventajas propias de las vaídas, dan reacciones de apoyo tan pequeñas que, si construimos una bóveda para cada dependencia, nos bastará, para su apoyo, la T o la L que formen los tabiques de ladrillo en los ángulos de las dependencias. Si las cargas son muy fuertes o hay grandes luces, se puede reforzar el ángulo de apoyo chafanándolo ligeramente, dando lugar a apoyos triangulares de gran capacidad resistente."

(Bosch, 1949: 188)

No es té notícia de gaires edificis dels tipus edificatoris considerats, en què els seus sostres fossin resolts amb les voltes descrites. Hom pot citar només dos casos: el de les plantes baixes dels blocs del grup de la SEAT a la Zona Franca i el del grup d'habitatges Sant Daniel a Girona, tant l'un com l'altre construïts durant els primers anys cinquanta. Solucions també a base de volta però, a diferència de les anteriors, proveïdes d'una segona capa de maó, es poden trobar a d'altres grups coetanis als esmentats, com és ara el d'Onésimo Redondo a L'Hospitalet i el de José Antonio a Badalona, on les voltes foren utilitzades per a formar els sostres que tanquen les cambres sanitàries.

I.B. / 1.10.7. Tipus (a.2.2.). Sostres ceràmics a base de maó armat: La solució, típica dels anys de postguerra, consisteix a utilitzar els maons foradats com a elements als quals s'encomana d'absorbir les compressions, encofrar els murs armats resistents i alleugerir a la vegada el pes propi del sostre. Les Normes de 1941 citades anteriorment fan referència explícita a aquest tipus de sostre, tot i que pràcticament no s'utilitzà en els anys posteriors a la dècada dels quaranta.

I.B. / 1.10.8. Tipus (a.2.3.). Sostres ceràmics a base de peces ceràmiques i nervis formigonats in situ o a peu d'obra: La varietat de models existents fou molt extensa, i no sempre s'especificava si la ceràmica complia una funció resistent. Van utilitzar-se amb força freqüència al llarg de tot el període, en especial els models en què els nervis s'havien de formar i armar a la mateixa obra, tot i que els que disposaven d'elements precomprimits també van tenir un cert nivell d'aplicació. Com a avantatges més clars d'aquests sostres en relació a la resta de tipus poden considerar-se els següents:

- a) Execució a peu d'obra de trams sencers de sostre d'amplada variable, la qual cosa facilitava les operacions de posada en obra i reduïa el temps total d'execució sense necessitat de disposar de maquinària o d'utilitatge es-

pecial.

- b) Estalvi d'encofrat previ dels sostres quan els elements resistents eren preformats i autoresistents, la qual cosa succeïa en la major part dels models utilitzats.

I.B. / 1.10.9. Sostres de biguetes autoresistents de formigó: En alguns sostres realitzats durant els primers anys cinquanta es poden trobar encara certs casos en què els nervis resistents són de secció rectangular i encofrats a peu d'obra. De tota manera, en els conjunts d'habitatge d'una certa entitat, abans d'entrar en la dècada dels seixanta era ja molt freqüent l'ús de biguetes prefabricades armades o precomprimides en forma de doble T - anomenades també autoresistents -, l'aplicació de les quals va predominar sobre els models semiresistents mentre els sistemes estructurals més usuals van ésser els de murs de càrrega o els porticats de formigó armat amb jàsseres de cantell. Pel que fa als elements d'entrebigat, si bé en una primera època encara es presentaren exemples de revoltons en volta de maó foradat, la solució més habitual consistí a disposar peces alveolades prefabricades, essent les de formigó alleugerit les més utilitzades, sobretot durant els anys seixanta. En relació al formigó, cal esmentar la freqüència en què s'utilitzava el ciment aluminós en el procés de fabricació de les biguetes i semibiguetes a fi d'escurçar el seu període d'adormiment. Freqüència que fou màxima en els anys compresos entre 1960 i 1963 i que va anar minvant a mesura que les exigències imposades per les successives normes EH-68 i EH-73 es feien més rigoroses, en referir-se específicament a les característiques de la seva composició i a les condicions de posada en obra i curatge posterior dels formigons que en tinguessin. Mesures que venien aconsellades pels nombrosos casos de comportament defectuós detectats, originats per un fals adormiment del formigó. D'entre les biguetes de formigó a què es fa referència en aquest apartat, es poden diferenciar les que van armades amb acer de límit elàstic normal

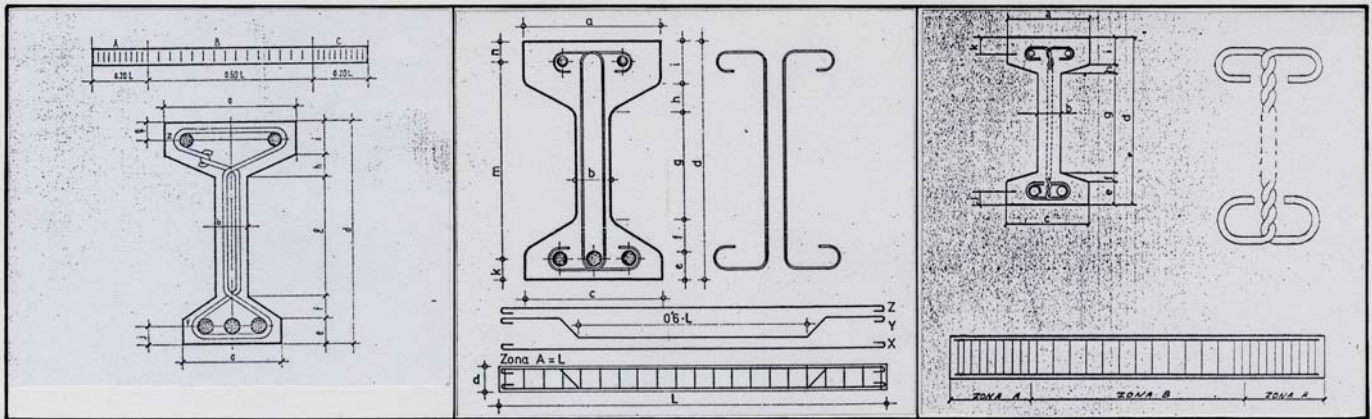
i les que ho estàn amb fils d'acer d'alta resistència. Aquests dos subtipus són tractats per separat en els punt següents:

I.B. / 1.10.10 Tipus (b.1.). Biguetes autoresistents armades (v. gràfic 42) : Tot i que el seu ús es reduí considerablement a partir de l'època en que es començà a disposar d'acer d'alta resistència, l'any 1966 encara existia un gran nombre de models en el mercat, tal i com ho demostra el nombre de Fichas de Características Técnicas pertanyents a models d'aquest tipus, que foren presentades per a sol.licitar l'Autorización de Uso a què obligava un nou decret aparegut aquell any (v. Annex 2).

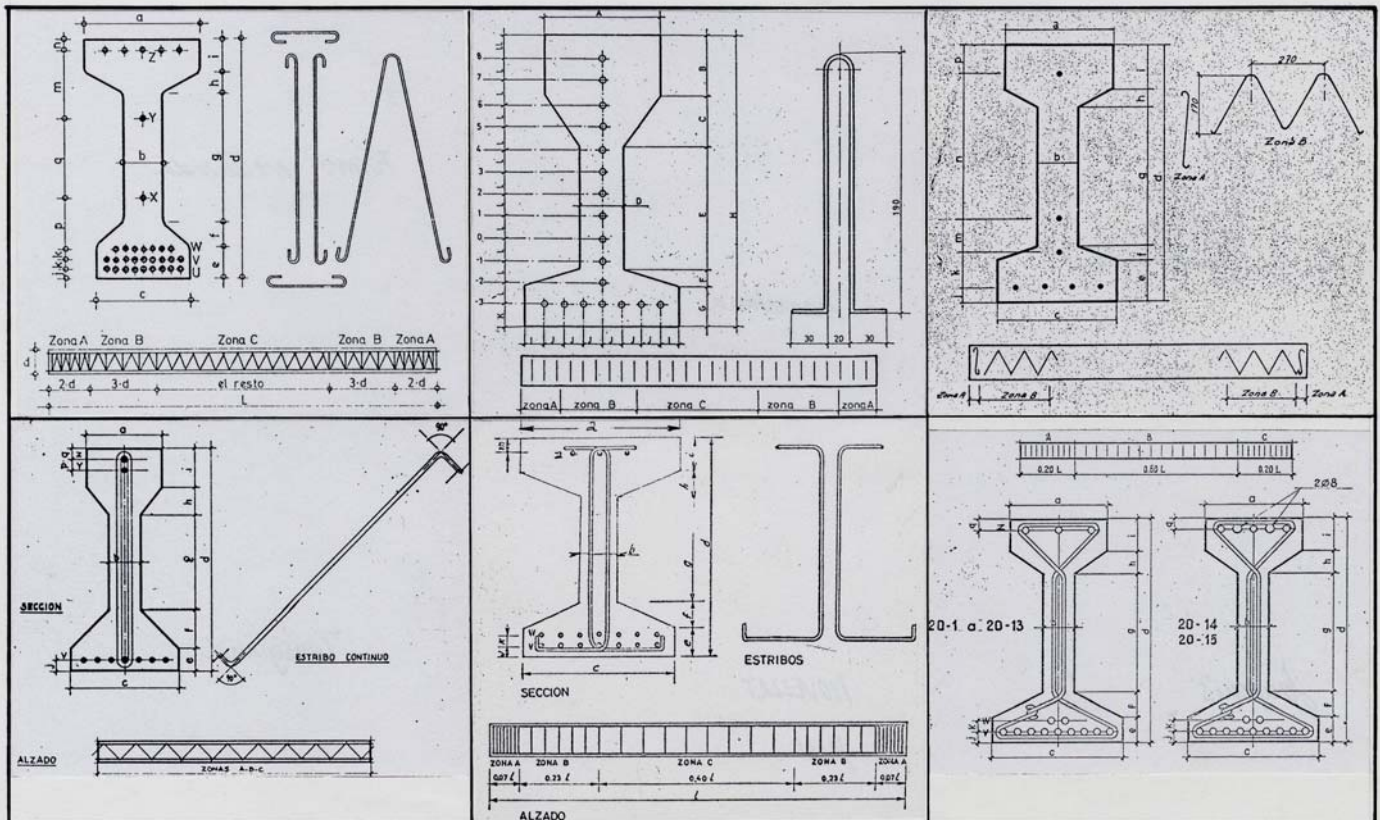
De les especificacions definides en les dites Fichas se'n poden extraure les següents observacions:

- a) Els límits elàstics dels acers utilitzats en una mateixa bigueta poden ser diferents. Hi ha tipus en què l'acer de les armadures principals és A-42 i el dels estreps és A-37. En d'altres, en canvi, totes les armadures són d'acer ordinari.
- b) La resistència a la compressió del formigó pot variar entre uns valors compresos entre 250 i 350 kg/cm², segons la marca i el tipus de bigueta de què es tracti.
- c) L'absorció de l'esforç de tall es realitza en alguns tipus solament amb els estreps; a d'altres tipus, a més dels estreps, es disposen barres principals doblegades a 45°. El diàmetre dels estreps és, sovint, de 3 mm i el seu lligam amb les armadures adopta formes molt diverses.
- d) El recobriment de les armadures traccionades és normalment inferior a 1 cm.

I.B. / 1.10.11. Tipus (b.2.) Biguetes autoresistents pretensades (v. gràfic 43): Tot seguint la mateixa font d'informació que per les anteriors, es poden extraure, en aquest cas, les observacions següents:



GRÁFIC 42.- Tipus de biguetes resistents de formigó armat. (Font: Arxiu Estudi F. Bassó, arqte.)



GRÁFIC 43.- Tipus de biguetes resistents de formigó precomprimit. (Font: Arxiu Estudi F. Bassó, arqte.)

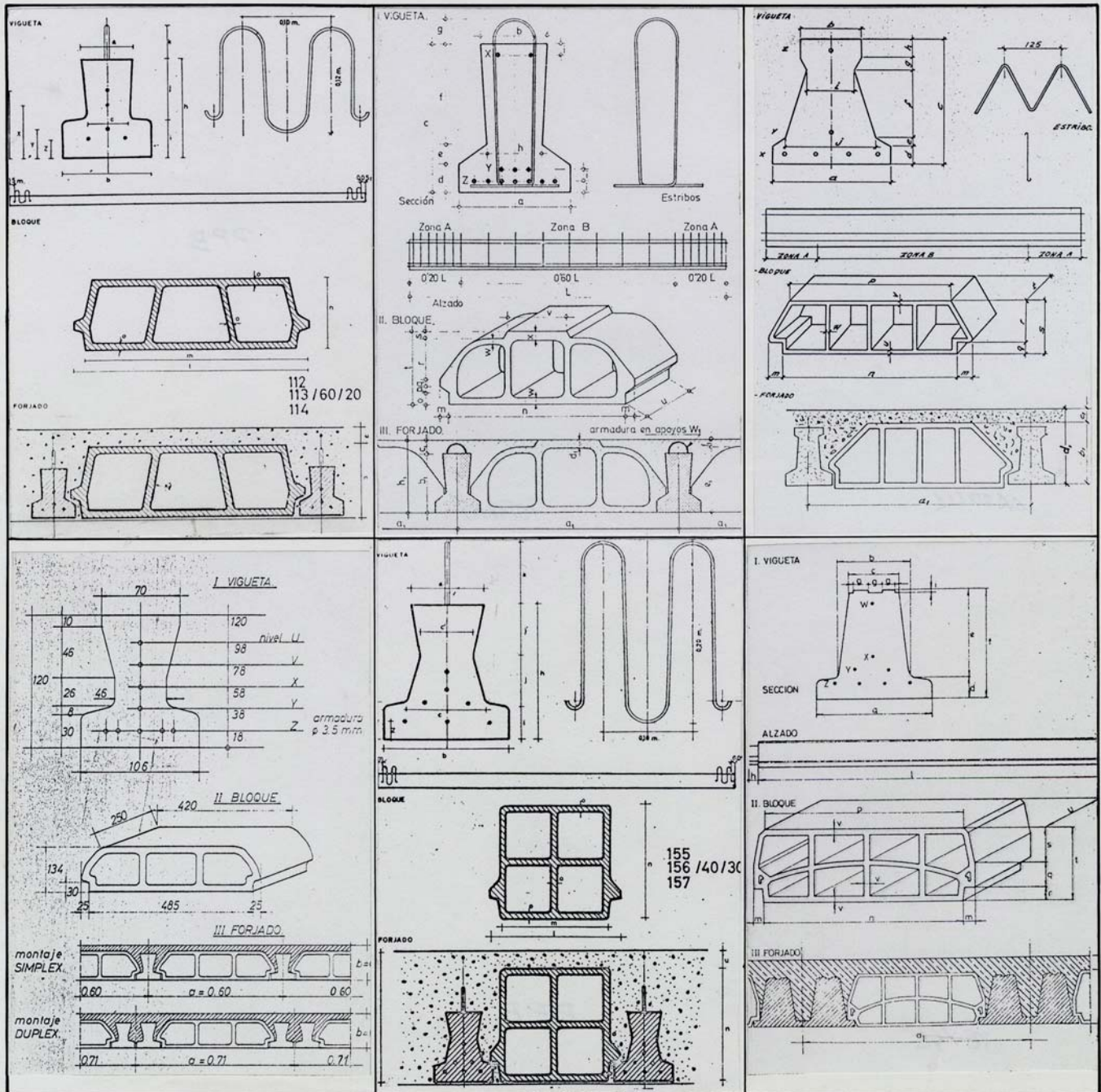
- a) Els fils i cables de pretesat utilitzats normalment tenen un diàmetre comprès entre 2 i 6 mm, i una resistència a la tracció variable entre 14.000 i 18.000 kg/cm² en les armadures tesades. En els estreps es disposava normalment acer A-42 o A-37 i, excepcionalment, cable d'alta resistència.
- b) La resistència mecànica especificada del formigó varia dins un marge comprès entre els 300 i els 450 kg/cm², essent els valors més freqüents 350 i 400 kg/cm².
- c) En tots els models es presenta una armadura superior. N'hi ha molts en què en una mateixa bigueta es disposen armadures tesades juntament amb d'altres de no tesades. La disposició dels estreps és extraordinàriament variable en funció del model de bigueta.
- d) Normalment, la forma geomètrica de les biguetes es manté invariable per a cada model, i el que es varia és el nombre i la situació dels fils i cables pretensats, en funció del requeriment de capacitat mecànica demanat a cada una de les variants del model.

I.B. / 1.10.12.

Tipus (b.3.). Biguetes semirresistents armades: Tot i que la seva utilització fou molt inferior a les biguetes del mateix tipus amb armadures pretesades, cap els voltants de l'any 1970 aconseguí una certa implantació en el mercat, tal com ho demostra el fet que s'apliqués en alguns grups importants d'habitatge econòmic. És possible que aquesta major competitivitat anés associada a les modificacions introduïdes en els models que es venien fabricant abans, les quals van afectar tant la seva forma, que passà a ésser l'equivalent a una sabata rectangular, com al sistema de col·locació de la gelosia metàl·lica que formava el conjunt de l'armat, que s'aconseguí millorar amb l'aplicació d'un procés de mecanització que possibilitava de reduir el temps de fabricació de les peces i, en conseqüència, el seu cost.

I.B. / 1.10.13. Tipus (b.4.). Biguetes semiresistents precomprimides (v. gràfic 44): Com s'ha exposat anteriorment, l'ús creixent d'aquest tipus de biguetes fou degut sobretot a la seva fàcil adequació a la formació de nusos amb un cert grau de rigidesa. En relació als tipus de biguetes autoresistents, l'única prevenció addicional que requerien certs models, consistia en la necessitat del seu apuntalament durant la fase prèvia a l'adormiment del formigó vessat in situ, la qual cosa allargava el termini d'execució de l'obra. Les característiques resistents dels materials que formaven les biguetes - formigó i acer - són les mateixes que les de les biguetes resistents. Pel que fa a la disposició de les armadures, no sempre es col·locava armadura superior dins les semibiguetes, ja que en tenir menys alçada que el cantell del sostre, aquesta zona es troba menys tensionada. Pel formigó vessat in situ s'especificava normalment la resistència de 180 kg/cm^2 , tot i que hi havia models que el prevenien de 250 kg/cm^2 .

La forma geomètrica de les biguetes corresponia a la de T invertida, a fi de facilitar el recolzament de les peces d'entrebigat. Alguns tipus adoptaven forma cònca en els superfícies laterals per tal d'aconseguir, probablement, una major travada amb el formigó d'aportació. Hi havia models que reservaven aquesta forma pels tipus de més capacitat resistent. De tota manera els recursos que s'utilitzaven habitualment per adequar el sostre al requeriment resistent consistien a jugar amb l'armat de les biguetes i del formigó vessat en obra, variar la separació entre biguetes, variar el cantell del sostre o, en alguns casos, doblar les biguetes a cada nervi. Per a l'absorció dels esforços rasants a la superfície de contacte del formigó prefabricat amb el formigó vessat in situ, no es prenen, en general, prevencions especials.



GRÁFIC 44.- Tipus de semibiguetes de formigó precomprimit. (Font: Arxiu Estudi F. Bassó, arqte.)

I.B. / 2. COMPORAMENT

Murs de fàbrica de maó.

I.B. / 2.1. Els trets més característics en relació al comportament real experimentat pels murs ceràmics han estat els següents:

- a) Les fissures provocades per una excessiva compressió de la fàbrica o pel seu guerxament no s'han presentat amb gaire freqüència. Tanmateix, tampoc s'han presentat casos de col.lapse originats per aquestes sol.licitacions.
- b) Les fissures provocades per esforços tallants en les unions dels murs de càrrega amb els elements verticals transversals i en seccions coincidents amb canvis de sol.licitació vertical o d'inèrcia dels murs, són molt més freqüents que les anteriors, especialment en els edificis que s'apropen a les 6 plantes d'alçària.
- c) Són també força nombroses les fissures a la planta o plantes més elevades dels edificis marcant els junts entre murs exteriors i murs transversals interiors, sorgides com a conseqüència dels desploms dels murs exteriors originats per les empentes de les cobertes, per petits moviments d'assentament diferencial de les fonamentacions o pel moviment expansiu global de la zona superior externa experimentat pels edificis sota els efectes tèrmics.

I.B. / 2.2. Del conjunt de les dades anteriors se'n pot deduir que el nivell de seguretat dels edificis s'ha vist disminuït, en molts casos, per la reducció de les condicions inicials de travada dels murs. Aquesta constatació verifica les insuficiències de les solucions adoptades en els edificis de més de dues o tres plantes, a la vegada que confirma el model de comportament previsible en base a l'escassa adequació de les dites solucions als requeriments especificats en les diverses normes i recomanacions vigents a d'altres països durant l'època.

Murs de fàbrica de blocs de formigó.

I.B. / 2.3. Els murs a base de blocs de formigó s'han fissurat més que els murs de fàbrica de maó ceràmic. Aquesta diferència ha estat deguda a la seva major rigidesa i a la manca de tradició en el seu ús, la qual cosa provocà que se'ls apliquessin mimèticament les tècniques d'execució dels murs de maó ceràmic, sense tenir en compte les seves característiques específiques de deformabilitat, retracció hidràulica irreversible de les peces i moviments termohigromètrics en general. De tota manera, d'aquesta major facilitat de fissuració no s'en desprèn una reducció equivalent del seu nivell de seguretat quan es compara la seva incidència sobre els edificis resolts amb un o altre sistema estructural, ja que les condicions de travada dels edificis de més de 5 o 6 plantes, a base de murs de fàbrica de blocs de formigó, acostumen a ser superiors a les dels edificis amb murs de càrrega ceràmics d'alçària igual o inferior a l'esmentada.

Estructures metàl·liques.

I.B. / 2.4. Els edificis resolts amb estructura metàl·lica presenten moltes més fissures que els resolts amb estructures a base d'elements de formigó armat. Aquest fet és constatable en major grau a les últimes plantes dels edificis d'alçària superior a les 8 o 9 plantes. La gran diferència de deformabilitat tèrmica entre l'acer i els materials que formen els tancaments, i el major valor absolut de les deformacions elàstiques permeses normalment a les estructures metàl·liques són, probablement, la causa de moltes de les fissures observades en els tancaments i en els junts entre l'acer i els materials que hi estan en contacte. Els efectes de l'oxidació del metall són visibles, sobretot, als llocs de l'estructura on ha mancat el suficient manteniment, la qual cosa es presenta preferentment en les zones d'accés més difícils (perfils vistos en façana, trams de pilars situats a les cambres sanitàries, etc.).

Estructures porticades de formigó armat.

- I.B. / 2.5. Les estructures a base de pilars de formigó armat i jàsseres de cantell o sostres plans del mateix material no presenten, en la seva gran majoria, símptomes visibles que indiquin deficiències de dimensionament o alteracions imprevistes en el comportament mecànic dels materials. Aquest fet no és indicatiu del nivell de seguretat dels elements sol·licitats a compressió però, fins a cert punt, ho pot ser pels elements a flexió armats amb quanties mitjanes i altes, en indicar que gaudeixen d'una certa reserva de resistència enfront de les sol·licitacions de gir.
- I.B. / 2.6. Els sostres plans reticulars de formigó armat presenten deformacions remanents molt més importants que la resta de tipus de sostres, la qual cosa comporta que els envans que hi recolzen es fissurin molt més fàcilment en ésser sol·licitats a uns esforços de flexió o flexo-compressió superiors.
- I.B. / 2.7. En els formigons armats vistos realitzats durant els anys seixanta, es poden observar, amb més freqüència que en els d'anys posteriors, símptomes d'oxidació de les armadures. L'insuficient recobriment de l'acer i les dosificacions inadequades del formigó acostumen a ser les causes més directes d'aquest fenomen que incideix de forma notable sobre la seva durabilitat.

Estructures amb jàsseres mixtes.

- I.B. / 2.8. Les úniques dades existents en relació al comportament de les jàsseres mixtes, fan referència a l'oxidació dels perfils metàl·lics. Aquesta anomalia es fa palesa en els casos en què el perfil metàl·lic no està embegut en el sostre per les taques que s'observen en el material de recobriment que, sovint, és el mateix guix del revestiment del sostre.

Murs de formigó armat.

- I.B. / 2.9. La informació disponible sobre el comportament mecànic dels murs de formigó armat no és suficientment àmplia com per extraure'n consideracions generalitzables que puguin afegir-se a les exposades en tractar de les estructures porticades del mateix material. Tot i amb això, per algunes observacions realitzades, es pot deduir que els efectes de l'oxidació de les armadures per manca de recobriment suficient han estat un problema que s'ha presentat amb més freqüència que en les esmentades estructures.

Estructures en encofrat-túnel i gran encofrat.

- I.B. / 2.10. En les estructures de formigó armat a base d'encofrats-túnel hi són freqüents les fissures de retracció a les seccions de dimensió mínima coincidents amb llocs on es presenten buits en els murs. Hi són freqüents, també, els efectes de les deformacions dels sostres en els tancaments verticals, sobretot quan la distància entre els murs de càrrega supera els 5 m. El cantell de la llosa es demostra, en aquests casos, excessivament escàs.

Estructures a base de grans plafons prefabricats.

- I.B. / 2.11. Les estructures a base de grans plafons prefabricats han estat objecte d'un defecte de comportament ben conegut: la formació de fissures en els junts entre les peces o en els junts entre el formigó vessat a l'obra i el formigó dels elements prefabricats. De la presència d'aquestes fissures no se'n poden deduir, però, conseqüències sobre el nivell de seguretat de les dites estructures, en ésser els moviments tèrmics i higromètrics els que normalment les originen. Solament es té notícia d'un

cas en què s'hagin plantejat dubtes sobre el seu nivell de seguretat: el del grup Espronceda de Sabadell, on fou utilitzat el sistema FIORIO de plafons autoportants. Segons un informe emès per X. Valls, arqte., el dubte es fonamenta en les constatacions següents:

- Existència d'interrupcions en els nervis de formigó de 2 o 3 cm d'amplada disposats entre els cassetons ceràmics.
- Capa exterior massa prima realitzada amb material inadequat, en utilitzar morter de calç enlloc del formigó recomanat per la concessionària del sistema.
- Escassa qualitat del formigó dels junts.
- Existència de peces ceràmiques trencades.
- Presència d'armadures corroïdes pel contacte directe amb el guix dels panys interiors.

Estructures a base d'elements lineals prefabricats.

I.B. / 2.12. Els procediments a base d'elements estructurals lineals prefabricats han presentat una problemàtica desproporcionada en relació al seu nivell d'utilització. En els edificis resolts amb sistema STRUCTURAPID s'han constatat, en més d'un cas, els efectes de l'excessiva deformació de les jàsseres originada per la manca de suficient rigidesa en el gir dels nusos. En els edificis resolts amb el mètode GINER, molt menys utilitzat que l'anterior, s'han presentat casos de col.lapse estructural.

Sostres.

I.B. / 2.13. Pel que fa als sostres, tal com succeeix amb la resta d'elements estructurals, el coneixement previ de certs paràmetres mesurables i l'avaluació analítica dels

dels seus efectes, seria el complement necessari de les dades que es poden extraure de la observació visual o de les notícies verbals en relació amb aquests elements, a fi de completar l'anàlisi del seu comportament. El fet que es puguin presentar situacions tensionals de col.lapse sense una fase de pre-avís relativitza, sens dubte, la significació d'aquestes últimes dades. Tot i amb això, en els punts següents s'exposen, pel seu interès intrínsec, algunes observacions relatives als sostres dels diversos tipus utilitzats.

- I.B. / 2.14. L'excessiva inseguretat dels sostres a base de volta formada per un sol gruix de maó de pla, fou la causa que provocà l'abandonament de la solució. Les voltes de maó doblat presenten, amb certa freqüència, graus de fissuració o estats generals de degradació indicadors de notables reduccions de seguretat en relació al seu estat inicial.
- I.B. / 2.15. Els sostres ceràmics no han estat objecte, en general, de deformacions de fletxa suficientment importants com per a fissurar els tancaments, tot i que la compressibilitat dels junts de morter, entre les peces que formen els elements flexionats, acostuma a originar, en llums més llargues que les usuals en edificis d'habitatges, deformacions incompatibles amb la rigidesa dels envans. Cal esmentar, però, que, si bé de forma no habitual, també s'han presentat casos en què els sostres de menys de 5 m de llum han estat objecte d'importants deformacions. Aquests casos acostumen a coincidir amb sostres realitzats als primers anys cinquanta, a base d'elements lineals formats amb peces ceràmiques que actuen com a encofrat perdut del formigó, i d'una solera formada, simplement, amb una capa d'encadellat o maó foradat.
- I.B. / 2.16. La manca de recobriment de les armadures traccionades detectada en les biguetes prefabricades de formigó armat és un factor que incideix negativament en la seva capacitat resistent, en facilitar la seva oxidació. Aquest fet és especialment greu en

els forjats que cobreixen cambres sanitàries, ja que les biguetes resten immerses en ambients d'elevada humitat relativa sense estar revestides superficialment. Pel que fa a les biguetes i semibiguetes de formigó precomprimit, el perill d'oxidació és potencialment més elevat, en presentar-se simultàniament les següents condicions:

- a) Major superfície específica exterior dels cables i fils pretesats en relació a les armadures normalment utilitzades en formigó armat.
- b) Major deformabilitat en servei i, en conseqüència, major possibilitat de fissuració del formigó traccionat. Fissuració que es pot incrementar pels efectes de l'excés de deformació originat per l'estricció de les armadures tesades.

La utilització de ciments aluminosos incideix també negativament, segons algunes fonts, sobre la durabilitat de les biguetes i, en general, de tots els elements de formigó armat que en continguin, ja que la seva presència, a més d'accelerar el procés d'oxidació de les armadures, provoca el desenvolupament de noves formes de cristallització del formigó que condueixen a reduccions de la seva resistència inicial.

I.B. / 2.17.

La manca de suficient rigidesa en el sentit transversal al del nervis principals és un fet força freqüent en molts sostres realitzats durant l'època, de forma preferent en els que no disposen de capa de compressió armada o, a un nivell més primari, sense armar. Les conseqüències d'aquesta mancança són de dos ordres:

- a) Major propensió a la formació de fissures en els sostres marcant els junts entre elements de diferent deformabilitat elàstica o tèrmica.
- b) Reducció de la capacitat del sostre per a absorbir els esforços horitzontals i, per tant, de la seguretat global de l'edifici en el cas que els altres elements de trava no siguin suficients per a travar-lo; situació que es presenta molt freqüentment en els edificis a base d'estructura de

fàbrica de maó ceràmic o bloc de formigó.

I.B. / 2.18. És usual que la inexistència de congrenys acompanyi la manca de xapa de compressió en les estructures de murs de càrrega quan el sostre és a base de biguetes autoportants armades o precomprimides. En aquests casos, les conseqüències sobre el comportament estructural dels edificis són d'ordre molt divers: augment de l'esbeltesa dels elements comprimits, major possibilitat de desploms en els elements verticals, menor capacitat de repartiment uniforme de les tensions originades per les accions verticals a les seccions dels murs, etc. Aquest conjunt d'efectes, en existir la possibilitat que es presentin simultàniament, poden generar situacions de reducció paulatina de seguretat estructural, sobretot quan els edificis, per la seva situació exempta, no tenen possibilitat de trobar nous punts de recolzament o de contacte.

I.B. / 2.19. El despeniment d'elements no resistents d'entrebigat ha estat un fenomen que, si bé no s'ha presentat amb molta freqüència fins al moment, apunta una manifestació progressiva. Les causes que el poden originar són molt diverses: Desplaçaments de les peces provocats pels moviments horitzontals expansius dels sostres; ruptura de les peces sotmeses a sobreesforços generats per la diferent deformació de fletxa de les biguetes on recolzen o per la deformació de fletxa experimentada pels sostres en el sentit transversal als nervis resistents; ruptura de les peces a causa de l'escassa superfície de recolzament de les pestanyes; etc. Les precàries condicions d'execució de la major part dels sostres fets durant l'època, sense capa de compressió armada i sovint sense encadenat, facilita la presència de les causes apuntades. Si, a més, el tipus edificatori és a base de murs de càrrega i aquests murs no estan suficientment travats, la possibilitat que es presenti el succés encara és més elevada.