

El uso del hormigón armado en los sistemas estructurales de los edificios residenciales modernos del Área Metropolitana de Barcelona

César Díaz
Còssima Cornadó
Sara Vima

El hormigón armado fue, sin duda, el material de construcción de aplicación más extendida entre los nuevos materiales aparecidos en el siglo XX. Desde su incipiente uso a principios de dicho siglo, ligado a la comercialización de las patentes Hennebique, Monier y algunas otras, su utilización siguió un trayectoria siempre ascendente, sustituyendo progresivamente la aplicación de otros materiales u otras técnicas ya fueran tradicionales o de reciente aparición. Se tratará en estas páginas de una de sus aplicaciones en dónde con mayor nitidez se puede descubrir un importante punto de inflexión en su proceso de progresiva implantación. Nos referimos a los edificios de uso residencial, y entre ellos a los construidos a partir de mediados del siglo XX, periodo en que se inició en España el fuerte flujo inmigratorio interno campo-ciudad que concentró una ingente cantidad de población en unas cuantas ciudades y sus entornos, Barcelona entre ellas, multiplicando las necesidades de nuevas viviendas. Esta situación coincidió además con los años del boom turístico y la subsiguiente construcción acelerada de hoteles y edificios de apartamentos. Y coincidió también con el acceso masivo de un importante sector de población a las condiciones económicas que les permitió la adquisición de una nueva primera o segunda residencia.

Con anterioridad al siglo XX las casas y los edificios de viviendas en general, se construían casi exclusivamente con muros de tierra, piedra o ladrillo, utilizando como aglomerante el mortero de cal. Sus forjados eran a base de vigas y viguetas de madera o hierro con entrevigados de bovedillas de piezas cerámicas, mortero o entablonado de madera. Pero estas técnicas, en mayor o menor grado, se abandonaron a lo largo del siglo XX hasta su práctica desaparición, con la única y parcial excepción de los muros de fábrica de ladrillo. Por otra parte, las estructuras porticadas metálicas, la nueva técnica que tuvo su inicial aplicación en España en edificios residenciales a

mediados del siglo XIX, nunca llegó a tener un nivel de aplicación apreciable, ni en España ni en Europa, en edificios de uso residencial.

Se constata, por tanto, que la implantación del hormigón armado a lo largo del pasado siglo fue progresiva, produciéndose un importante punto de inflexión en su uso a partir de los años posteriores a mitad de siglo. Constituyen ejemplos pioneros de la aplicación del hormigón armado durante este periodo los edificios de la plaza cívica del barrio de Montbau en Barcelona construidos en 1959, uno de ellos aplicando una solución piloto de grandes paneles prefabricados (fig. 1, fotos inferiores), y la construcción hacia 1957 del edificio de 14 plantas con muros portantes de hormigón armado encofrado in situ en la manzana Escorial del barrio de Gracia, el más alto construido hasta en entonces en dicha Ciudad. (fig. 1, foto superior derecha). En los años anteriores a la construcción de estos edificios, su uso no llegó a alcanzar unos niveles de intensidad y sistematicidad importantes.

EL USO DEL HORMIGÓN ARMADO EN LAS ESTRUCTURAS PORTICADAS Y EN LOS FORJADOS PLANOS

La primera tipología estructural en hormigón armado que se asocia a los edificios residenciales modernos es la formada con pórticos de pilares y jácenas de canto. Los pilares se apoyaban generalmente en zapatas aisladas dimensionadas en función de la carga transmitida a través de los forjados y de la tensión admisible del terreno. Cuando dicha tensión era muy baja, la cimentación pasaba a ser una losa continua rígida o un sistema de pilotes con sus correspondientes encepados. En una primera época, las jácenas de canto daban apoyo directamente a las viguetas, si bien fue mucho más habitual formar nudos semirrígidos hormigonando conjuntamente las jácenas y el forjado una vez dispuestas las viguetas de hormigón o los elementos resistentes de los forjados cerámicos.



Fig. 1.
Ejemplos de aplicaciones en edificios residenciales de estructuras de hormigón armado en los años 50 del s. XX. Imagen superior derecha (Díaz y Ravellat 1989), imágenes restantes autoría propia.

De todas formas, esta tipología estructural con jácenas de canto, aplicada desde los inicios de los años 60 en algunos de los grandes conjuntos residenciales de la época, obligaba a conjugar la distribución de las viviendas con la localización de los cantos de las vigas. Esta circunstancia, junto al ahorro que significaba la eliminación de los encofrados verticales para conformar los cantos impulsó la progresiva adopción, de otros tipos estructurales que incorporaban forjados totalmente planos, sin vigas de canto. Entre dichos tipos cabe distinguir dos modelos diferentes: uno de ellos, a base de jácenas planas de hormigón armado de canto coincidente con el del forjado, asociado a forjados cerámicos o a semiviguetas de hormigón armado o pretensado, y el otro a base de forjados planos de hormigón armado, generalmente con nervios en dos direcciones ortogonales y casetones huecos de mortero o cerámica denominado “forjado reticular”, el cual, asociado a pilares de hormigón armado, ha sido la tipología estructural más intensamente aplicada en los edificios residenciales con más de 5 o 6 plantas de altura a lo largo de la segunda mitad del siglo XX y principios del actual (fig. 2).

De hecho, ya a principios de los años 70 las estructuras de hormigón armado a base de pilares de hormigón y forjados reticulares o con jácenas planas eran ya las más utilizadas en edificios residenciales, no sólo por las razones anteriormente expuestas sino también porque la opción de la tradicional solución estructural del muro de carga de fábrica de ladrillo resultaba de resolución más compleja dadas las exigencias tensionales y de concepción global impuestas por las sucesivas normativas

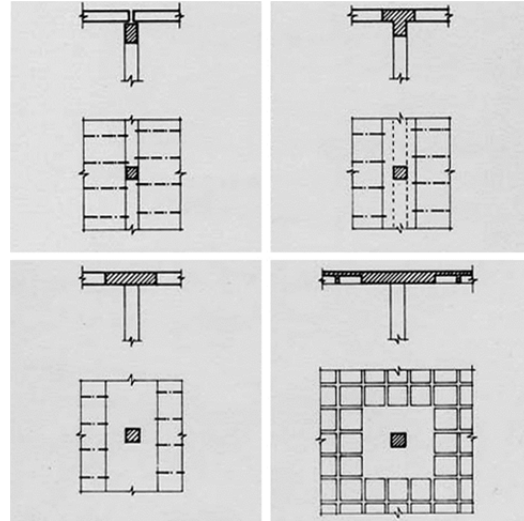


Fig. 2
Tipología de los forjados a base de hormigón armado en la segunda mitad del s. XX (Díaz 1986)

referentes a dicha técnica, concretamente la MV-201 vigente desde 1972 y la NBE-FL-90 vigente desde 1990. Esta circunstancia no tuvo paralelismo en las estructuras de hormigón armado, cuyo marco normativo, trazado por las sucesivas Instrucciones aparecidas a partir del año 1972 no obstaculizaron su aplicación creciente, a pesar de las sucesivas innovaciones y exigencias que progresivamente fueron incorporando.

Si bien, como se ha expuesto, tanto las estructuras con forjados reticulares como las de jácena plana fueron las técnicas dominantes a partir de los años 70, se constata una evolución diferente entre ambas, puesto que las jácenas planas tuvieron una aplicación decreciente, imponiéndose progresivamente el uso de los forjados reticulares, debido a la existencia de una mano de obra abundantísima especializada en su puesta en obra y a la existencia y consolidación de un sector comercial, suministrador de los casetones, altamente competitivo. En cambio, la jácena plana, asociada necesariamente a forjados de viguetas o cerámicos, redujo progresivamente su presencia en las obras, si bien mantuvo un cierto ámbito de aplicación en las de reducido volumen.

EL USO DEL HORMIGÓN ARMADO EN LOS SISTEMAS CERRADOS A BASE DE GRANDES PANELES PREFABRICADOS

Los sistemas a base de grandes paneles prefabricados de hormigón armado conformados a pie de obra fueron los más utilizados para la construcción de los grandes conjuntos de vivienda masiva en los países

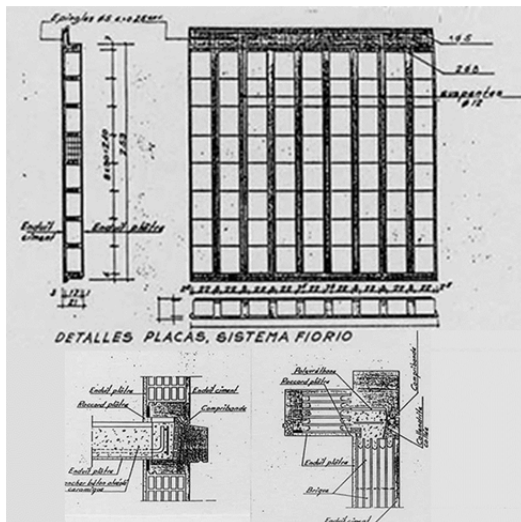


Fig. 3
 Detalles de los paneles nervados, de sus uniones y de la pieza cerámica básica características del Sistema FIORIO (Díaz 1986). Fuente original: informe técnico sobre el grupo Espronceda de Sabadell (Barcelona) de X. Valls, arqto.

Europeos desde los años posteriores a la segunda guerra mundial hasta el advenimiento de la crisis de la energía a mediados de los años 70, con mayor intensidad en los países socialistas de economía centralizada. De todas formas, su impacto en el sector de la construcción española en los años del boom edificatorio iniciado a finales de los años 50 fue menor del que en principio cabría esperar, debido fundamentalmente a los bajos costos de la mano de obra que compensaban las economías conseguidas con los aumentos de productividad derivados de la industrialización de los procesos. Concretamente, de las aproximadamente 750.000 viviendas de primera residencia construidas en el Área Metropolitana de Barcelona durante el periodo 1950-1975, sólo unas 15.000 se construyeron con dichos sistemas. De hecho, en realidad, sólo fueron aplicados en un reducido número de grandes conjuntos de viviendas, utilizando dicha denominación para las agrupaciones de tamaño superior a los 600 alojamientos.

El primer grupo de viviendas en donde se utilizó un sistema de grandes paneles de forma sistemática fue en el polígono Espronceda de Sabadell, construido durante los años 1962 a 1964. En dicho polígono, las 1060 viviendas que se programaron fueron distribuidas en bloques de 10 y 5 plantas, utilizando el denominado sistema FIORIO, de patente italiana, en el cual un solo modelo de pieza cerámica servía a la vez de encofrado de los nervios resistentes y de aligerante de los paneles nervados conformados en moldes horizontales y enlazados in situ a través de uniones de



Fig. 4
 Edificios en bloque y torre del barrio de Bellvitge. Imagen superior (Ayuntamiento de Barcelona 2011), imagen inferior autoría propia.

simplificada resolución, objeto de problemas de oxidación de sus armaduras al cabo de pocos años de su ejecución. (fig. 3).

El conjunto de mayor tamaño construido en el Área Metropolitana de Barcelona utilizando un sistema de grandes paneles de hormigón armado fue el polígono Bellvitge en L'Hospitalet de Llobregat, iniciado el en 1965 coincidiendo con la apertura de la factoría SEAT en la Zona Franca de Barcelona. El polígono se proyectó inicialmente para 12.000 viviendas, con la idea de que fuera de los mayores de Europa del momento, si bien dicho planteamiento no llegó a alcanzar sus fines debido a la importante oposición vecinal que generó las carencias de dotaciones de servicios públicos y de urbanización que acompañó las primeras fases de su construcción. A pesar de ello, llegó a ser uno de los conjuntos residenciales de mayor tamaño de España. Unas 10.000 viviendas fueron construidas a lo largo de unos 12 años, distribuidas en bloques lineales de 13 plantas de altura con accesos verticales en cada uno de los módulos de dos viviendas por planta, y torres de

18 plantas con 4 viviendas en cada planta (fig. 4). Los sistemas utilizados fueron el ESTIOT en los bloques lineales de 13 plantas y el LARSEN & NIELSEN para las torres de 18 plantas. En algunos edificios dichos sistemas se combinaron con el sistema de grandes encofrados PROCO y con forjados de tipo cerámico. El sistema ESTIOT era de los llamados de "primera generación", con juntas anchas que constituían prácticamente una subestructura propia (un 4% del total de hormigón del edificio) (fig. 5), mientras el LARSEN & NIELSEN, más

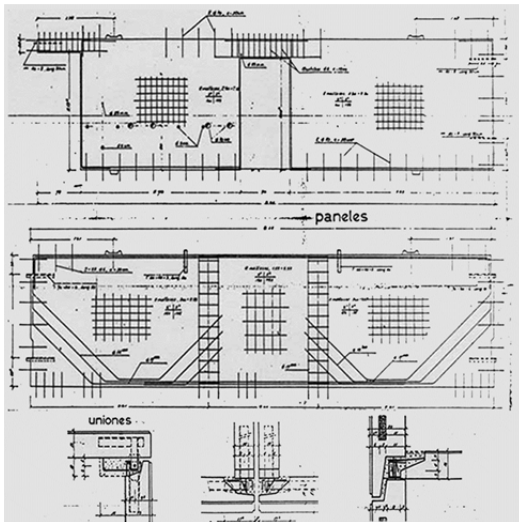


Fig. 5
Planos de armado de paneles y detalles de uniones del Sistema ESTIOT utilizado en el polígono de Bellvitge (L'Hospitalet de Llobregat, Barcelona) (Díaz 1986). Fuente original: Plano del Proyecto del Grupo Bellvitge, J. Salichs arqto.

evolucionado, con juntas más delgadas, se dispuso sólo en las fachadas de las 2 torres de 18 plantas realizadas en la fase final de la construcción del barrio (fig. 6). Las piezas se fabricaban en la factoría montada ex-profeso dentro del recinto de la obra, se hormigonaban y vibraban en moldes horizontales, se transportaban a pie de bloque en camiones especiales y se elevaban con grúas-torre de 120 mT (metros-tonelada) desplazables sobre raíles paralelos a los bloques lineales, consiguiéndose ritmos de producción de 3-4 viviendas/día.

La actual Ciutat Badía, con sus 5.372 viviendas, fue la promoción de vivienda pública de mayor tamaño realizada en Catalunya utilizando mayoritariamente un sistema cerrado de grandes paneles de hormigón armado. Los edificios se iniciaron en 1971 y el conjunto se concibió como una gran unidad residencial autónoma entre las poblaciones de Sabadell, Cerdanyola y Barberà del Vallès. Del total de viviendas citado, 4.829 fueron construidas aplicando el sistema de origen francés denominado

TRACOPA, similar en sus características fundamentales al sistema ESTIOT utilizado en Bellvitge, si bien más evolucionado en aspectos de puesta obra (fig. 7). La utilización de dicho sistema, ya experimentado y aplicado en otros conjuntos por el equipo técnico redactor del proyecto, permitió que en sólo dos meses y medio se formalizara dicho documento, y permitió además cumplir prácticamente con el plazo para la terminación de las obras, previsto en principio en 18 meses. Los paneles del sistema TRACOPA conformaban la totalidad de

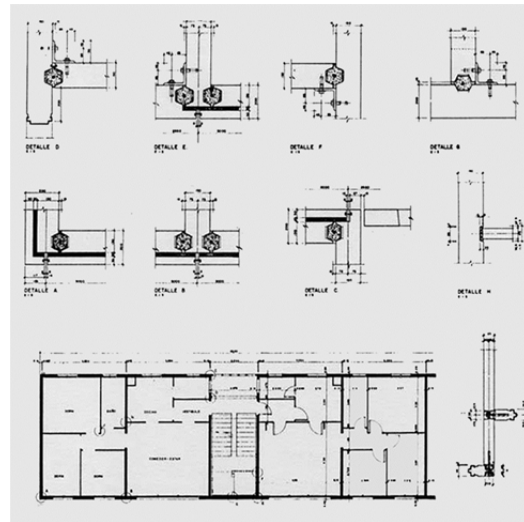


Fig. 6
Detalles de uniones del sistema Larsen & Nilsen utilizado en el Grupo Font Santa de Cornellà del Llobregat (Barcelona) (Díaz 1986). Fuente original: Gabinete técnico del Sindicato Nacional de la Construcción 1976.

los muros de carga, forjados y fachadas de los edificios, enlazándose a través de un sistema de juntas gruesas hormigonadas in situ, que prevenían la transmisión a través de los propios paneles de la totalidad de los esfuerzos debidos a las cargas gravitatorias y a las acciones del viento hasta la cimentación. Los espesores de dichos elementos variaban según su función, sus dimensiones globales y las solicitaciones mecánicas previstas. Como valores indicativos cabe citar los siguientes: 15 cm. para los muros resistentes interiores, de 16 a 18 cm. para las losas de los forjados, y de 20 a 23 cm. para las fachadas, las cuales incluían en su interior un grosor de 3 cm. de poliestireno expandido para incrementar su aislamiento térmico.

Los paneles del sistema se disponían en dos tipos diferentes de módulo edificatorio, uno en forma de estrella de tres brazos, 6 viviendas en cada planta y 5 plantas de altura, con un acceso central dotado de una escalera de caracol muy singular, y el otro, en forma de bloque lineal de 4 viviendas en cada planta y altura variable de 9 a 11 plantas provistas de ascensor (fig. 8).

El aspecto más remarcable que cabe señalar referente al comportamiento en uso del sistema de prefabricación utilizado no se refiere tanto a sus características mecánico-estructurales – que con el tiempo han demostrado su correcta concepción y dimensionado – sino a las insuficiencias de origen higrotérmico de los paneles de fachada, con la presencia de puentes térmicos en los bordes de las piezas que propiciaron numerosos daños derivados de la formación de condensaciones capilares en las

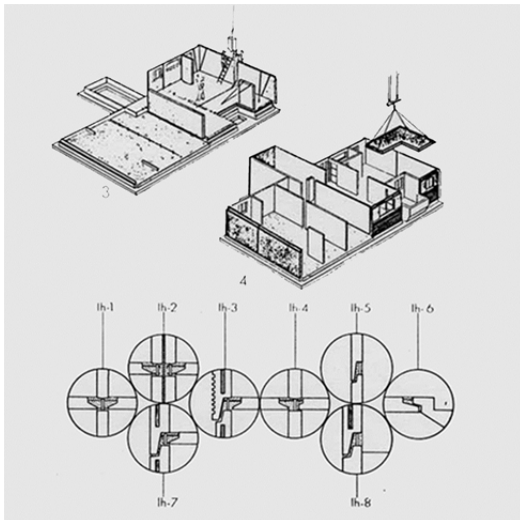


Fig. 7
Proceso de montaje y detalles de uniones del sistema TRACOBA utilizado en Ciutat Badia(Barcelona) (Diaz 1986). Fuente original (Del Águila 1973).

proximidades de los paramentos interiores de los paneles.

La otra promoción importante concebida en el Área Metropolitana de Barcelona con la aplicación de un sistema de grandes paneles de hormigón armado fue el grupo de 577 viviendas denominado Vall-Roig, en Cerdanyola del Vallès, iniciado el año 1974, coincidiendo prácticamente con del inicio de la crisis de la energía que puso fin al modelo desarrollista iniciado a finales de los años 50. Crisis que se presentó de forma absolutamente imprevista y que acabó con las grandes promociones que permitían las economías de escala necesarias para la amortización de los sistemas a base de grandes elementos prefabricados. Concretamente, el marco de producción del sistema aplicado en Vall-Roig se distinguía de los anteriores al ser ésta la primera promoción en que los paneles procedían de una factoría fija, localizada concretamente en Els Monjos, preparada para suministrar paneles a precios competitivos en un radio que abarcaba todas las poblaciones del Área Metropolitana de Barcelona. La patente inicialmente adoptada fue la danesa JESPERSEN, si bien en el proceso de preparación y estudio para la adaptación del sistema se introdujeron muchas modificaciones hasta configurar un sistema propio, que se denominó MODULBETON. En las soluciones de detalle se percibe un nivel de resolución de las juntas y nudos mucho más elaborado que los anteriores con el fin de facilitar el posicionado manteniendo las franquicias de colocación, asegurar la estanqueidad y romper los puentes térmicos, aspecto este último llevado prácticamente al extremo tanto en las juntas como en la sección de los paneles exteriores, en



Fig. 8
Bloques lineales altos de 10 a 12 plantas y bloques en estrella de 5 plantas realizados con el Sistema TRACOBA en Ciutat Badia (Barcelona). Imágenes autoría propia.

donde se eliminaban totalmente los nervios de borde (fig. 9). El conjunto de Vall-roig fue la única promoción importante a cargo de la mencionada factoría, diseñada en principio para una capacidad de producción de unas 3.000 viviendas/año, lo cual no permitió la amortización de la inversión inicial, al coincidir de lleno con el periodo de recesión de la demanda iniciado el año 1973.

EL HORMIGÓN ARMADO EN LAS ESTRUCTURAS A BASE DE GRANDES ENCOFRADOS

El uso de grandes encofrados “in situ” fue, junto con los sistemas prefabricados a base de grandes paneles, otro de procedimientos usados para la construcción de grandes conjuntos habitacionales. Las aplicaciones más significativas tuvieron lugar durante la década 1970-1980, destacando entre ellas la llevada a cabo en el barrio de La Mina (1971-72) en Sant Adrià del Besós (Barcelona), un conjunto de 2.727 viviendas de promoción pública, de las cuales 2.214 se construyeron usando grandes encofrados-túnel de las patentes HUNNEBECK y BLAW-KNOX (fig. 10). Los edificios se proyectaron en forma de bloques lineales de 5, 8 y 10 plantas de altura y longitudes que oscilan entre los 105 y los 200 metros. La disposición lineal de los módulos facilitaba el desplazamiento sobre raíles de las grandes grúas elevadoras de los encofrados. Este conjunto fue la primera gran experiencia en Catalunya de la aplicación de dicha técnica, consiguiéndose ritmos de ejecución de hasta 10 viviendas/semana.

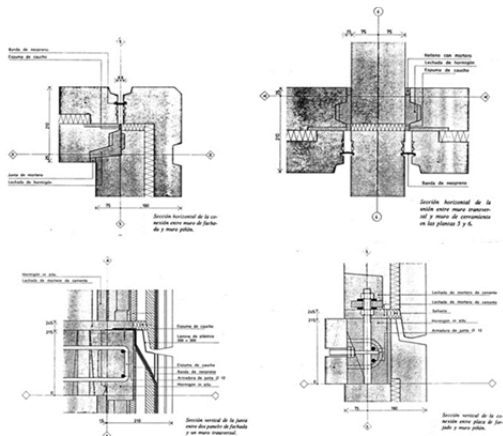


Fig. 9
 Detalles del sistema denominado MODULBETON previsto para su aplicación al conjunto Vallroig (Cerdanyola del Vallès, Barcelona) (Nissen 1976).

Las razones que justificaban la elección de dicha técnica frente a las técnicas de prefabricación de grandes paneles eran sin duda la versatilidad que permitía a las operaciones de puesta en obra del hormigón frente a las exigencias de los costos de la factoría fija a pie de obra o de transporte de los sistemas a base de grandes paneles. En este sentido, se calculaba que con la construcción de aproximadamente 500 viviendas los costos de amortización de los encofrados quedaban cubiertos, pudiéndose usar en posteriores promociones. Por otra parte, con dicha técnica se conseguían economías complementarias más difíciles de conseguir con otras técnicas, tales como la doble función estructural y de cerramiento de un porcentaje importante de divisiones interiores, la previsión del paso de instalaciones por techos y paredes de los propios encofrados y la práctica eliminación de los enyesados.

Al conjunto de La Mina siguió la construcción del barrio Canyelles en Barcelona (1973-74), en el que 1800 viviendas de un total de 2.400 viviendas fueron construidas con la mencionada técnica de los encofrados túnel, si bien incorporando en algunas de ellas la variante en semi-túnel de las patentes OUTINORD y SECTRA, con enlace articulado en el centro de la mesa horizontal del encofrado, lo cual aligera el peso de las piezas, facilitando con ello su elevación, posicionado y extracción posterior (fig. 11). La mayor parte de los edificios adoptan en este barrio la forma de torres exentas con acceso vertical puntual y altura variable comprendida entre las 7 y las 14 plantas. Las perceptibles variaciones de volumetría de dichos edificios se consiguen jugando con la posibilidad de variar la longitud de los túneles

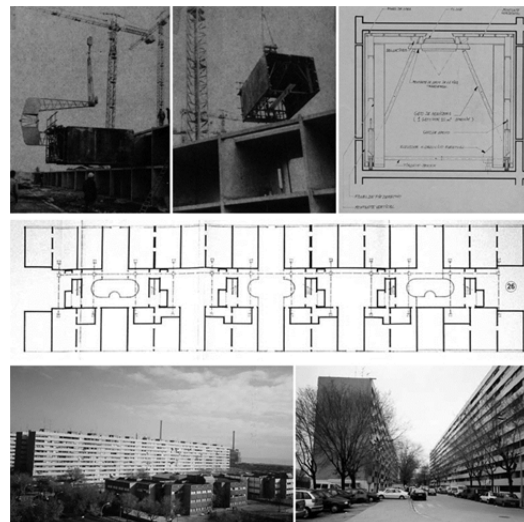


Fig. 10
 Aplicación del sistema de encofrados túnel Hunnebeck utilizado en los edificios del barrio de La Mina (S. Adrià del Besòs, Barcelona). Dos fotos superiores, extraídas de DVD realizado por el Patronato Municipal de la Vivienda de Barcelona. Gráfico superior derecha (Díaz 1986), fuente original: trabajo escolar realizado por J. Costa, F. Daumal, R. Fernández. Gráfico intermedio: plano de archivo del Patronat Municipal de l'Habitatge de Barcelona (PMHB). Fotos inferiores autoría propia.

tanto en altura como en cada una de las plantas tipo. En contraste con estos edificios, junto a ellos se construyó también con la técnica del encofrado túnel, un edificio de 488 viviendas, constituido por 16 módulos yuxtapuestos, siguiendo un esquema de agregación lineal prácticamente idéntico al utilizado en el barrio de La Mina. El edificio alcanza una longitud total de 276 metros la cual, sin llegar a los 400 metros del bloque lineal ubicado en Vandoeuvre (Nancy), lo hace probablemente el bloque lineal de mayor longitud construido en España hasta nuestros días.

En el conjunto de 600 viviendas construido en Constantí (Tarragona) en estos mismos años (1973-74), coincidiendo con la instalación en la población de una nueva refinería petrolera, se aplicó igualmente la técnica del encofrado túnel, si bien la disposición de los edificios fue significativamente diferente a los anteriores puesto que se agruparon conformando 5 manzanas cerradas con edificios de 4 y 5 plantas a base de módulos de dos viviendas por planta y acceso vertical (fig. 11). Los encofrados en semi-túnel utilizados, de las patentes OUTINORD y SECTRA, eran similares a los utilizados en algunos edificios del grupo Canyelles.

Las aplicaciones posteriores de la tecnología del encofrado túnel fueron escasas en número y de menor tamaño que las anteriores. Cabe destacar



Fig. 11
Uso de los sistemas con encofrado túnel en el polígono Canyelles (Barcelona) y en Constantí (Tarragona). Autoría propia.

entre ellas el conjunto de 170 viviendas construido en Canovelles hacia 1980, en donde la geometría lineal de los bloques supera la rigidez formal marcada por la yuxtaposición de los encofrados recurriendo hábilmente al juego volumétrico sugerido por los desniveles del terreno y a la singularización visual de los paneles situados junto a los accesos verticales (fig. 12). Ha sido, precisamente, esta técnica la que más ha perdurado entre las de grandes encofrados, aplicándose de forma diseminada en numerosos edificios, algunos de ellos con un marcado perfil de singularidad arquitectónica.

El uso de los grandes encofrados verticales para la conformación de los muros de carga sin formar parte de un sistema túnel tuvo escasa aplicación. De hecho, mención aparte del incipiente uso de dicha técnica en algunos edificios del barrio de Montbau y la calle Escorial de Barcelona citados anteriormente, sólo se aplicó de forma sistemática en las primeras fases del populoso grupo de viviendas Ciudad Meridiana, de esta misma Ciudad, iniciado hacia mediados de los años '60 y que en un periodo de unos 10 años alcanzó las 3.500 viviendas, hallándose aún en plena expansión (Fig. 13)

LAS ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO EN SUS APLICACIONES MÁS RECIENTES

Si bien en los edificios industriales se ha alcanzado elevados niveles de aplicación de sistemas industrializados, no ha sido mucha la innovación tecnológica aplicada en los edificios residenciales en estos últimos años. El ejemplo más patente de este hecho lo constituye sin duda

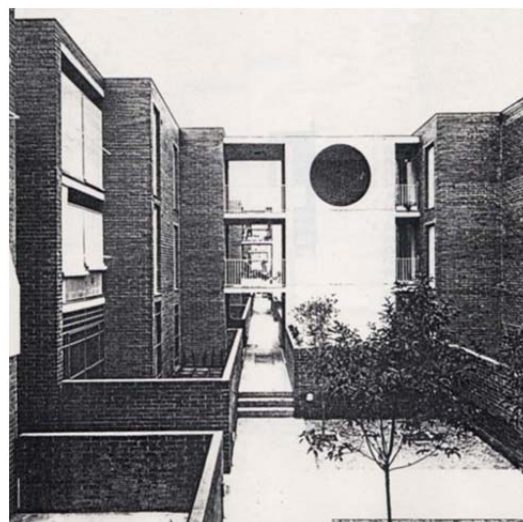


Fig. 12
Aplicación evolucionada del sistema de encofrado-túnel en Canovellas (Díaz Ravellat 1989).

tenido como precedente la introducción de la patente italiana STRUCTURAPID hacia los años 60 (fig. 14), la cual se aplicó como experiencia piloto en uno de los bloques del polígono Sant Ildefons de Cornellà de Llobregat y, entre otros, a algunos edificios de promoción pública tales como los del grupo Carlos Trías en el barrio de la Trinidad en Barcelona. De todas formas, la insuficiencia de rigidez de los nudos detectada en varias promociones y las escasas ventajas sobre los sistemas convencionales redujeron hasta su extinción el uso del sistema. Finalmente, por que se refiere a estos últimos años, no ha sido muy abundante la aplicación de sistemas estructurales con altos índices de industrialización que tendieran a potenciar el montaje de componentes in situ y a reducir la



Fig. 13 Edificios realizados con muros de carga de hormigón armado en el grupo Ciudad Meridiana de Barcelona. Imagen superior (Ayuntamiento de Barcelona 2011). Imagen inferior extraída del blog "A tour around the informal Barcelona".

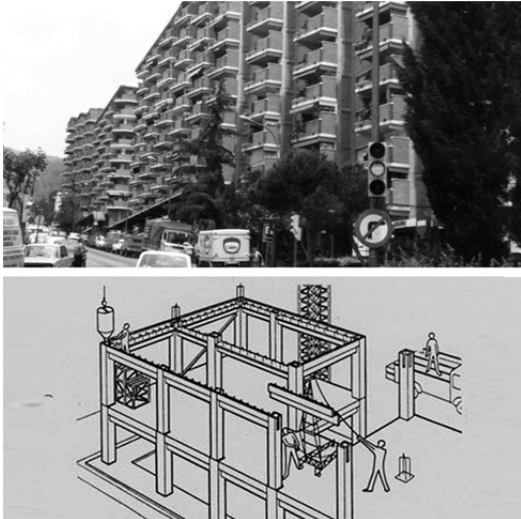


Fig 14.
Componentes de los sistemas **STRUCTURAPID** aplicado en los edificios del grupo Carlos Trías de Barcelona. Imagen superior autoría propia. Imagen inferior (Díaz 1986), fuente original **MANUAL STRUCTURAPID**.

conformación manual de las unidades de obra. A pesar del impulso que ha recibido esta concepción tecnológica por parte de las instituciones, tan solo unas escasas iniciativas empresariales, acompañadas del empeño de unos cuantos estudios profesionales han conseguido materializar el propósito con realizaciones de indudable interés. Cabe distinguir entre ellas la construcción de algunos edificios en bloque con el sistema **INDAGSA**, en los que se combinan paneles

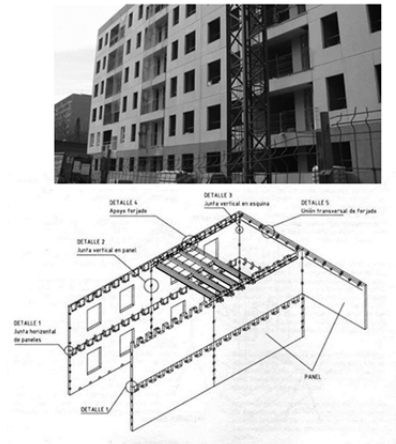


Fig 15.
Componentes del sistema **INDAGSA** aplicado en edificios del barrio del Besòs de Barcelona. Imagen superior autoría propia. Imagen inferior Documento de Idoneidad Técnica Sistema **CIDESA**.

prefabricados verticales para la conformación de los muros de carga y los cerramientos exteriores, con el uso de sistemas convencionales en los forjados (fig. 15). Y cabe distinguir igualmente las realizaciones a base de módulos prefabricados tridimensionales trasladados completamente equipados a la obra, con los que se consiguen elevados ritmos de producción y una alta variedad tipológica.

Bibliografía

- DEL AGUILA, A. Mayo de 1974. *La prefabricación aplicada a España*. Colección Cuadernos de Gabinete Técnico del Sindicato Nacional de la Construcción. Departamento de Industrialización. Madrid.
- AA.VV. 1973. *Evolución de la técnica del hormigón armado en los últimos veinticinco años*. Tetracero. Madrid.
- AA.VV. 1978. *Las empresas y la política franquista de industrialización*. Revista CAU núm. 48 de Marzo-Abril.
- AA.VV. 1991. *Jornades tècniques sobre el ciment aluminós i els seus prefabricats*. Libro de Ponencias. Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona.
- AYUNTAMIENTO DE BARCELONA, 2011. *Barcelona: Memoria desde el Cielo*. Ayuntamiento de Barcelona.
- BELLMUNT, R. 2000. *El uso estructural del hormigón armado en edificación*. Manual de diagnóstico e intervención en estructuras de hormigón armado. Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona.
- CRIVILLÉS, S. 1934. *Manual teòric-pràctic per a la determinació d'elements en ciment armat*. Ed. Industria Gràfica Alen, Domingo & Cia. Barcelona.
- DEL ÁGUILA, A. 1973. La industrialización de la edificación y sus influencias múltiples. *Hogar y arquitectura : revista bimestral de la obra sindical del hogar*, 105: 73.
- DIAZ, C. 1986. *Aproximació a l'evolució i al comportament derivat de les tècniques constructives utilitzades en els tipus edificatoris exempts destinats a habitatge econòmic a Catalunya (període 1954-1976)*. Tesis doctoral. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona.
- DIAZ, C.; RAVETLLAT, P.J. 1989. *Habitatge i tipus a l'arquitectura catalana : singularitat i juxtaposició del tipus en edificis en altura*. Col·legi d'Arquitectes de Catalunya.
- DIAZ, C. 2002. *Principales problemas de patología en las construcciones de hormigón armado*. Evaluación y rehabilitación estructural de edificios. Monografía CIMNE nº 65 pp. 17-30.
- DOMÍNGUEZ, S. 1966. *Prefabricación con grandes elementos. El polígono de Bellvitge*. Materiales, Maquinaria y Métodos para la Construcción núm. 34.
- FERNÁNDEZ, J.M. 1976. *Realizaciones de la Obra Sindical del Hogar*. Construcción industrializada. Gabinete Técnico del Sindicato Nacional de la Construcción. Madrid.
- MAJÓ, N. 1973. *Reflexiones sobre el caso de las piritas del Maresme*. Materiales de Construcción núm. 150 y núm. 151.
- MANINO, E. 1978. *Inventario de técnicas industrializadas*. Revista CAU núm. 48 de Marzo-Abril.
- NISSSEN, H. 1976. *Construcción Industrializada y diseño modular*. Editorial Blume, Barcelona.
- PARICIO, I.; LUCHETTI, A. 1978. *Perspectivas en la industrialización*. Revista CAU núm. 48 de Marzo-Abril.
- ROSELL, J. 2000. *Los inicios del hormigón armado: de las patentes a las normativas de uso*. Manual de diagnóstico e intervención en estructuras de hormigón armado. Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona.
- SEGURA, M. 1976. *Estructuras para viviendas sociales*. Estructuras de hormigón en edificaciones urbanas e industriales. Editores Técnicos Asociados, S.A., pp. 93-137.
- TABERA, A.; TOMÉ, J.M.; SEGURA, M.; et al. 1976. *Estructuras de hormigón en edificaciones urbanas e industriales*. Ponencias presentadas en el Cursillo "Estructuras de hormigón" organizado por la Revista "Materiales, Maquinaria y Métodos para la Construcción Editores". Técnicos Asociados. Barcelona.