

# Economía de la Construcción

Juan Antonio GONZÁLEZ CÁRCELES

Doctor Arquitecto, Profesor Titular de la ETSAM, UPM

**RESUMEN:** Se trata de determinar el coste unitario del metro cuadrado construido para diferentes tipologías de edificios de viviendas, con objeto de valorar el incremento que se produce en las de tamaño reducido. Se comienza exponiendo el método utilizado y las variables analizadas, considerando tres tipos de viviendas: unifamiliares, adosadas y en bloque, con distintas alturas y agrupaciones por portal, escalera y planta de piso. Para la valoración se distinguen las partes fundamentales de obra: Movimiento de tierras y Cimentaciones, Estructuras, Cerramientos, Acabados e Instalaciones y se analiza específicamente el coste de la estructura, incluyendo distintas estrategias de diseño con impacto en el valor final. Se pretende obtener una herramienta que permita tomar decisiones de diseño conociendo el incremento del coste final que suponga su realización.

**DESCRIPTORES:** Vivienda social. Políticas de vivienda. Precios de la vivienda. Econometría.

## I. EL COSTE DE LA VIVIENDA REDUCIDA

Una de las medidas más habituales de las administraciones públicas para proporcionar viviendas más asequibles a los ciudadanos ha sido la de reducir su tamaño lo más posible. La disminución de la superficie supone un lógico ahorro pero es comúnmente conocido que las viviendas pequeñas tienen una repercusión mayor que las grandes en el coste de cada metro cuadrado construido debido a que existen unos elementos mínimos que hay que realizar independientemente del tamaño de la vivienda. Aunque cada metro cuadrado cueste más, habrá menos metros, por lo que

cualquier solución será un compromiso en el que el factor económico puede ser decisivo. Sin embargo no hay muchos estudios de fondo sobre este aspecto económico, imprescindible para encontrar la mejor opción posible.

Dentro del marco creado por el grupo de investigación de la ETSAM<sup>1</sup> sobre “vivienda social” se ha querido concretar el valor de esa repercusión; para lograrlo se han analizado los costes de viviendas de diferentes tamaños y con distintas tipologías, considerando al mismo tiempo diferentes configuraciones de bloque, con objeto de conocer su repercusión en el coste unitario final de la construcción.

Recibido: Revisado:  
e-mail: juan.gonzalez.carceles@upm.es

<sup>1</sup> Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.

## 2. MÉTODO DE ANÁLISIS

Para obtener el coste de la construcción se han utilizado una serie de procedimientos habituales en las prácticas de tasación, y que son comúnmente utilizados por los peritos en sus trabajos para la Administración de Justicia en los pleitos civiles, lo que les otorga cierto grado de fiabilidad.

Aunque la determinación del coste final es en cualquier caso una tarea compleja, siempre discutible, lo es menos el cálculo de su variación porcentual por tener diferentes tamaños, poseer distintas formas o pertenecer a diferentes tipologías. En el estudio se combina el uso de unas bases de precios fiables con un método que busca, más que conocer el coste final de cada m<sup>2</sup>, el coste de su variación porcentual, lo que minimiza mucho el error final que se pudiera cometer.

Para los cálculos se empezó con la medición de los elementos constructivos necesarios para cada caso estudiado y se valoró utilizando tres bases de precios diferentes muy conocidas en el centro de España: la Base de Datos de la Construcción de la Comunidad de Madrid, la Base de Precios Centro del Colegio Oficial de Arquitectos Técnicos de Guadalajara y la Base de Precios de Edificación y Obra Civil en España PREOC.

El método de medir y valorar caso a caso era muy lento por lo que se modificó la estrategia pasando a utilizar sistemas de “precálculo” o “predimensionado” del valor final. Para ello se usaron dos herramientas desarrolladas por las compañías de software informático “CYPE Ingenieros S.A.” y “SOFT S.A.” y aunque pudiera parecer que el resultado sería poco riguroso, por el hecho de utilizar una medición simplificada preparada por los criterios propios de los programadores de cada herramienta, los resultados demostraron lo contrario, ya que la posibilidad de realizar multitud de cálculos en un corto intervalo de tiempo y su contraste con otros sistemas de evaluación utilizados, permitió estrechar la horquilla de resultados, especialmente cuando lo que se buscaba no era un valor final sino la variación o primera derivada de ese valor.

Aunque había diferencias en los valores obtenidos con ambos métodos, éstas se mantenían de forma homogénea en las distintas tipologías estudiadas. El hecho de adjudicar distintas partidas a un capítulo de obra u otro llegaba a suponer mayores diferencias, por ejemplo por adjudicar los muros de sótano al capítulo de cimientos o al capítulo de hormigones, dilema habitual en los presupuestos de obras.

Por otro lado, se contrastaron dichos valores mediante un análisis estadístico de casos reales, sobre los que teníamos un conocimiento directo, utilizando las referencias y patrones de las numerosas revistas y publicaciones especializadas en el tema. Hay que señalar que al menos con una de las aplicaciones se podía tener la medición final de todos los elementos y sus precios unitarios, por lo que se podía contrastar fácilmente el resultado. Una vez conocidas las herramientas y sus márgenes de fiabilidad podíamos trabajar con los resultados obtenidos.

## 3. VARIABLES ANALIZADAS

Se analizaron las variables que se suponían iban a afectar de forma más directa al coste unitario del m<sup>2</sup>:

- Tipología constructiva:  
Se estudiaron las tipologías de unifamiliar aislada, adosada, construcción en hilera y en bloque.
- Número de plantas:  
Junto con la tipología se analizaron alturas diferentes tanto para las viviendas unifamiliares como para las de desarrollo en bloque, desde 1 a 7 plantas.
- Tamaño de la vivienda y número de dormitorios y baños:  
Se consideraron viviendas desde 50m<sup>2</sup> construidos hasta 200m<sup>2</sup> por vivienda. Los tamaños inferiores no parecían razonables<sup>2</sup>. El número de habitaciones y baños se determinó en proporción a la superficie.
- Forma de agrupación de las viviendas:  
Se estudió la forma de agrupación

<sup>2</sup> En julio de 2005 el Ministerio de la Vivienda aprobó una discutida política de mini pisos de 30m<sup>2</sup> útiles, la Generalitat de Cataluña presentó objeciones y recientemente en 2009 ha

establecido por Decreto un mínimo de 40m<sup>2</sup> útiles para dos personas, que corresponde con unos 50m<sup>2</sup> construidos.

considerando el número de portales por bloque, el número de ascensores por portal y el número de viviendas por cada planta.

— Irregularidades:

Finalmente se analizaron las irregularidades topológicas mediante la variación de los tamaños de las crujías, la existencia de patios de luces y la repercusión del perímetro de fachadas exteriores y a patios, función de la regularidad del diseño.

Quedaba un elemento de singular importancia en el coste final. No se nos escapaba que la calidad de los acabados debería introducirse en el análisis, sin embargo si se consideraba su efecto combinado con cualquiera de las anteriores variables, la consecuencia inmediata era una perturbación del resultado final al introducir parámetros de características muy diferentes, lo que llevaba a la pérdida del conocimiento de la influencia de las variables antes señaladas. Por tanto se independizó este factor en el estudio y se realizó el análisis con elementos de calidad media iguales para todos los casos. Sin embargo se consideró como unidad independiente el capítulo de acabados con objeto de poder precisar el incremento final ante la variación de los mismos. El factor de la situación, aspecto fundamental del valor final, tampoco se consideró ya que al introducir el valor del suelo los resultados quedaban desvirtuados, máxime cuando en algunos casos se multiplicaba por 10 ó 15 veces el valor de lo construido.

Se encontró un problema similar al de los acabados, aunque en menor grado, al considerar los tipos de instalaciones, tanto para las instalaciones individuales como las centralizadas, así como sobre los sistemas de producción, distribución y difusión. El hecho de analizarlos junto a los anteriores parámetros complicaba excesivamente el análisis y lo enturbiaba, ya que las instalaciones, especialmente las de calefacción y climatización, forman parte de un mercado muy variable con el paso del tiempo, debido a la dependencia energética y a sus

características estructurales. Desde el antiguo sistema de calefacción central que aún predominaba en los años 80 del siglo pasado, hasta los actuales sistemas de calefacción individual por caldera mixta, hemos visto pasar múltiples alternativas: hilo radiante, suelo radiante, acumuladores eléctricos, calderas eléctricas, de propano, de gas natural, de biomasa, bombas de calor, paneles solares, células fotovoltaicas, emisión por radiación directa, con radiadores de agua o distribución por aire con conductos e impulsión por ventiladores...; posiblemente dentro de unos años se realicen estudios bajo los requerimientos del Código Técnico que nos den resultados muy interesantes en cuanto a costes de energía y amortizaciones reales<sup>3</sup>. Para no alterar el estudio de las otras variables se utilizó el mismo sistema de producción de calor para todos los casos: caldera mixta individual por gas y difusión del calor por radiadores de agua y no se consideró ninguna instalación de refrigeración.

Aunque las superficies de las viviendas estudiadas alcanzan los 200m<sup>2</sup> construidos, se analizaron preferentemente las tipologías de 50m<sup>2</sup> y 100m<sup>2</sup> construidos; la primera corresponde a unos 40m<sup>2</sup> útiles, con dependencias de estar-comedor, cocina, un dormitorio y un baño; la segunda corresponde a unos 80m<sup>2</sup> útiles, con estar-comedor, cocina, tres dormitorios y dos baños. No obstante el análisis de viviendas de mayor tamaño permite tener un escenario mayor y conocer mejor la influencia de las variables analizadas.

Las calidades de la construcción y de los materiales utilizados se basan en un edificio tipo cuyas características quedan reflejadas en la ficha de calidades anexa al final del artículo.

#### 4. CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS COMPARATIVO

En los cuadros siguientes se puede apreciar cómo para las viviendas unifamiliares y las adosadas el coste baja rápidamente con el aumento de tamaño de

<sup>3</sup> Según análisis propios, el ahorro energético obtenido por los paneles térmicos para calentamiento de agua, obligatorios en la construcción de nuevas viviendas, no amortiza el coste de su instalación en amplias zonas de España, especialmente al considerar su mantenimiento frente a la corrosión. Incluso en algunas zonas se produce en verano un exceso de acumulación de

calor que hay que disipar. Muy diferente es el caso de los paneles fotovoltaicos cuya instalación se ve fuertemente impulsada por las subvenciones de la Administración mediante la recompra del excedente, lo que dificulta por ahora conocer el periodo real de amortización de la inversión.

las viviendas y con el aumento del número de plantas, llegando a un 50% de ahorro por m<sup>2</sup> en el coste de las viviendas muy grandes; podría parecer una incoherencia con la percepción habitual del tema, pero la contradicción se debe a que la vivienda grande se suele construir con mejores acabados, pero a materiales equivalentes el coste aumenta con la disminución de superficie.

Las primeras conclusiones son:

- Se aprecia que la vivienda unifamiliar exenta de 50m<sup>2</sup> construidos cuesta entre un 10 y un 25% más por m<sup>2</sup> que la de 100m<sup>2</sup>.
- Para las unifamiliares adosadas la diferencia es más notable, llegando a costar la de 50m<sup>2</sup> construidos entre un 30 y un 40% más por m<sup>2</sup> que la de 100m<sup>2</sup>.

Con las viviendas en bloque ocurre lo mismo, los costes de construir viviendas de 50m<sup>2</sup> y de 100m<sup>2</sup> varían entre el 10-25% por m<sup>2</sup>. Por otro lado el aumento del número de plantas abarata el resultado final hasta un 10% y diseñar menos viviendas por cada planta lo encarece hasta el 15%. Al considerar la combinación de las distintas variables la tipología más económica de viviendas de 50m<sup>2</sup> es equivalente a la más cara de 100m<sup>2</sup>.

Considerando los diferentes capítulos de la obra se aprecia que en todos los casos el porcentaje de la cimentación es mayor al disminuir la altura y el menor valor se produce con la máxima altura. El porcentaje de la estructura aumenta con la altura pero se compensa en parte por otra razón. Cualquier edificio necesita un forjado más que el número de espacios utilizables; por tanto los elementos extremos -por un lado la cubierta, y por el otro la solera o el forjado sanitario- se reparten entre los elementos existentes disminuyendo su repercusión con el aumento de altura. Con esta consideración el incremento por mayor altura queda finalmente muy nivelado.

Los capítulos de las instalaciones también bajan ligeramente de coste con la mayor altura y suben con el menor tamaño de la vivienda; el aspecto de mayor importancia económica es el del ascensor, que en la hipótesis del análisis se mantiene en una unidad hasta 7 plantas y con 4 plantas por vivienda -unas 30 viviendas por ascensor-.

La repercusión del cerramiento baja algo con el incremento de la altura, al aumentar el número de portales y con viviendas de 100m<sup>2</sup>. Con las irregularidades de fachadas puede aumentar el coste hasta un 10% para un 70% de incremento de fachada respecto al mínimo posible -el de una fachada regular cuadrada-. Todos son incrementos moderados.

FIG. I. Vivienda unifamiliar, costes por m<sup>2</sup>

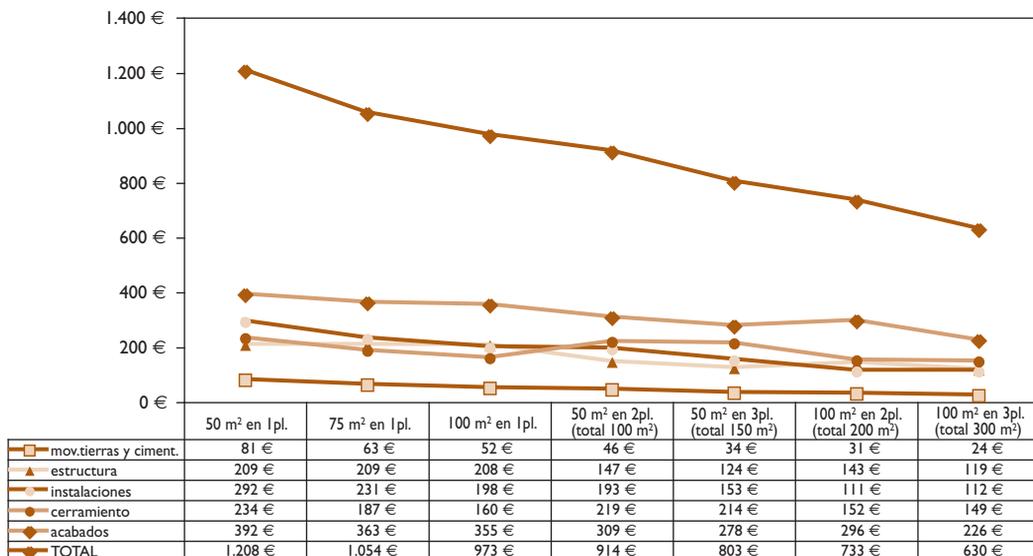


FIG. 2. Vivienda adosada, costes por m<sup>2</sup>

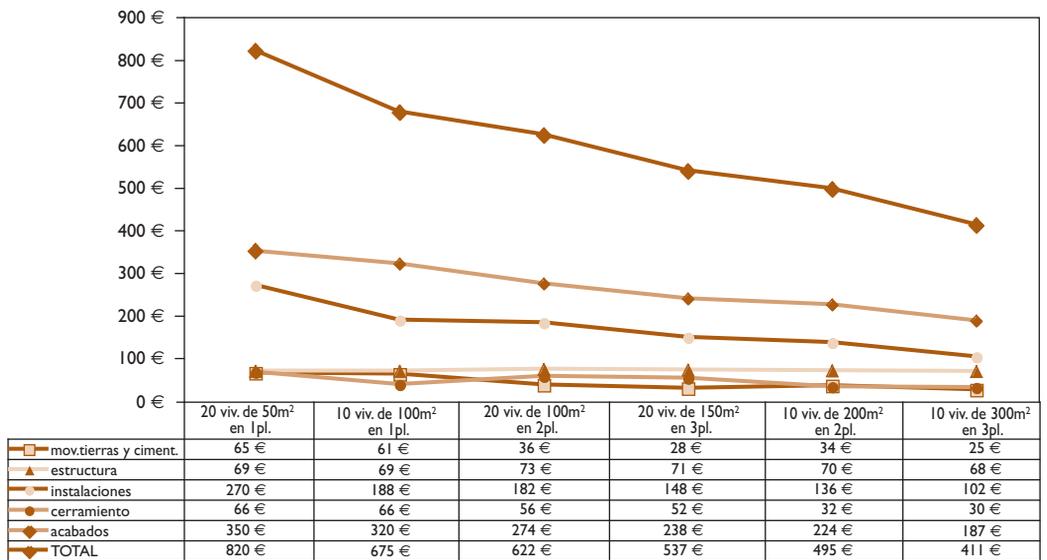


FIG. 3. Vivienda de 50 m<sup>2</sup> en bloque, costes por m<sup>2</sup>

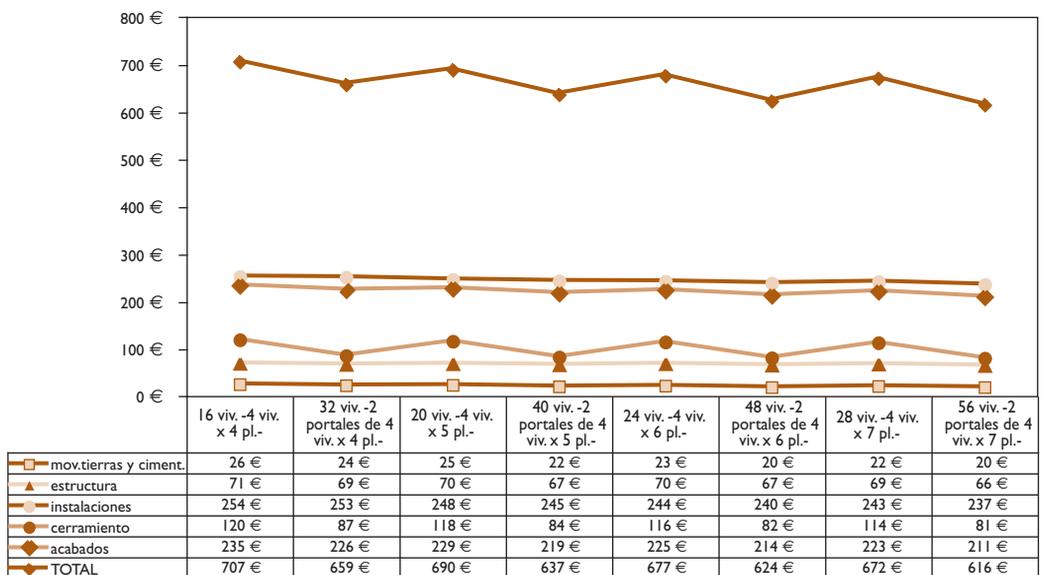
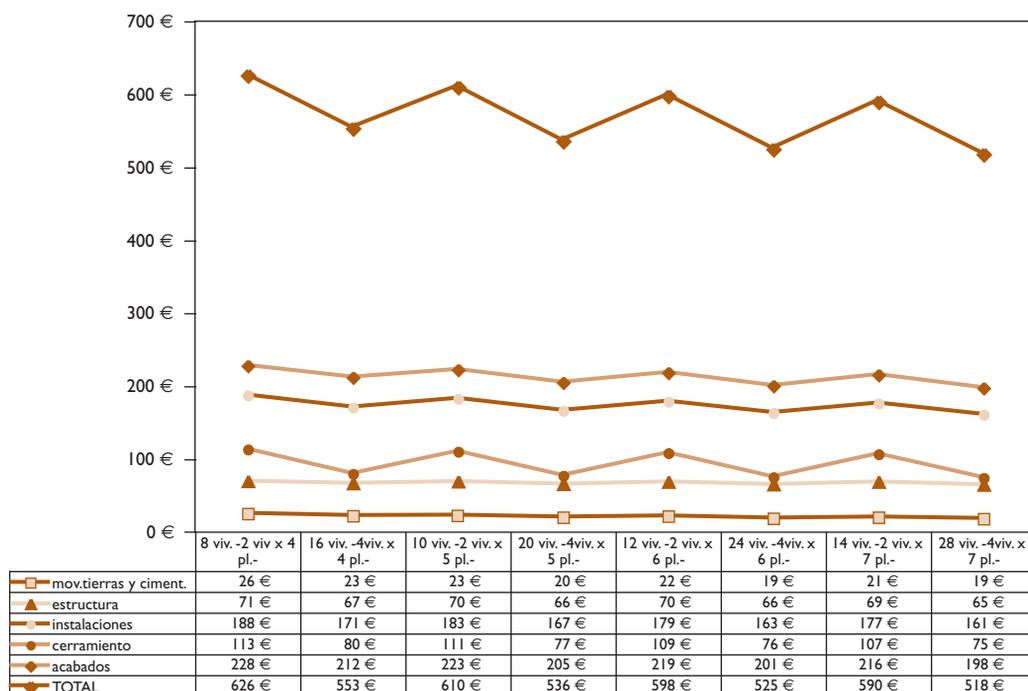


Fig. 4. Vivienda de 100m<sup>2</sup> en bloque, costes por m<sup>2</sup>

Los costes de los acabados varían de la misma forma que los de los cerramientos, pero con mayor relevancia, al alcanzar su valor casi el 40% del coste total de la construcción. Ya se expuso anteriormente que se han considerado calidades constantes pero, al tener resultados por capítulos, es posible hacer una proyección de lo que significaría una alteración de la calidad de los acabados y su influencia en el coste final.

Las conclusiones para la tipología de bloque son las siguientes:

- La vivienda en bloque de 50m<sup>2</sup> construidos cuesta entre un 15 y un 20% más por m<sup>2</sup> que la de 100m<sup>2</sup>, siendo mayor el ahorro con el aumento del número de viviendas por planta y por ascensor.
- Por cada planta que se construya de más sobre 4 plantas, y hasta 7 plantas, se reduce el coste entre el 2% y el 3%. Por encima de 7 plantas habría que

considerar un incremento por la repercusión del mayor número de ascensores.

- Las diferencias de coste entre el m<sup>2</sup> de vivienda de 50m<sup>2</sup> y el de 100m<sup>2</sup> se mantienen con la variación de la altura del bloque ya que la mayor altura disminuye el coste de la misma forma para los dos tipos de viviendas.

## 5. COMPARACIÓN ENTRE VIVIENDAS REDUCIDAS Y DE PROMOCIÓN PÚBLICA

Para evaluar mejor las superficies finales de las viviendas reducidas se han comparado con las viviendas de Promoción Pública, considerando los espacios anejos que permiten algunas Comunidades Autónomas y la posibilidad de existencia de trasteros y garajes:

<sup>4</sup> Existen grandes diferencias entre las normativas de las distintas autonomías y con la estatal, tanto en tamaños, como en considerar la superficie útil o la construida; en la

comparación se ha utilizado el tipo de vivienda más habitual de 100m<sup>2</sup> construidos, fácil de equiparar en las distintas normativas.

La relación de costes por m<sup>2</sup> entre una vivienda reducida VR de 40m<sup>2</sup> útiles -50m<sup>2</sup> construidos —y una VPP de 80m<sup>2</sup> útiles -100m<sup>2</sup> construidos<sup>4</sup>— está en una horquilla de valores de entre el 13% y el 22%, dependiendo del número de plantas y del número de viviendas por planta.

La Administración utiliza a menudo la superficie útil en lugar de la construida. La relación entre los m<sup>2</sup> de superficie construida y superficie útil es del orden de 1,25 en las viviendas habituales de 100m<sup>2</sup> y puede ser algo superior en la de 50m<sup>2</sup>, dependiendo principalmente del número de viviendas por planta.

También interesa conocer la parte correspondiente a los espacios ocupados por la estructura, patios de ventilación, conducciones, cuartos de contadores, ascensores, instalaciones de ICT, calderas, instalaciones centralizadas, lo que en conjunto se suele llamar espacio tecnológico; se puede obtener en relación con la superficie útil de la vivienda con un valor aproximado del 10% -15%, unos 6m<sup>2</sup> construidos para la VR.

Por otro lado existe la posibilidad de incrementar un 20% la superficie útil en las VR, para su utilización en zonas comunes con usos compartidos como salas de reunión, talleres, lavandería, tendederos o áreas de secado, zonas de ocio... —según señalan algunas legislaciones autonómicas—. Esto proporcionaría otros 8m<sup>2</sup> de superficie útil común a cada vivienda y un incremento de la superficie construida de unos 10m<sup>2</sup> por vivienda.

Por último, hay que considerar que la superficie de garaje por vivienda, suponiendo una plaza de aparcamiento, es de 25m<sup>2</sup> y la de un trastero puede ser de 8m<sup>2</sup> útiles y 10m<sup>2</sup> construidos.

Finalmente, los metros cuadrados construidos de los dos tipos de vivienda serían los siguientes:

1. Con sólo zonas comunes para usos compartidos:

**VR** 60m<sup>2</sup> (50+10) ..... **VPP** 100m<sup>2</sup>

2. Con sólo garaje:

**VR** 75m<sup>2</sup> (50+25) ..... **VPP** 125m<sup>2</sup> (100+25)

3. Con sólo trastero:

**VR** 60m<sup>2</sup> (50+10) ..... **VPP** 110m<sup>2</sup> (100+10)

4. Con zonas comunes, garaje y trastero:

**VR** 95m<sup>2</sup> (50+45) ..... **VPP** 135m<sup>2</sup> (100+35)

## 6. CONSIDERACIONES RESPECTO AL DISEÑO DE LA ESTRUCTURA

Se completa el estudio económico con unas consideraciones más detalladas en cuanto a las repercusiones económicas del diseño de la estructura del edificio.

Los factores más relevantes del coste estructural<sup>5</sup> son el número de plantas del edificio, el tamaño de las luces entre soportes, la tipología estructural, los materiales empleados y, en menor grado, la forma de la planta.

Es conveniente separar la estructura en términos de estructura vertical y estructura horizontal —o, en su caso, inclinada— ya que los costes varían de diferente manera.

Empezando por la estructura vertical, las soluciones más habituales son con pilares metálicos o de hormigón armado —para edificios de poca altura se encuentran soluciones en las que al menos parte de la estructura se hace con muros de carga, a veces prefabricados—. La altura del edificio condiciona la elección entre estructura metálica o de hormigón armado para los pilares, debido a los tamaños mínimos de soportes —los catálogos de fabricantes de perfiles se ajustan bien a las pequeñas cargas acumuladas de los edificios bajos—, al crecimiento del tamaño con la altura —pues al ser los metálicos mucho más pequeños crean menos interferencias con el uso del espacio que los soportes de hormigón armado— y a la necesidad de los arriostramientos —que complican el diseño por las interferencias con el uso—.

La solución de la estructura horizontal suele ser mediante losa unidireccional aligerada, losa bidireccional o forjado cruzado, prelosa, forjado de chapa y forjado mixto —ordenadas de la más a la menos habitual—. En cualquiera de ellas el tamaño de las luces de las vigas o losas depende del

<sup>5</sup> El coste debe considerar el rendimiento, la facilidad

constructiva, el tiempo de ejecución y la idoneidad del resultado.

uso y es el principal determinante del coste de la estructura horizontal.

La elección del material estructural para los soportes es primordial ya que afecta sustancialmente tanto al coste, como al sistema constructivo y al plazo de ejecución. En el caso de la estructura horizontal sólo en casos muy singulares interesará económicamente la utilización de perfiles de acero.

En menor medida el coste también depende de la forma de la planta, o de la relación perímetro/ planta del edificio, relación que representa las irregularidades de fachada. Las irregularidades implican pilares y vigas con diferente carga, más ajustes, menos continuidad, más elementos y por tanto menor homogeneidad del resultado.

El análisis puramente económico se matiza con el resto de condicionantes funcionales: la facilidad y el tiempo de ejecución, que se pueden transformar en coste, y la idoneidad del resultado, aspecto que no es fácilmente parametrizable.

## 7. DEPENDENCIA DEL NÚMERO DE PLANTAS

El coste de la estructura según el número de plantas varía de la siguiente forma:

- Cimentación: dejando aparte el aspecto de los mínimos de excavación, el coste es directamente proporcional a la superficie construida, por lo que debería ser independiente del mayor o menor número de plantas. Sin embargo la consideración de mínimos es fundamental y hace que el valor de la cimentación decrezca con la altura del edificio, aspecto apreciado ya en el anterior estudio de costes.
- Pilares: su coste aumenta proporcionalmente de la siguiente manera: por cada m<sup>2</sup> de planta adicional, los pilares inferiores crecen en toda su altura desde la cimentación, incrementándose en unos 10cm<sup>2</sup> de área, para el caso de pilares de hormigón, y en 0,5 cm<sup>2</sup> para la solución con pilares de

acero. Además, por viento los pilares de hormigón necesitan un incremento de armadura, debido a la mayor excentricidad de la carga, que se incrementa en unos 3cm para cada pilar y por cada planta adicional<sup>6</sup>, aunque el sobrecoste por el incremento de armadura puede limitarse con un diseño más holgado de las secciones de hormigón. Por tanto el coste final por cada m<sup>2</sup> aumenta con la altura, pero al considerar que la repercusión de los soportes en el coste total de la construcción no alcanza el 5% del total, ese aumento es poco considerable. En las soluciones de pilares metálicos los arriostramientos se suelen encargar de la resistencia horizontal al viento y el incremento en altura los hace crecer de forma proporcional. Su coste es relativamente bajo en comparación con el de los pilares metálicos y se puede depreciar, pero la mera necesidad de su colocación obliga a diseños en consonancia, lo que puede resultar complicado en algunas soluciones.

- Forjados: La superficie, y por tanto su coste, no mantiene la proporcionalidad respecto al número de plantas, ya que, como se ha señalado, el elemento de borde se reparte entre más elementos. Por otro lado, la ejecución de la obra se complica con la mayor altura disminuyendo el posible ahorro obtenido. Esta vez la repercusión del coste de los forjados en el coste final de la construcción puede llegar al 10% y puede conseguirse alguna ventaja mejorando el diseño y la gestión de la obra.

La mayor altura necesita mayor resistencia a acción horizontal para las mismas luces entre soportes; el incremento debido a la consideración de la acción del viento es del orden de del 2% en las cuantías de acero de la última planta, del 5% en la penúltima, del 8% en la antepenúltima, del 10% en la anterior, del 14%, 18% ... y así sucesivamente; los valores son poco significativos y permiten concluir que sólo empiezan a tener incidencia económica apreciable para edificios de alturas mayores de 6 ó 7 plantas.

<sup>6</sup> Véase DE MIGUEL RODRÍGUEZ, José Luis. (s.a.): *Guión de soportes y Guión de pórticos* del curso de Dimensionado de la

ETSAM, (s.e.).

Los tamaños mínimos posibles para pilares, bien por los catálogos de los fabricantes de perfiles de acero, o bien por el espacio mínimo necesario para su hormigonado, modifican los planteamientos de costes obtenidos directamente a partir del número de plantas, ya que para el tamaño mínimo de pilar de hormigón de 25cm x 25cm se pueden resistir 100m<sup>2</sup>, con lo que los pilares que soporten superficies S tributarias menores de 100m<sup>2</sup> penalizan el costo en la relación 100/S. Esto significa que los pilares metálicos suelen ser mejor opción para menos de 3 plantas, aunque su coste material sea mayor para pilares de igual resistencia. Ante edificios de más de 7 plantas, el excesivo aumento del tamaño del pilar de hormigón es un inconveniente para el espacio útil de las viviendas, lo que también hace interesante la solución metálica. Por la misma razón las viviendas reducidas se ven beneficiadas por la solución de pilar metálico, que produce menos interferencias en un espacio útil más ajustado que en las viviendas de mayor tamaño.

#### Conclusiones:

- Parece razonable una solución de pilares de hormigón entre 4 y 7 plantas y de acero laminado en el resto de los casos.
- Los costes de los pilares aumentan proporcionalmente al número de plantas, pero su repercusión en el conjunto es pequeña.
- La solución de pilares metálicos requiere dejar espacio para la ubicación de arriostramientos.
- El coste de los forjados aumenta moderadamente con la altura del edificio.

## 8. DEPENDENCIA DE LAS LUCES ENTRE APOYOS

Como ya se ha comentado, el forjado es el elemento más importante en el coste estructural, alcanzando un valor del orden del 50% del total de la estructura, lo que puede significar un 10% del coste total de la construcción.

La elección del canto del forjado es, por tanto, la más importante en términos de coste. Su valor depende casi exclusivamente de las luces entre soportes. La Normativa

marca un canto mínimo, en términos de esbeltez máxima, que asegura que la deformación del forjado sea admisible; dicho valor proporcionaría el mínimo coste:

- El canto de forjado más rentable corresponde a una esbeltez (relación luz/canto) de entre 20-25.

En todo caso las luces grandes necesitan mayores cantos y producen incrementos del coste del m<sup>2</sup> directamente proporcionales a su valor, por tanto la mejor solución sería la de luces pequeñas que no entorpezcan el uso del espacio. Por otro lado existen mínimos constructivos para el canto de los forjados por lo que no interesan luces menores de 3,5m. La solución sería un compromiso de diseño en el que las luces sean lo más homogéneas posible.

Las tipologías constructivas sin descuelgue de vigas se adaptan mucho mejor a la tabiquería y son en general más económicas por la facilidad de los encofrados; aunque puedan suponer algún sobrecoste en armadura, se compensa sobradamente al lograrse un espacio mucho más versátil. Como contrapartida, esta solución obliga a que los cantos de las vigas sean idénticos a los del forjado. Manteniendo las condiciones de esbeltez enunciadas para todos los elementos (vigas y viguetas) se pueden alcanzar luces de hasta 7m en continuidad con forjados tradicionales sin necesitar bovedillas o aligeramientos especiales, por lo que se puede decir que:

- Es conveniente que las luces de vigas y las de forjados estén comprendidas entre 3,5 y 7m; ya que aunque el coste crece proporcionalmente lo hace de forma controlada.

Para luces mayores las vigas deberían diferenciarse de las viguetas y manifestar su descuelgue, por lo que debería existir una clara necesidad que lo justifique.

## 9. INFLUENCIA DEL TAMAÑO Y FORMA DE LA PLANTA

El mayor tamaño de la superficie de la planta afecta a la longitud de los elementos estructurales, tanto vigas como viguetas, y

permite más continuidad en la solución estructural que siempre resulta penalizada por el necesario incremento de las armaduras en cada elemento de borde, lo que incluso puede afectar al incremento del canto del forjado o losa.

Sin embargo hoy en día no se consideran con detalle las diferencias en los cálculos de las cuantías de acero, llegando incluso a ser hoy habitual el contrato por m<sup>2</sup> en función del canto del forjado sin considerar las cuantías —siempre dentro de una horquilla razonable de valores—. Esto es algo nuevo de los últimos años, en que ha dejado de resultar rentable el recálculo estructural por parte de las constructoras, reajuste que era antes bastante habitual. Actualmente es más interesante la utilización de tipologías o patrones de armaduras que facilitan la realización y evitan desechos y recortes.

Algo semejante se puede decir sobre las faltas de modulación o las singularidades.

- La falta de modulación y la existencia de patios, huecos y escaleras, así como la irregularidad de las fachadas ocasionan incrementos de estructura que se pueden valorar dentro de una horquilla de incrementos de 3% al 5% sobre el propio coste de la estructura pero que sólo suponen un 0,6% a 1% del costo de ejecución.

## 10. PLAZOS DE EJECUCIÓN Y FACILIDAD CONSTRUCTIVA

La rapidez y el control de ejecución son mayores con pilares metálicos y con soluciones prefabricadas de forjados, pero la decisión depende del coste del material, de los medios auxiliares de la empresa y del plazo de entrega de la obra. Por otro lado, la seguridad y facilidad de la ejecución llevan a soluciones peculiares como la del encofrado total de los forjados, que recupera soluciones antiguas como la de armadura *in situ*.

- La mayor rapidez de ejecución propia de una estructura con pilares metálicos rebaja proporcionalmente los costes auxiliares de la contrata y minora su mayor coste estructural.

## 11. INTERFERENCIAS DE LA ESTRUCTURA CON EL USO Y CON LAS INSTALACIONES

Respecto a las interferencias de la estructura con el resto de elementos hay que destacar en primer lugar la interferencia con el uso: los pilares significan obstrucción al uso e impiden algunas modificaciones posteriores del mismo y los arriostramientos prácticamente inutilizan la apertura de huecos y pasos a su través.

Por tanto las instalaciones deberían diseñarse al mismo tiempo que la estructura para tener resueltos los encuentros entre los elementos de trazado vertical u horizontal con los elementos estructurales, vigas, nervios o viguetas. Esto afecta a ascensores, conductos y patinillos de instalaciones centralizadas de electricidad, gas o fontanería, ventilaciones y bajantes; estas últimas se suelen localizar cerca de los soportes y se pueden resolver fácilmente con simples pasatubos, sin embargo cuando no se han considerado previamente pueden llevar a desagradables sorpresas como perforaciones sin ningún control de vigas y armaduras.

Queda para el final la compatibilidad de la vivienda con el uso de aparcamiento, uno de los problemas más habituales que implica la coexistencia de luces adecuadas para usos muy diferentes; aunque las particiones del uso de vivienda son poco restrictivas y se adaptan con facilidad a la compatibilidad con otros usos, las luces convenientes para aparcamiento encarecen toda la estructura si se mantienen en las plantas superiores, ya que para el uso de garaje interesan valores del orden de los 7,5m, que se resuelven bien con vigas de descuelgue pero mal con forjado plano; una solución es cambiar las luces con desvíos de pilares en el forjado de la planta baja y con un incremento estructural acotado en dicho nivel.

- Es aconsejable diseñar la estructura de los garajes en primer lugar o al tiempo que el resto del edificio, utilizando luces mayores de 5m en las calles de circulación y de 7,5m para las plazas de aparcamiento y los giros de las vías; ubicando los pilares de forma apantallada en el sentido de estacionamiento y eliminando retallos de soportes en los muros perimetrales. El ajuste estructural se puede resolver con un cambio de soportes en la planta baja.

**ANEJO: FICHA DE CALIDADES**

Características del *edificio tipo* valorado:

- Viviendas en Madrid con accesibilidad normal, dentro de un mercado de crecimiento sostenido.
- Tipología de vivienda, con los subtipos unifamiliares, adosados o colectivos.
- Altura total de la planta tipo 2,8m.
- Forma global con factor 1,5:1 en bloque y 6:1 en adosado, con un frente vivienda de 7m.
- Tipo de ascensor eléctrico; con capacidad de 6 personas; dotación, un ascensor por escalera.
- Porcentaje de terrazas sobre el total en planta 6%.
- Viviendas de 50m<sup>2</sup> con 1 dormitorio y 1 baño y Viviendas de 100m<sup>2</sup> con 3 dormitorios y 2 baños.
- Porcentaje aportación superficie de vivienda a zonas comunes del edificio 9%.
- Porcentaje de superficie cocina respecto vivienda 11,4%.
- Porcentaje superficie baños respecto vivienda 11,4%.
- Porcentaje superficie útil sobre construida 0,83.
- Superficie media paños de cubierta plana para bajantes 100m<sup>2</sup>.

**Movimiento de tierras**

- Tipo de terreno del solar: terreno compacto de arcilla semi dura.
- Sin desnivel del terreno, con la planta baja a nivel del terreno y una cota de desbroce de 0,5m.

**Cimentaciones**

- Tipo de cimentación con zapatas y pozos.
- Tensión admisible terreno 250kN/m<sup>2</sup>.

**Estructuras**

- Luz media entre pilares 5m.
- Vigas de hormigón armado y forjado de viguetas autorresistentes.
- Pilares de acero laminado, 0% en bloques y 50% en unifamiliares y adosadas.

- Pilares de hormigón armado, 100% en bloques y 0% en el resto.
- Muros de fábrica, 50% en unifamiliares y adosadas.
- Elementos inclinados y estructura de escaleras interiores con losa hormigón inclinada.
- Carga total de forjados 7kN/ m<sup>2</sup>.
- Carga de fachada 7kN/m.
- Carga de cubierta 7kN/m<sup>2</sup>.
- Canto de forjado 30cm.
- Canto losa de escaleras 16cm.
- Ancho medio losa de escalera 1m.
- Ancho medio de viga de hormigón 0,5m.
- Peso medio pilar de acero 44 kg/m.
- Distancia máxima entre juntas de dilatación 30m.

**Cubiertas**

- Cubiertas planas en bloques y cubiertas inclinadas en unifamiliares.
- Tipo cubierta plana: transitable con pavimento filtrante y aislamiento con poliestireno extruido. Alero de cubierta 0,3m

**Cerramiento y tabiquería**

- Fachadas: 1/2 pie de ladrillo visto, aislamiento de poliestireno extruido.
- Tabiquería interior, tabique-tabicón.
- Porcentaje huecos en fachada 28%
- Porcentaje huecos que se deducen de las mediciones 50%
- Porcentaje ml tabiques viviendas sobre m<sup>2</sup> construido 0,4%

**Revestimientos y pinturas**

- Revestimientos verticales: zonas comunes y privadas con guarnecido maestreado y enlucido.
- Cuartos húmedos con azulejo cerámico.
- Pintura: zonas comunes (paredes y techos) con plástico liso, en zonas privadas (paredes y techos) con temple liso, en cuartos húmedos (techos), con plástico liso.
- En exteriores con pintura al silicato.
- Suelos: zonas comunes y privadas con terrazo.

- Techos: zonas comunes y privadas con guarnecido maestreado y enlucido, en cuartos húmedos con falso techo escayola liso, en zonas exteriores, enfoscado.

### **Carpintería**

- Interior: roble lisa, barandillas interiores de acero.
- Exterior: carpintería exterior de PVC corredera con persiana de PVC, barandillas exteriores de acero.

### **Saneamiento**

- Saneamiento con tuberías hormigón centrifugado enterrado en un 20% y PVC enterrado en un 80%.

### **Fontanería**

- Fontanería y calefacción con tuberías de cobre.

### **Climatización**

- Producción agua caliente sanitaria y calefacción, centralizada (Calf. y ACS) de gas con emisores de calor de elementos de aluminio.
- Potencia calorífica media en zonas habitables por  $m^2$  60kcal/h/m<sup>2</sup>.
- Incremento potencia calorífica última planta por  $m^2$  24kcal/h/m<sup>2</sup>.

### **Electricidad**

- Grado electrificación del edificio (W), electricidad media sin centro de transformación.
- Potencia eléctrica individual por vivienda 5,5kW.

### **Instalaciones especiales**

- Instalación de telecomunicaciones y de portero automático.

### **Urbanización**

- Sin superficie a urbanizar.