

## OMNIBLOCK®: validación para su comercialización

Mercedes Marrero  
IDEC/FAU/UCV

### Resumen

Resultado de la investigación identificada como "Tecnología OMNIBLOCK®. Mampostería estructural de bloques de concreto para construcción progresiva". El proyecto incluye la validación experimental, el proyecto estructural, la comparación analítica de aspectos estructurales, sistemas eléctricos, sanitarios, confort térmico y estudio comparativo de costos. Los aportes de la investigación proporcionan datos concretos en cuanto a las ventajas y desventajas comparativas del sistema provenientes del análisis de factores propios y colaterales a la tecnología estudiada. Se concluye que este producto universitario obtiene un posicionamiento estratégico importante basado en los resultados analíticos comparativos que permiten una responsable aplicación de la tecnología.

### Abstract

*Results of the investigation identified as "OMNIBLOCK® Technology. Structural Masonry of Concrete Blocks for Progressive Construction". The project includes the experimental validation, the structural project, the analytic comparison of structural aspects, electric systems, washrooms, thermal comfort, and a comparative analysis upon costs. The investigation contributes with specific data about the system's advantages and disadvantages emerging from the analysis of its own factors, and its collateral factors to the studied technology. This university product includes an important strategic positioning based on the comparative analytic results that allow a responsible application of technology.*

El tema de las innovaciones en el campo del desarrollo tecnológico de la construcción requiere del establecimiento de estrategias que permitan su incorporación como parte de la técnica popular. En el caso de la mampostería estructural de bloques de concreto en Venezuela se observa una situación paradójica ya que aun cuando la capacidad instalada, materiales y mano de obra capacitada para la producción y construcción de bloques de concreto existe en casi todo el territorio nacional, prácticamente su uso adecuado como cerramiento portante es poco usual, entre otras razones, por la inexistencia de normas, control de calidad y tradición constructiva. En este contexto, dada la potencialidad de la mampostería para la reducción de costos de construcción y la aceptación cultural de sistemas asociados a esta práctica, se formuló un proyecto como tesis de Maestría en el postgrado del IDEC que dio origen al sistema OMNIBLOCK®, basado en criterios de coordinación dimensional, transformabilidad, multiplicidad de usos para construcción de paredes, techos y entresijos, cuyas reivindicaciones fundamentales son la reducción de desperdicios en un 10%, la disminución de las operaciones de montaje por metro cuadrado en un 25%, la simplificación de los procesos productivos y constructivos, y la consecuente disminución de costos. Es importante señalar que a pesar de que la propuesta OMNIBLOCK® es en esencia la de una técnica tradicional, requiere antes de su aplicación de la necesaria verificación para constatar su desempeño con las particularidades implícitas en su geometría que, por sus proporciones e incorporación de ranuras de precorte, pudiesen producir un comportamiento desfavorable con relación a los bloques del mercado.

### Descriptores:

Tecnología OMNIBLOCK®; Mampostería estructural de bloques de concreto; Vivienda de bajo costo de construcción progresiva.

TECNOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN. Vol. 22-I, 2006, pp. 41-54.  
Recibido el 08/02/06 - Aceptado el 17/11/06

Considerando la necesidad de establecer la competitividad económica del sistema OMNIBLOCK®, se estudiaron factores de tipo técnico que están sometidos a condiciones especiales derivadas de la naturaleza de la mampostería estructural. En primer lugar, lo referido a los sistemas sanitarios y eléctricos y, en segundo lugar, lo concerniente a las aberturas que determinan las condiciones de confort, considerando las limitaciones en cuanto a la geometría y proporción de las aberturas, que supone un envolvente portante como el propuesto.

Es importante señalar que la validación obtenida en todos los aspectos antes señalados posiciona estratégicamente la tecnología OMNIBLOCK® frente a otras tecnologías que están siendo ejecutadas en los diversos programas de vivienda sin los avales técnicos correspondientes, lo cual es una ventaja para su futuro proceso de comercialización, en especial considerando que 80% de la población del país vive en zonas de riesgo sísmico.

### En busca de la competitividad

La poca presencia de productos de investigación en los planes de vivienda del Estado y en general en la práctica constructiva popular se debe a numerosos factores entre los cuales destacan la resistencia al cambio, dificultades para la producción y distribución de nuevos productos, falta de políticas y programas que propicien la aplicación de los productos de las investigaciones en la construcción del hábitat popular y ausencia de mecanismos eficientes para la transferencia y comercialización de tecnologías. El Proyecto pretende contribuir a fortalecer la competitividad del producto para su potencial aplicación a partir de su validación y certificación. El estudio se realizó con expertos en cada una de las áreas requeridas para el análisis. Con ese fin se definieron cinco objetivos y recursos.

**Objetivo 1.** Conocer el comportamiento estructural del OMNIBLOCK® con relación a los bloques existentes. Recurso: Se realizó en el Instituto de Modelos y Materiales Estructurales (IMME) de la Universidad Central de Venezuela un estudio experimental comparativo de la respuesta estructural de muros construidos con el sistema OMNIBLOCK® y con bloques tradicionales de concreto, producidas ambas muestras por la Concretera Lock Joint, con el mismo proceso y diseño de mezcla (Castilla y Marinilli, en Marrero 2002). En las pruebas se utilizaron sistemas confinados y reforzados, y se aplicaron normas de cálculo vigentes en países de condiciones sísmicas similares a las de Venezuela.

**Objetivo 2.** Determinar las factibilidades técnicas de cada opción de solución estructural y comparar las cantidades de material requeridas para su construcción. Recurso: Se realizó un estudio comparativo de proyectos estructurales realizados con OMNIBLOCK® y con sistemas tradicionales de aporcado de concreto y de acero (Arnal, en Marrero 2002).

**Objetivo 3.** Determinar las factibilidades técnicas de los proyectos de instalaciones eléctricas y sanitarias apropiados para la mampostería estructural y cantidades de material requeridas para su construcción. Recurso: Se realizaron los proyectos de instalaciones eléctricas y sanitarias específicas para sistemas de mampostería estructural, de bajo costo, tipo progresivo, para efectuar un análisis técnico comparativo de proyectos de instalaciones eléctricas y sanitarias para viviendas de mampostería estructural y para sistema convencional aporcado (Márquez y Márquez, en Marrero 2002).

**Objetivo 4.** Determinar las condiciones de confort obtenibles por las aberturas típicas de la mampostería estructural, con relación a las aberturas utilizadas en otras tecnologías. Recurso: Se realizó un análisis técnico comparativo de confort térmico en viviendas unifamiliares y multifamiliares en función de la geometría y ubicación de las aberturas (Rosales, en Marrero 2002).

**Objetivo 5.** Determinar los costos comparativos de las soluciones OMNIBLOCK® propuestas en los aspectos anteriores, con relación a las tecnologías convencionales (aportadas). Recurso: Se realizó un análisis técnico para establecer los costos comparativos y la ponderación de sus componentes de mano de obra, material y equipo (Márquez, en Marrero 2002).

### Resultados

Los aspectos fundamentales de los correspondientes informes técnicos presentados son:

*Objetivo 1. Evaluación experimental del bloque de concreto OMNIBLOCK®*

La evaluación experimental se basó en el establecimiento de un patrón de referencia con bloques comerciales tipo P10 A, producidos por la empresa Concretera Lock Joint Consolidada C.A. (COLOCA) con el fin de permitir la comparación con los bloques OMNIBLOCK® producidos por la misma empresa con iguales condiciones de materiales, proceso y control de calidad, para garantizar una base de comparación común.

Los ensayos básicos realizados para evaluar la mampostería fueron compresión hasta la rotura de bloques individuales, compresión hasta la rotura de pilas y compresión diagonal hasta la rotura de muretes (foto 1). Los esfuerzos registrados en la fase experimental fueron obtenidos con base en el área bruta de los mampuestos y considerando las dimensiones nominales de los mismos, a excepción de los muretes donde sí se consideraron las alturas y larguras reales de los especímenes. Los resultados son los siguientes:

- a) Compresión hasta la rotura de bloques individuales.  
Para los bloques P10A se obtuvo un esfuerzo máximo promedio de  $100,4 \text{ kgf/cm}^2$  y un coeficiente de variación de 62,6%. Para los bloques OMNIBLOCK® se obtuvieron los valores de  $109,2 \text{ kgf/cm}^2$  y 9,76%, respectivamente.
- b) Compresión hasta la rotura de pilas.  
Para las pilas fabricadas con bloques P10A se obtuvo un esfuerzo máximo promedio de  $38,4 \text{ kgf/cm}^2$  y un coeficiente de variación de 17,1%. Para las pilas de bloques OMNIBLOCK® se obtuvieron los valores de  $37,6 \text{ kgf/cm}^2$  y 9,2%, respectivamente.
- c) Compresión diagonal hasta la rotura de muretes.  
Para los muretes fabricados con bloques P10A se obtuvo un esfuerzo máximo promedio de  $5,2 \text{ kgf/cm}^2$  y un coeficiente de variación de 18,2%. Para los muretes de bloques OMNIBLOCK® con aparejo a 1/2 se obtuvieron los valores de  $6,3 \text{ kgf/cm}^2$  y 21,9%, respectivamente; mientras que para los muretes fabricados con bloques OMNIBLOCK® y aparejo 1/6 se obtuvo un esfuerzo máximo promedio de  $9,2 \text{ kgf/cm}^2$  y un coeficiente de variación de 25,6%.

### Construcción de muros a escala natural

Para evaluar el comportamiento de los bloques OMNIBLOCK® desde el punto de vista sismo-resistente se fabricó una serie de muros los cuales fueron ensayados ante carga lateral alternante hasta alcanzar su agotamiento. Se utilizó la mampostería confinada y la armada internamente por ser los tipos de mampostería reforzada más comúnmente utilizados para fines sismo-resistentes en Venezuela y otros países (muros A, B, C y D). El muro tipo E fue propuesto para evaluar experimentalmente el comportamiento estructural de la configuración en el confinamiento. Las cimentaciones de los cinco muros se hicieron mediante vigas de fundación que permitieron anclar los refuerzos verticales, tanto de los machones como de los muros armados internamente, así como fijar los muros a la losa de la Nave de Ensayos Especiales del IMME. Estas vigas tenían una longitud de 450cm y sección transversal de 30cm x 50cm. El armado longitudinal consistió de cuatro barras n°6 y el armado transversal de estribos n°4 espaciados 20cm. Los muros construidos fueron los siguientes:

- Muro Tipo "A", de mampostería estructural confinada, de 2,20m de alto por 2,00m de ancho, utilizando bloques de concreto estructural convencionales (P10A), de 10cm de ancho, con resistencia a la compresión de  $100,4 \text{ kgf/cm}^2$ , utilizando un aparejo a 1/2, confinados con machones de 15cm x 15cm, armados longitudinalmente con cuatro barras n°3 y estribos n°3 espaciados cada 5cm en los 40cm extremos superior e inferior del machón y a 10cm en la zona central del mismo (foto 2).
- Muro Tipo "B", de mampostería estructural confinada utilizando bloques de concreto estructural tipo OMNIBLOCK® de 9,5cm de ancho, utilizando un aparejo a 1/2, con una resistencia de  $109,2 \text{ kgf/cm}^2$  (foto 3).

Foto 1  
Ensayos de componentes, Pilas, Muretes y Muros, Aparejos 1/2 y 1/6.  
Producción: Concretera Lock Joint

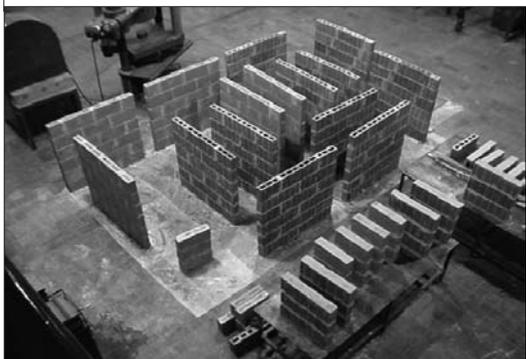


Foto 2  
Muro Tipo A  
Mampostería Confinada



- Muro Tipo "C", de mampostería armada internamente con bloques tipo P10A, con aparejo a 1/2. El armado interno vertical fue de seis barras n°3 y el horizontal de cuatro barras n°3. Los alvéolos que contenían el refuerzo vertical fueron rellenados con concreto líquido (foto 4).
- Muro Tipo "D", de mampostería armada internamente con bloques tipo OMNIBLOCK® (foto 5).
- Muros Tipo "E", de concreto estructural tipo OMNIBLOCK®, de 9,5cm de ancho, con una resistencia de 109,2 kgf/cm<sup>2</sup>, confinados mediante machones en forma de "T", vaciados en las celdas internas de los extremos del muro, reforzadas con dos barras n° 4 (foto 6).
- Las celdas del muro que contenían los refuerzos y conformaban la "T", fueron rellenados de concreto líquido con una resistencia de 242 kgf/cm<sup>2</sup>, sin estribos, ni refuerzo horizontal.

### Ensayos de materiales

Los ensayos de los materiales utilizados en la construcción de los muros, arrojaron los siguientes resultados:

#### Concreto

El esfuerzo máximo promedio de los cilindros de las vigas de fundación es 199 kgf/cm<sup>2</sup> con un coeficiente de variación de 0,77%. Los valores para los restantes cilindros fueron 189 kgf/cm<sup>2</sup> y 22,7%, respectivamente.

#### Concreto líquido

El concreto líquido empleado para la fabricación de todos los especímenes armados internamente se dosificó por volumen con tres partes de arena, una parte de cemento y con el agua suficiente para conseguir una consistencia adecuada. El esfuerzo máximo promedio de los prismas es 242 kgf/cm<sup>2</sup> con un coeficiente de variación de 10,4%.

Foto 3  
Muro Tipo B.  
Mampostería Confinada Omniblock

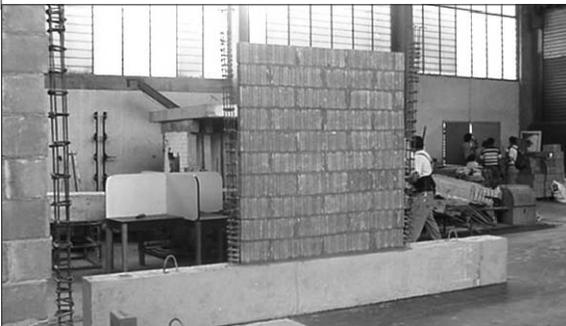


Foto 5  
Muro Tipo D.  
Mampostería Armada Omniblock



Foto 4  
Muro Tipo C  
Mampostería Armada Bloques P10A

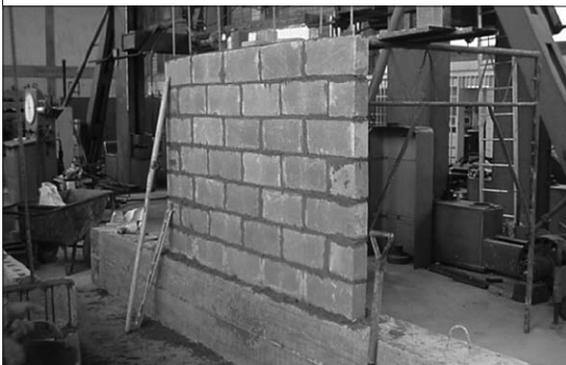


Foto 6  
Muro Tipo E. Mampostería Confinada  
Configuración en "T" Omniblock



### *Mortero*

El mortero empleado para la fabricación de todos los especímenes se dosificó volumétricamente con cuatro partes de arena, una parte de cemento y una parte de cal; con el agua suficiente para conseguir una trabajabilidad adecuada. El esfuerzo máximo promedio de los cubos es 73 kgf/cm<sup>2</sup> con un coeficiente de variación de 7,3%.

### *Barras de acero*

Se realizaron ensayos de tracción de las barras de acero empleadas para reforzar todos los muros.

### *Ensayos de muros a escala natural*

#### *Procedimiento de ensayo*

Una vez fijado cada uno de los muros a la losa de reacción del laboratorio, se le sometió a un tren de carga lateral severo y alternante. Para esto se impusieron desplazamientos laterales en el tope del muro mediante gatos hidráulicos. Dichos desplazamientos comenzaron con  $\pm 1$  mm y crecieron hasta que resultara evidente el agotamiento total o parcial del muro; o cuando se observara un deterioro significativo del mismo en las curvas de histéresis registradas. En ningún caso los muros se cargaron con acciones gravitatorias.

Todos los muros se instrumentaron con tres transductores de desplazamiento y dos celdas de presión para derivar la carga aplicada. Uno de los transductores se empleó para registrar el desplazamiento en el tope de los muros y los dos restantes para registrar el eventual levantamiento de las bases de los mismos. Todos los muros se pintaron de blanco para facilitar la identificación de la fisuración y daño de los mismos durante los ensayos.

### *Resultados*

Como resultado de esta comprobación experimental (Castilla y Marinelli, en Marrero 2002) se concluyó lo siguiente:

- 1) "Al comparar los resultados obtenidos en los ensayos básicos (compresión de bloques individuales, compresión de pilas y compresión diagonal de muretes) se observó que los bloques OMNIBLOCK® presentan características resistentes similares a las de los bloques estructurales P10A, en términos del área bruta de los mismos.
  - 2) Las propiedades sismo-resistentes de los muros se compararon con las de sistemas elastoplásticos equivalentes. De ellos se desprende que valores de ductilidad superiores a 1,25 no resultan aplicables.
  - 3) Las resistencias cedentes equivalentes obtenidas para todos los muros están en el mismo orden. Las resistencias de los muros confinados son similares entre sí. También lo son las resistencias de los muros armados internamente. El nivel de resistencia del muro propuesto por la investigadora es ligeramente inferior a los demás muros ensayados.
  - 4) En todos los casos se demostró que los muros ensayados no poseían atributos para disipar energía inelástica.
  - 5) El comportamiento desde el punto de vista sismo-resistente observado en todos los muros ante los ciclos severos de carga lateral, estuvo condicionado a que los ensayos fueron realizados sin la presencia de carga gravitatoria. Esta condición es asociada a estructuras de un solo piso y no puede ser extrapolada a otras condiciones sin el debido respaldo experimental. La presencia de la carga gravitatoria puede modificar sustancialmente los resultados observados.
  - 6) Los resultados obtenidos en los ensayos realizados indican que el bloque OMNIBLOCK® tiene un comportamiento, desde el punto de vista estructural y sismo-resistente, similar al comportamiento del bloque estructural P10A".
- Es importante señalar dos elementos significativos de los resultados obtenidos referidos a la cantidad de acero utilizado y al número de operaciones requeridas para colocar los refuerzos, obviando lo concerniente a las vigas de fundación y corona, por ser éstas un factor común en todos los muros.
- Considerando el peso del acero y el número de ejecuciones para su colocación en los muros "A" y "B" de mampostería confinada con machones como referencia (100%), tenemos que para los muros "C" y "D", se requiere 47,32% del acero y 14,70% de las ejecuciones.
  - Para el muro "E" de la mampostería OMNIBLOCK® confinada internamente mediante las "T" de los extremos, se utiliza el 15,88% del peso del acero y el 2,94% de las operaciones, lo que es un aporte para la reducción de costos de materiales y mano de obra para la construcción de viviendas de interés social de un piso. Queda pendiente verificar el comportamiento de muros en edificaciones de dos pisos en adelante.

### Objetivo 2. Comprobación analítica estructural

El objetivo fundamental del estudio es realizar los proyectos que permitan comparar la cantidad de material necesario para la estructura, de dos casos de estudio de viviendas de bajo costo, uno unifamiliar pareado de un piso y otro multifamiliar. Como referencia se utilizaron prototipos de vivienda seleccionados por su amplia utilización en proyectos financiados por FONDUR (foto 7).

#### *Descripción del modelo de edificación para viviendas unifamiliares*

Las unidades de vivienda unifamiliar se encuentran en un bloque de planta rectangular de 36m x 6,85m, con 13 ejes o líneas resistentes en el sentido corto y 2 ejes resistentes en el sentido largo en el caso de mampostería y 3 en el caso de concreto y acero.

En este caso de estudio se aplicaron los siguientes sistemas para la elaboración de los proyectos:

- Edificio aporticado de concreto con losa tradicional.
- Edificio aporticado de acero con placa con encofrado perdido estructural de lámina de acero.
- Edificio con mampostería reforzada utilizando bloques OMNIBLOCK® y estimando una resistencia de 127 Kg/cm<sup>2</sup> sobre el área neta.
- Edificio con mampostería confinada, considerando machones de 9cm x 25cm en los extremos de las pantallas y vigas de 9cm x 25cm.

#### *Conclusiones*

De los trabajos descritos se concluye que para el modelo utilizado como caso de estudio, cualquiera de los sistemas aplicados resisten favorablemente las acciones de carga vertical y sismo en cualquier región de Venezuela, con excepción del estado Sucre que por su

sismicidad requeriría de un estudio especial. El sistema OMNIBLOCK® es recomendado por la facilidad constructiva y buena resistencia aportada en las condiciones estudiadas. Se recomienda para mayor eficiencia, aumentar el número de líneas resistentes en el sentido largo, para repartir las fuerzas sísmicas y disminuir los esfuerzos en los bloques.

#### *Descripción del modelo de edificación para viviendas multifamiliares*

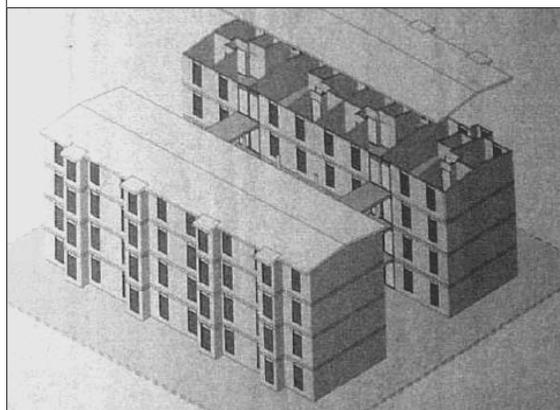
Los edificios están formados por dos módulos rectangulares unidos por una escalera. Cada uno tiene 24,40m x 7,40m, con 9 ejes resistentes en el sentido corto y 2 ejes resistentes en el sentido largo. Para poder realizar la comparación, se toma como referencia edificaciones de dos pisos, ya que por las proporciones de las plantas no es posible utilizar eficientemente los sistemas de mampostería. En este caso de estudio se aplicaron los siguientes sistemas para la elaboración de los proyectos:

- Edificio aporticado de concreto con losa tradicional.
- Edificio aporticado de concreto con losa de nervios prefabricados de concreto.
- Edificio aporticado de acero con placa de tabelones.
- Edificio con mampostería reforzada utilizando bloques OMNIBLOCK® y estimando una resistencia de 127Kg/cm<sup>2</sup> sobre el área neta.
- Edificio con mampostería confinada, considerando machones de 20cm x 20cm en los extremos de las pantallas y vigas de 9cm x 20cm.

#### *Conclusiones*

El ancho de 9cm de OMNIBLOCK® es insuficiente para trabajarlo con dos líneas resistentes en el sentido largo. Cuando se explora el proyecto con doble hilera de bloques en dichas líneas los resultados están muy cerca de los admisibles. Por tanto, se podría concluir que para la tipología de planta alargada como la del modelo en referencia sería recomendable duplicar el ancho de los bloques o las líneas resistentes. Es importante señalar que aun cuando en la norma venezolana COVENIN 42-82 no hay restricciones para el ancho de los bloques, en la normativa internacional se establece un mínimo de 12cm. Para edificaciones de dos o más pisos se recomienda estudiar aumentar el ancho del bloque, aumentar la resistencia a la compresión, aumentar el área neta disminuyendo los vacíos y aligerando el material para que no aumente su peso, aumentar las líneas de resistencia antisísmicas para que las fuerzas sísmicas se repartan en un mayor número de elementos.

Foto 7  
Referencia Prototipo de Vivienda Multifamiliar



La mampostería armada de 4 pisos se podría construir en zonas sísmicas 0,1 y 2, que corresponden a los estados Amazonas, sur de Anzoátegui, sur de Apure, parte de Bolívar y parte de Barinas.

### *Objetivo 3. Comprobación de aspectos relativos a instalaciones eléctricas y sanitarias*

El objetivo fundamental del estudio es realizar los proyectos que permitan comparar los análisis de precio unitario de las instalaciones eléctricas y sanitarias, así como evaluar los factores técnico-constructivos que inciden en la estructura de costos de las técnicas convencionales de construcción de las instalaciones eléctricas y sanitarias aplicadas a la mampostería estructural con bloques de concreto OMNIBLOCK®, considerando los requerimientos de progresividad y bajo costo. Se realizaron los proyectos de instalaciones eléctricas y sanitarias aplicando soluciones embutidas y superficiales. Estos proyectos son utilizados para la comparación de costos según se establece en el Objetivo 4. Los criterios utilizados para la evaluación técnica son Criterios de Diseño, Costo de Material, Costo de Mano de Obra, Costo y rendimiento de obra, Mantenimiento, Normas e Interacción con la Mampostería Estructural, los cuales arrojan los siguientes resultados:

#### *a) Criterios de diseño.*

En los distintos tipos y modalidades de instalaciones se requiere incluir en el proyecto un nivel de detalle que permita orientar la ejecución estética y eficiente de las instalaciones, particularmente en las opciones de instalaciones superficiales. El análisis de los proyectos demuestra que es posible incidir directamente en la estructura de costos manejando criterios tales como agrupación de espacios servidos, concentración de redes, reducción de recorridos, empleo de ventilaciones cloacales húmedas y otros, sin menoscabar la capacidad portante de los cerramientos portantes. Es importante señalar que el diseño debe ser asumido como el diagnóstico y la prescripción experta de la mejor opción posible de solución a las especificidades de una problemática en particular y no como una aplicación mecánica de normas, fórmulas o programas de computación.

#### *b) Costo de material.*

El empleo de canalizaciones para las distintas instalaciones fabricadas con PVC (cloruro de polivinilo) es cada vez más extensivo ya que constituye una alternativa

técnica y económicamente válida, pues el costo de material y mano de obra es significativamente menor que con otras opciones. Sin embargo, tanto en la etapa de diseño como en la de ejecución de obra se deben considerar sus limitaciones en cuanto a la fragilidad a los esfuerzos de compresión e impacto, su vulnerabilidad ante los rayos ultravioleta —que lo degradan haciéndolo perder su elasticidad y volviéndolo quebradizo— y, sobre todo, su condición de material combustible generador de gases tóxicos y sus propiedades como material no biodegradable y contaminante. Es importante señalar que en el caso de instalaciones superficiales hechas con tubería convencional de PVC para ser embutidas, deben ser consideradas todas las limitaciones señaladas. Las tuberías para exteriores son importadas y más costosas que las tuberías metálicas tipo Conduit EMT. En el caso particular de la tecnología OMNIBLOCK®, podemos señalar que brinda algunas posibilidades a evaluar desde el punto de vista normativo y de mano de obra para la eliminación parcial de las tuberías eléctricas, utilizando la continuidad de las celdas interiores de los bloques como ductos eléctricos.

#### *c) Costos de mano de obra.*

Este factor está muy influenciado por condiciones exógenas que inciden directamente en su valoración, tales como la cantidad de obras adicionales necesarias para su realización, el tipo de material a emplear, el tipo de mecanismo de empalme, su correlación con las otras obras dentro de la construcción, la cantidad de pasos preliminares para su ejecución definitiva (pre-armado, presentación, nivelación, fijación y otros). En el caso de las instalaciones superficiales, hay que diferenciar las instalaciones sanitarias de las eléctricas, ya que en las primeras el mobiliario y los artefactos sanitarios contribuyen a organizar y mimetizar la construcción y su presencia se circunscribe sólo a parte de la edificación. En el caso de las instalaciones eléctricas superficiales hay que considerar su presencia en toda la edificación lo que demanda una atención especial para que el resultado sea técnicamente estético, requiriendo mano de obra más calificada y condicionando el rendimiento a la calidad. Sin embargo, las instalaciones superficiales se ven menos comprometidas con la ejecución de las otras obras de construcción. Es importante señalar que al igual que ocurre con el costo de los materiales, la mano de obra también se ve influenciada por las condiciones particulares del mercado, que no es homogéneo a nivel nacional.

En el caso particular de la tecnología OMNIBLOCK®, dadas sus características geométricas que posibilitan remoción de partes así como la continuidad de celdas interiores y ranuras en su acabado exterior que pueden ser utilizadas como guías, habría que hacer estudios particulares de capacitación y rendimiento en forma experimental.

*d) Costo y rendimiento de obra.*

En las instalaciones embutidas las condiciones de programación, desarrollo y gerencia de obra son determinantes para minimizar los desfases entre las distintas obras que puedan incidir en la necesidad de hacer trabajos adicionales que distorsionarían el análisis de precios unitarios, siendo la experiencia del personal un factor que incide pero con menor peso. En el caso de las instalaciones superficiales ésta es un factor determinante debido a la menor dependencia de estas instalaciones con respecto a otras partes de la obra.

Las instalaciones sanitarias son las más afectadas por los desfases que con frecuencia se presentan en la ejecución de las obras, ya que están más vinculadas a la construcción de los elementos estructurales (fundaciones, losas y otros) y con la colocación de artefactos sanitarios, que tienen distintas relaciones de precedencia con otras partes de la obra. En el caso de la tecnología OMNIBLOCK®, por sus condiciones de transformabilidad que permiten incorporar tuberías e instalaciones dentro de las celdas internas con posterioridad a la construcción de la pared, brinda la ventaja de poder trasladar algunos trabajos de ejecución de instalaciones con menor dependencia de otras partes del proceso constructivo y realizarlas incluso al final de la obra o en sucesivas etapas de consolidación.

*e) Mantenimiento.*

La modalidad embutida dificulta las labores de mantenimiento, ya que pudiesen requerir de costosas obras de demolición y reconstrucción. De igual forma, las instalaciones superficiales permiten un mejor control del estado de las mismas facilitando su reparación o sustitución. Para el caso de la tecnología OMNIBLOCK®, la existencia de las ranuras de precorte podrían minimizar los escombros en caso de reparación de instalaciones embutidas.

*f) Aspectos normativos.*

Para los profesionales y técnicos existe la normativa correspondiente: Código Eléctrico Nacional, Normas Sanitarias MSAS-MINDUR y otras, sin embargo,

es frecuente encontrar vicios de construcción. Aun cuando esto es aplicable a todos los sistemas, se considera que la geometría de los componentes OMNIBLOCK® permite explorar otras opciones de solución para las instalaciones embutidas que no contravengan las condiciones de seguridad que en términos conceptuales respaldan las prescripciones normativas.

*g) Interacción con la mampostería estructural.*

El uso de instalaciones embutidas vinculado a la mampostería estructural requiere de consideraciones particulares debido a la doble función de cerramiento portante de las paredes, requiriendo el uso de ductos y canalizaciones para evitar la discontinuidad de planos resistentes y zonas estructuralmente débiles que pueden incidir en la aparición de daños por solicitudes de carga dinámica. Otra opción es la construcción de paramentos no estructurales para alojar dichas instalaciones. Estas consideraciones se deben hacer desde el proyecto. De igual forma se concluye que la opción de instalaciones superficiales establece una serie de ventajas comparativas por no producir discontinuidad en los planos resistentes y contribuir a minimizar las patologías, tanto de las instalaciones como de la mampostería. Con relación a su incidencia en la mampostería construida con tecnología OMNIBLOCK®, se estima que por su geometría y características de transformabilidad, reducción de desperdicios, coordinación dimensional y la posibilidad de consolidación progresiva, podría contribuir a disminuir la inversión inicial sin perjuicio de la calidad final de la obra, ya que la posibilidad de hacer uso de las celdas internas utilizando las ranuras de precorte le confiere una ventaja competitiva frente a otros bloques de concreto.

*Objetivo 4. Comprobación de confort térmico*

La condición de cerramiento portante de la mampostería estructural condiciona la geometría de las aberturas a fin de que no lesionen la continuidad de los planos resistentes. Estas condiciones han sido señaladas (Gallegos, 1989) como requerimiento indispensable, por ello se consideró importante incluir este aspecto para su estudio desde el campo del confort térmico.

El objetivo fundamental del estudio es comparar las posibilidades de confort térmico producidas por la geometría y posición de las aberturas de un caso de estudio constituido por una vivienda de bajo costo, de

uso multifamiliar, de cuatro pisos, en las siguientes condiciones de diseño:

- a) Apartamentos con ventanas de geometría cuadrada.
- b) Apartamentos con ventanas de geometría rectangular en posición vertical.

En ambos casos se simularon las siguientes situaciones:

1. La puerta de entrada se mantiene cerrada.
2. La puerta de entrada se mantiene abierta.
3. La puerta de entrada se mantiene cerrada, pero existe una pequeña abertura encima de la misma.
4. La puerta de entrada se mantiene cerrada, así como las ventanas a sotavento (ventilación por un solo lado).

El estudio se realizó mediante la construcción de un “simulador de vientos” (foto 8) con el que se reprodujo el viento atmosférico a escala y con el cual se hicieron observaciones de los flujos de aire al interior de las maquetas diseñadas para el fin planteado (foto 9). Igualmente fueron calculados los caudales de ventilación utilizando un programa de computación especializado, con el fin de completar y confirmar las observaciones experimentales. El estudio incluye conclusiones acerca de las posibilidades y limitaciones, desde el punto de vista del confort, del tipo de aberturas correspondiente a la mampostería estructural, así como las recomendaciones para la optimización de su uso en diferentes orientaciones.

#### Conclusiones

1. Las ventanas verticales son más desfavorables que las horizontales debido a que producen un flujo de aire más concentrado en el plano horizontal, cubriendo menos área en planta, y producen un caudal global aproximadamente 30% menor (según el cálculo). La primera condición es desventajosa por cuanto el aire en movimiento debería cubrir la mayor área horizontal, puesto que la gente se desplaza horizontalmente.

La segunda desventaja se refiere a la carga de enfriamiento de la ventilación, que depende de la diferencia de temperatura entre el aire interior y exterior y del caudal global que se genera, que en este caso es 30% menos que en el de las ventanas cuadradas.

2. Las desventajas antes señaladas condujeron a explorar dos variantes para el estudio, como son: dejar la puerta totalmente abierta (puede ser con una reja o celosía) o colocar aberturas pequeñas adicionales. El resultado fue favorable en el caso de la puerta abierta, que se equipara a la condición de las ventanas cuadradas.
3. El que las ventanas verticales tengan un rendimiento aproximado 30% menor que las ventanas cuadradas no significa que para muchos tipos de clima no se puedan obtener condiciones adecuadas de confort. Para ello se deben tener presentes las reglas generales de diseño climático.

#### Recomendaciones

1. Es conveniente aprovechar la abertura de la puerta de acceso para ventilación.
2. Conviene colocar aberturas pequeñas lo más alejadas posible de las grandes en sitios como la cocina o espacios donde se ubican muebles para permanencia (escritorios, sillones, etc.).
3. Se recomiendan ventanas con elementos móviles que permitan dirigir el flujo de aire, con paletas verticales y no horizontales.
4. Se deben manejar otras variables de confort, tales como:
  - Orientar las ventanas de entrada y salida de aire de modo que formen ángulos mayores de 60°, preferiblemente 90°, con relación al viento predominante en la zona.
  - Configurar los espacios internos de modo que las

Foto 8  
Túnel de Viento

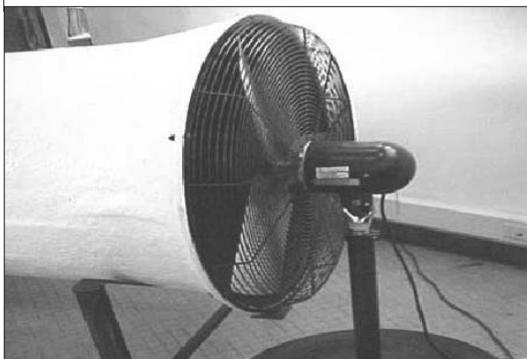
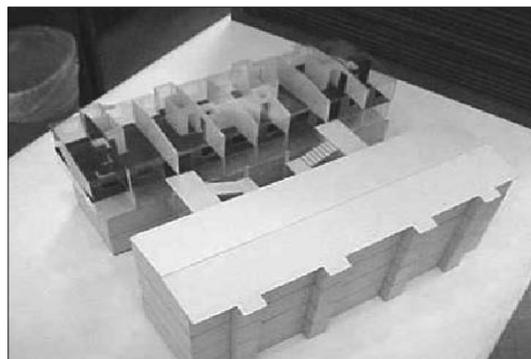


Foto 9  
Maqueta para verificación  
experimental de flujos de aire



paredes sean paralelas a la dirección del viento incidente, para disminuir las pérdidas de energía cinética.

- Aprovechar la vegetación y las construcciones externas para inducir la captación aerodinámica del viento o para aumentar las diferencias de presión entre las fachadas de entrada y de salida del aire.
- Usar, en lo posible, cerramientos internos permeables.
- Utilizar techos con aberturas que induzcan entrada de aire.
- Utilizar configuraciones de techo que actúen como obstáculo, con el fin de aumentar las diferencias de presión entre fachadas opuestas o cuyos volados permitan la captación del viento.
- Usar parasoles verticales ubicados para acelerar la entrada de los vientos dominantes.
- En caso de complejos urbanos, utilizar el orden geométrico para asegurar que el viento llegue a todas las viviendas.

#### *Objetivo 5. Verificación de costos*

En esta parte del estudio se sintetizan y analizan los aspectos referidos a su competitividad como sistema estructural y a la especificidad de los sistemas de instalaciones que le son pertinentes. En este sentido se pretende:

- Detectar dentro de la estructura de los precios unitarios los factores determinantes en la variación de los costos si se modifica la técnica constructiva.
- Ponderar comparativamente los costos de la técnica constructiva de la mampostería estructural con bloques de concreto OMNIBLOCK® con otras alternativas de superestructura para viviendas de bajo costo (unifamiliar y multifamiliar).

#### *Estrategia metodológica*

A los fines de alcanzar plenamente los objetivos planteados, se procedió a elaborar los presupuestos de obra a partir de los cálculos y especificaciones de los proyectos realizados (sanitarias, eléctricas y estructuras). Para el caso de las instalaciones, se realizaron para dos técnicas constructivas: superficiales y embutidas en PVC (EMT metálico sólo en eléctricas); y en el caso de las estructuras para cuatro variantes: mampostería confinada y reforzada con bloques de concreto OMNIBLOCK®, aporticado de concreto y aporticado de acero, tanto para la vivienda unifamiliar como para la multifamiliar.

Se realizaron los análisis de precios unitarios de cada una de las partidas y para la totalidad de las posibilidades ya referidas, haciendo un estudio de su estructura de costos con el fin de detectar los factores

determinantes en su variación (materiales, equipos, mano de obra, rendimiento y otros).

Como resultado del análisis entrecruzado de la información elaborada se establecieron las conclusiones y recomendaciones sobre la variación de los costos de construcción cuando se modifica la técnica constructiva, haciendo énfasis en lo relativo al empleo comparativo de la tecnología OMNIBLOCK® con relación a otras prácticas convencionales.

#### *Análisis comparativo de los costos de construcción*

Como producto inicial del presente trabajo, y de acuerdo con la estrategia metodológica planteada, se realizaron todos los presupuestos en función de los cálculos de obra contenidos en los proyectos elaborados en la fase inicial, es decir, incluyendo todas las partidas allí contempladas; sin embargo, con relación a la etapa posterior del estudio comparativo de la variación de los costos de construcción cuando se modifica la técnica constructiva, se hicieron las siguientes consideraciones:

#### *Obras preliminares:*

A los efectos de este análisis y en función de los objetivos planteados, todas las partidas que hayan sido incluidas en la elaboración de los presupuestos relativas a las obras preliminares de acondicionamiento y excavación del terreno, aducción, empotramiento y acometida de instalaciones sanitarias y eléctricas, así como las construcciones menores para oficina, depósitos y baños de obra, no fueron consideradas ya que las mismas son comunes a las distintas variantes de técnicas constructivas.

#### *Partidas de obra comunes en general:*

A los efectos de este análisis y en función de los objetivos planteados, todas aquellas partidas que resultaron comunes a las distintas alternativas planteadas no fueron consideradas a los fines de detectar en la estructura de sus precios unitarios los factores determinantes en la variación de los costos de construcción, haciéndose un resumen de las partidas no comunes y profundizando en su estudio particular.

#### *Obras de estructuras:*

A los efectos de este análisis y en función de los objetivos planteados, fueron consideradas a los fines del estudio comparativo de costos de construcción todas las partidas relativas tanto a las obras de superestructura como a las de infraestructuras (fundaciones), siendo en las primeras donde radican las diferencias significativas en

las técnicas constructivas planteadas (mampostería estructural y estructura aporticada), así como en las variantes de las mismas que fueron proyectadas (confinada, reforzada, de acero y de concreto). En las partidas relativas a las obras de infraestructuras (fundaciones), a la hora de ponderar su influencia sobre los costos de construcción hay que considerar que las mismas no son específicas de una variante estructural, pudiendo ser utilizadas en cualquiera de ellas y teniendo como única limitante la pertinencia técnico-económica en función del tipo de suelo.

#### *Estudio de costos de construcción*

La ponderación de los valores obtenidos del análisis de los presupuestos de obra, tanto en términos absolutos como porcentual, están expresados en una serie de gráficos donde en el caso particular de los porcentajes, por facilidad de lectura gráfica, se estableció como valor menor el 100%, de modo que la diferencia real entre los ítem resulta de la sustracción de este valor menor al valor mayor.

### Conclusiones y recomendaciones

1. En cuanto a las instalaciones eléctricas y sanitarias, se constata numéricamente en este estudio lo expresado de forma empírica en el documento Análisis técnico-constructivo de los proyectos de instalaciones eléctricas y sanitarias para viviendas de bajo costo ajustadas a las condiciones particulares de la mampostería estructural con bloques de concreto OMNIBLOCK®, con relación a la importancia de unos adecuados y específicos criterios de diseño y cálculo como factor determinante de la estructura de costos de construcción de la tipología de vivienda estudiada, lo cual se hace igualmente aplicable en lo relativo al diseño y cálculo de los sistemas estructurales y de cerramientos.
2. Esta consideración apunta hacia una reapreciación del rol deontológico que deben jugar los distintos profesionales del área en el desempeño de su actividad profesional cotidiana, pero muy particularmente cuando se trata de la problemática de la vivienda de bajo costo porque como fuera expresado en el ya citado documento técnico-constructivo, el exceso en los costos de construcción por una inadecuada propuesta de proyecto conspira contra las probabilidades de otorgar mejores condiciones en las futuras viviendas de sectores socioeconómicos para con quienes estamos en el deber ético y moral de ayudar a superar de forma digna la oprobiosa condición del hábitat en el que se desarrollan.
3. En cuanto a la conformación de la estructura de costos de las instalaciones se pudo ponderar que el factor determinante, tanto para las eléctricas como para las sanitarias, es la mano de obra, la cual constituye entre 62% y 80% del costo total, según el caso.
4. Con relación a las instalaciones eléctricas propuestas, se pudo ponderar numéricamente lo apreciado en el anterior informe técnico-constructivo en cuanto a considerar la variante de PVC superficial como la opción más económica en términos absolutos, sin embargo, se considera ineludible hacer hincapié en lo señalado en el citado informe acerca de que el uso del PVC liviano para las obras eléctricas superficiales resume un conjunto de situaciones potencialmente problemáticas, como lo son: el deterioro por la acción de los rayos ultravioleta, su fragilidad a los esfuerzos de compresión e impacto, la combustibilidad tóxica y la condición de material no biodegradable y contaminante.
5. Del mismo modo, hay que puntualizar que el PVC liviano normativamente está orientado a ser utilizado de forma embutida, y que si se utilizaran las canalizaciones de PVC especialmente diseñadas para ser usadas de modo superficial esta variante dejaría de ser la opción más económica ya que en Venezuela este material es importado y resulta más costoso incluso que la tubería metálica del tipo EMT.
6. En lo que refiere a las instalaciones sanitarias, tanto aguas blancas como aguas negras, se pudo ponderar numéricamente que las opciones más económicas en cada caso son las variantes de PVC superficiales las cuales, si bien no son tan vulnerables a las cargas de compresión e impacto como las tuberías usualmente utilizadas en las instalaciones eléctricas superpuestas, conservan lo relativo a la combustibilidad tóxica y la condición de material no biodegradable y contaminante.
7. Cabe destacar que en algunos países las normativas (como por ejemplo el Eurocódigo) no permiten el uso de canalizaciones de PVC para embutir colocadas de forma superficial ya que se considera que éstas y los pegamentos que se emplean en su armado emanan permanentemente vapores nocivos para la salud, sin descontar los otros factores contraproducentes ya mencionados.
8. En virtud de lo anteriormente expuesto, se considera que si bien el empleo de canalizaciones de PVC (cierre de polivinilo) constituye una opción técnica y eco-

- nómicamente válida para las instalaciones eléctricas y sanitarias de la vivienda de bajo costo, éstas deben ser utilizadas tomando en consideración sus desventajas comparativas con otros materiales así como las amenazas a las que son vulnerables y que propician su deterioro, y la amenaza que ellas representan para la salud de los individuos y la calidad del ambiente.
9. Por tanto, se considera que la reflexión acerca de las especificaciones técnico-constructivas y sus costos no debe hacerse tan solo desde el punto de vista cuantitativo sino que se debe ponderar también en función de lo cualitativo, que es el ámbito que nos va a permitir magnificar la diferencia entre gasto e inversión al incluir la variable costo-beneficio, en este caso socioeconómico.
  10. Con el fin de ejemplificar la consideración anterior, se establece la siguiente comparación con datos obtenidos de este mismo estudio: la diferencia porcentual de costo entre las canalizaciones eléctricas superficiales de PVC (plástico ligero) y las de EMT (metal galvanizado) es de aproximadamente 11%, siendo la primera opción la más barata; sin embargo, las canalizaciones de EMT no presentan ninguna de las desventajas comparativas ya ampliamente señaladas para el PVC, además de que en una etapa posterior de consolidación y mejoramiento de la vivienda la misma red de tuberías, cajetines y uniones sirven de conductores para el sistema de aterramiento, que es una exigencia de las instalaciones eléctricas contemporáneas debido a la naturaleza de los equipos, mientras que para la red de PVC habría que adicionar un conductor específico para tal fin generando costos adicionales para su instalación.
  11. Con relación al análisis comparativo de las alternativas estructurales se considera oportuno ratificar lo que fuera establecido para las instalaciones acerca de la importancia fundamental de unos adecuados y específicos criterios de diseño y cálculo como factor determinante de la estructura de costos de construcción en general pero, sobre todo, en el caso de la vivienda de bajo costo.
  12. Llama la atención la relevante diferencia de costo de la alternativa con estructura metálica con relación a las demás, según sus cómputos y especificaciones, lo cual pareciera descartar de plano este tipo de material para la resolución de superestructuras de viviendas de bajo costo; sin embargo, la práctica habitual nos indica que existen en el mercado alternativas de superestructuras metálicas, solas o combinadas, que resultan competitivas para este tipo de construcciones de poca envergadura, lo cual nos abre otra perspectiva sobre la posibilidad de revisar la propuesta en sí misma, cosa que como ya fuera expresado escapa a los objetivos específicos del presente análisis comparativo.
  13. En cuanto a las infraestructuras planteadas se pudo ponderar numéricamente que tanto para la vivienda unifamiliar como para la multifamiliar la alternativa que resultó de menor costo fue la losa de fundación, la cual varió aproximadamente entre 36% y 55% por debajo del monto de la alternativa de fundación directa.
  14. A este respecto es oportuno enfatizar lo ya expresado en cuanto a que las alternativas de fundaciones no son específicas de una variante estructural, pudiendo ser utilizadas en cualquiera de ellas y teniendo como única limitante la pertinencia técnico-económica en función del tipo de suelo.
  15. En lo referente a la conformación de la estructura de costos de las alternativas de superestructura planteadas, tanto unifamiliares como multifamiliares, se pudo ponderar que el factor determinante es el relativo al uso de los materiales, tanto para las de esqueleto portante como para las de bloques de concreto OMNIBLOCK®, los cuales constituyen aproximadamente entre 58% y 72% del costo total, según el caso.
  16. Con relación a las alternativas de superestructuras propuestas, tanto para la vivienda unifamiliar como para la multifamiliar, se pudo ponderar numéricamente que la opción de menor costo como valor absoluto resultó la del OMNIBLOCK® reforzado.
  17. Así mismo se pudo constatar que la economía de costos con relación a los otros sistemas estructurales aumenta de forma significativa en la vivienda multifamiliar, lo cual nos habla de la posibilidad del aumento de la eficiencia en el uso del OMNIBLOCK® reforzado de una forma directamente proporcional a la magnitud de la edificación a construir.
  18. Esta economía de costos oscila aproximadamente entre 14% y 102% en el caso de la vivienda unifamiliar, y entre 42% y 114% cuando se trata del caso de la vivienda multifamiliar.
  19. Es necesario puntualizar que en los costos anteriores no se está considerando la incidencia de cerramientos y acabados para los sistemas de esqueleto portante; sin embargo, en el caso del OMNIBLOCK® sí se contempla dicha incidencia de costos por tratarse de un sistema de mampostería estructural, por lo tanto, si se desea obtener un valor comparativo de las alternativas no sólo como sistemas estructurales sino como costos integrales de construcción, habría que incluir los datos

necesarios para lo cual se incluirá dentro del material los presupuestos de aquellos rubros pertinentes a la complementación de la información necesaria para establecer juicios comparativos de costos de construcción entre las distintas propuestas (losas de entrepiso, cerramientos, acabados y otros).

20. Otro aspecto concluyente que se puede extraer de este estudio, se refiere a que en el caso de la vivienda unifamiliar el empleo de la variante del OMNIBLOCK® confinado no representa ninguna economía con relación a la del concreto armado, quedando sus costos prácticamente iguales.
21. Del mismo modo, llama poderosamente la atención la marcada diferencia de costo comparativo de las variantes en acero, tanto para la vivienda unifamiliar como para la multifamiliar, lo cual nos llama a tener prudencia antes de sacar conclusiones apresuradas de este comportamiento, dejando plasmada la inquietud a los profesionales que orientaron la concepción del diseño y cálculo de las mismas, no afectando para nada con esto el logro de los objetivos planteados en el trabajo.
22. Es oportuno puntualizar que las ponderaciones han sido realizadas en forma de valor absoluto y porcentual con la intención de tratar de extender la vigencia de estas relaciones de costo por encima de los factores de inflación que afectan los presupuestos de obra.

## Reflexiones al cierre

El sector construcción es uno de los mayores generadores de empleo de nuestro país. Sobra reflexionar sobre las implicaciones económicas que podría representar un sistema constructivo abierto, compatible con los sistemas existentes, concebidos bajo criterios que permiten el crecimiento progresivo de las edificaciones, en contraposición a los elementos constructivos existentes en el mercado que fueron diseñados para realizar construcciones terminadas de una sola vez. Los componentes del sistema constructivo OMNIBLOCK® tienen la ventaja de estar inscritos en una modalidad tradicional de construcción: la mampostería, lo que propicia su aceptación cultural, pero a su vez explora la construcción utilizando la mampostería como cerramiento estructural, ampliamente experimentado con éxito en Colombia y Perú, y que representan ahorros de 25% sobre la construcción con vigas y columnas (García, 1985). La tecnología propuesta introduce conceptos modulares para la utilización de un mismo componente en paredes y losa de techo y entrepiso. La posibilidad de

obtener diversas dimensiones de bloque por la vía de la modificación posterior a la producción permite ventajas a nivel de productor pues disminuye los inventarios. Adicionalmente, la ventaja natural de los componentes de pequeñas dimensiones favorece la utilización de los mismos en las zonas marginales y de difícil acceso, siendo esta característica especialmente importante en un país donde la mayoría de las soluciones habitacionales están siendo construidas por el sector informal de la construcción. La inversión requerida para poner el producto de la investigación a punto de ser transferida, es indispensable si se pretende obtener finalmente el retorno del capital invertido por nuestra Universidad en la atención de esta área prioritaria y permitiría que la UCV, en forma concreta, pudiese contribuir a resolver el problema de la disminución de los costos de construcción.

En un tema tan medular como la construcción masiva de viviendas de bajo costo, la validación experimental y analítica de la tecnología OMNIBLOCK®, un producto universitario, obtiene un posicionamiento estratégico importante al poder contar con resultados que permiten una responsable aplicación de la tecnología, así como una cuantificación que avala las decisiones para el proyecto y construcción de las instalaciones eléctricas y sanitarias. De igual forma, el estudio de las condiciones de confort permiten un manejo integral de los criterios que afectan las condiciones estructurales y de cerramiento.

Haber podido profundizar en la verificación de la propuesta a través de el Programa de Desarrollo de Tecnologías del Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico será determinante para la futura comercialización del producto y poder así finalmente cumplir con la función social por la cual fue concebida la tecnología OMNIBLOCK®. En este sentido, es importante señalar dos elementos significativos que se desprenden de los resultados obtenidos en los ensayos realizados en el IMME, referidos a la cantidad de acero utilizado y al número de operaciones requeridas para colocar los refuerzos de los muros, obviando lo concerniente a las vigas de fundación y corona, por ser éstas un factor común en todos los casos evaluados. Para los muros confinados de la manera convencional prevista en las normas (muros "A" y "B"), se utilizaron barras n° 3 para reforzar los 2 machones de concreto, mediante 8 barras verticales, y 60 estribos, lo que significa 27,13 Kg de acero y 68 ejecuciones. Para los muros de mampostería armada internamente se utilizaron, barras n° 3 para los 6 refuerzos verticales, que fueron recubiertos con concreto

líquido, y 4 para los horizontales, resultando un total de 12,84 Kg de acero y 10 ejecuciones.

Para el muro tipo "E", confinado mediante la forma de "T" vaciadas con concreto líquido en los extremos y con 2 barras verticales n°4, propuesto en la investigación, se utilizaron 4,41 Kg de acero y cuatro operaciones.

Tal como se indica en las conclusiones parciales todos los muros se comportaron de manera similar y un poco por debajo el tipo "E", obteniéndose los valores para el cálculo para el caso de edificaciones de un piso. En el análisis comparativo, tomando el peso del acero y el

número de ejecuciones para su colocación en los casos "A" y "B", de mampostería confinada con machones como referencia (100%), tenemos que para los casos "C" y "D", se requiere 47,32% del acero y 14,70% de las ejecuciones.

Para el caso "E" de la mampostería OMNIBLOCK® confinada internamente mediante las "T" de los extremos, se utiliza 15,88% del peso del acero y 2,94% de las operaciones, lo que constituye un aporte para la reducción de costos de materiales y mano de obra para la construcción de viviendas de interés social.

## Referencias bibliográficas

- Arnal, Enrique y Neri, Elinor (2001) "Comprobación analítica estructural", en Marrero, 2002.
- Castilla, Enrique y Marinilli, Angelo (2001) "Evaluación experimental del bloque de concreto OMNIBLOCK". Informe Técnico 209414, en Marrero, 2002.
- Gallegos, Héctor (1989) *Albañilería estructural*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Editorial La Casa, Perú.
- García, Luis (1985) Mampostería estructural en Colombia. Taller Normativa y Seguridad en zonas sísmicas. IMME/SOCVIS/OEA. Caracas.
- Márquez, Augusto (2002) "Análisis comparativo de costos unitarios de construcción". Informe técnico, en Marrero, 2002.
- Márquez, Augusto y Márquez, Leonardo (2001) "Criterios y proyectos de instalaciones eléctricas y sanitarias para mampostería estructural", en Marrero, 2002.
- Marrero, Mercedes (2002) Tecnología Omniblock. Mampostería estructural de bloques de concreto para la construcción progresiva. Informe Final de Investigación CDCH PTD 02 32 4190 98 financiada por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CDCH) de la Universidad Central de Venezuela UCV. IMME/UCV. Mimeo. Caracas.
- Rosales, Luis (2001) "Análisis de aspectos de confort térmico referido a las limitantes de las aberturas". Informe técnico, en Marrero, 2002.