

# Mampostería estructural de bloques de concreto.

## Proceso de diseño de la tecnología Omniblock

Arq. Mercedes Marrero

### Resumen

El presente trabajo recoge los principales aspectos del proceso de diseño de la tecnología de mampostería estructural de bloques de concreto denominada Omniblock, desarrollada en el Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción, IDEC, de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela.

Se incluye una breve descripción del contexto en que se concibe la propuesta, la metodología empleada, las conclusiones del estado del arte, las vías exploradas y el proceso de diseño. Se esboza el proceso de verificación de la técnica y se concluye con algunas reflexiones referidas al mercado y factibilidad de aplicación de la propuesta.

### Abstract

*This investigation gathers the principal aspects of the design process related to the concrete bricks structural masonry technology called Omniblock, product of the master thesis developed at the Construction Experimental Develop Institute subscribed to the Architecture & Urbanism Faculty, Universidad Central de Venezuela. It included a brief description of the context in which the proposal is conceived, the methodology used for this purpose, the conclusions, the explored ways and the design process. Also, it is outlined the technique verification process and is concluded with some reflections referred to the market as well as to the proposal application feasibility.*

### Introducción

El desarrollo de técnicas constructivas que permitan disminuir los costos de viviendas destinadas a las personas de escasos recursos económicos en un país como Venezuela, con 80% de su población en condición de pobreza, es un reto de larga data que se ha tratado de resolver desde el ámbito de la práctica constructiva y el sector formal de la construcción. Éste, frecuentemente, ha adoptado métodos, tecnologías y fórmulas ajenas a nuestra realidad social, económica y geográfica.

En efecto, a partir de 1978, el aumento de la inflación y de las tasas de interés originaron que por primera vez los costos financieros tuviesen un peso significativo en los costos de la construcción, por lo cual se generaron una serie de acciones, tendentes a disminuir el tiempo de ejecución de las obras como medio para acelerar la rotación de capital. En este sentido, se recurrió a técnicas con una alta inversión en capital fijo, tales como la prefabricación y los encofrados tipo túnel. Muchas empresas, gracias a una moneda sobrevaluada frente al dólar, importaron maquinarias, equipos y plantas completas de prefabricados, que una vez instaladas, se encontraron con una economía deprimida en la que no tienen cabida, debido a la disminución de los proyectos, el aumento de los costos de producción, y la dificultad de estas técnicas para adaptarse a los cambios (Cilento, 1990).

Frente a esta situación, el sector informal ha asumido la vía de la autoconstrucción y la autogestión, utilizando fundamentalmente, bloques de arcilla reforzados con machones y vigas de concreto (Rosas, 1988). Sin embargo, las condiciones de seguridad y eficiencia de estas soluciones dejan una gran interrogante, por lo que se plantea la necesidad de estudiar opciones que retomen los aprendizajes de la construcción popular y aporten mejoras que puedan ser incorporadas a la práctica cotidiana, sin violentar las convicciones culturales de los usuarios.

### Descriptores:

Diseño; Tecnología;  
Mampostería; Concreto;  
Vivienda progresiva.

### Descriptors:

Design; Technology;  
Masonry; Concrete;  
Progressive house.

TECNOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN. Vol. 17-3, 2001, pp. 43-62.  
Recibido el 05/05/99 - Aceptado el 21/03/01

## artículos

Una de estas opciones, de especial interés en el caso de los medios urbanos, es la mampostería estructural de bloques de concreto, la cual en otros países como Colombia y Perú con características semejantes a las de Venezuela, ha resultado ser 25% más económica que la opción de bloques de arcilla y aporticado (Gallegos, 1985).

Sin embargo, aun cuando existe una tradición en mampostería y una capacidad instalada para la producción de componentes que avala las posibilidades de éxito para incorporar una propuesta que se inserte en este tipo de técnica, debemos acotar que hay deficiencias desde el punto de vista del manejo del conocimiento de la mampostería estructural por parte de diseñadores, calculistas y constructores, agravado por la inexistencia de normas de cálculo específicas.

En cuanto a la producción del material, existe poca tradición en la exigencia de control de calidad, para el cumplimiento de la norma Covenin correspondiente (42-82), lo que se traduce en una competencia de precios y no de calidad.

Otro elemento a considerar son las políticas. Si consideramos que se ha sustituido el sistema tradicional del subsidio por un nuevo concepto más adecuado a la realidad económica del país, donde los beneficios puedan ser disfrutados por las familias y no por el sector financiero, se requiere que la solución técnica tenga coherencia con las condiciones socioeconómicas del medio donde pretende insertarse, ya que aparentemente el camino de la prefabricación pesada no ha sido todo lo eficiente que se esperaba, tal como se desprende del hecho de que entre los años 79 al 83 del total de viviendas construidas por el Inavi, sólo 5,27% se realizó utilizando sistemas prefabricados (Marrero, 1992).

Posteriormente surgió una nueva estrategia, mediante el *Programa de incentivos a la innovación en la producción y comercialización de materiales y componentes para la habitación popular* (PROMAT), el cual tiene por objeto disminuir los costos de construcción de las viviendas por la vía de los materiales y componentes, ya que el peso de los insumos (62,97%) con relación a los factores de mano de obra y maquinaria, así lo justifica (Tecnidec, 1986). Este proyecto, conjuntamente con la incorporación del concepto de vivienda progresiva, pretende atacar el problema de la vivienda de bajo costo con una estrategia más coherente con las decisiones políticas adoptadas.

### La mampostería estructural de bloques de concreto

Las razones por las que se plantea el uso de la mampostería estructural de bloques de concreto

como un sistema competitivo y factible para la construcción de viviendas de bajo costo son:

- Es una técnica conocida y manejada en todo el país, lo que garantiza su aceptación y uso, tanto en el sector formal como en el informal.
- Utiliza mayor consumo de mano de obra que de capital fijo, lo cual lo hace accesible al sector informal y a pequeñas constructoras que no poseen equipos.
- Los materiales y componentes se producen en forma industrializada en el país, por lo que cualquier modificación para mejorar el rendimiento a través de ellos podría ser introducido fácilmente a gran escala.
- El sistema tradicional permite crecimiento progresivo y sus componentes se comercializan en todo el país.
- Los componentes del sistema de mampostería se caracterizan por tener pequeñas dimensiones, por lo que son fácilmente transportables y manipulables.
- En edificaciones con una altura no mayor de 4 pisos, la mampostería resulta ser el sistema de mayor economía, dentro de la construcción convencional, tal como se desprende del siguiente cuadro, en el cual podemos observar que las alternativas de mampostería reforzada y de mampostería confinada tienen menor proporción de concreto y de hierro por metro cuadrado de construcción.

Alternativa	% concreto (m <sup>3</sup> )	% hierro (kg/m <sup>2</sup> )
Pórticos de concreto	17,28	19,99
Pórticos con muros de concreto	19,58	20,82
Pórticos con muros de mampostería reforzada	18,18	22,31
Mampostería reforzada	16,63	17,45
Mampostería confinada	8,94	17,96

Fuente: L. García. 1985. "Mampostería estructural en Colombia". Taller Normativa y Seguridad en Zonas Sísmicas. Caracas, IMME/SOCVIS/OEA.

### Una mirada al proceso

A título ilustrativo, se señalan a continuación los aspectos más relevantes que constituyen el proceso de investigación y su culminación en el desarrollo de la tecnología Omniblock.

Las diferentes etapas se retroalimentan continuamente, hasta llegar a una opción que satisfaga las expectativas del investigador por presentar evidentes ventajas con relación al universo de sistemas existentes en el estado del arte. Una vez explicado el proceso general, procederemos a desarrollar cada uno de ellos, a fin de aclarar su objetivo fundamental.

## 1. Aspectos conceptuales

El diseño de una propuesta tecnológica va más allá de definir las características físicas de los objetos, involucra aspectos relacionados con su aplicación, por tanto, se incluyen diferentes opciones referidas a:

### 1.1. Conceptos estructurales

Según el ingeniero Luis García, en su trabajo titulado "Mampostería estructural en Colombia", presentado en el Taller Normativa y Seguridad en Zonas Sísmicas (IMME/SOCVIS/OEA), en 1985, el uso de la mampostería en muros se clasifica en:

A) Muros/diafragma: Son aquellos muros, en los que su marco de confinamiento está constituido por un pórtico, el cual se construye primero. La participación de la mampostería no se considera para efectos de cálculo. En la realidad, actúa como rigidizador frente a esfuerzos laterales. Las cargas verticales son soportadas por los pórticos.

B) Mampostería no reforzada: Se refiere a los muros cuyas piezas se unen solamente con mortero. Su utilización no se recomienda en zonas sísmicas.

C) Mampostería reforzada: Se construye colocando acero de refuerzo vertical dentro de las celdas de las unidades, cada cierto espaciado y acero de refuerzo horizontal dentro de las pegadas horizontales o en vigas embebidas dentro del muro.

D) Mampostería de muros confinados: Es aquella donde el muro está confinado por vigas y machones de amarre que por lo general se construyen después que los muros están hechos. El muro soporta, tanto las cargas verticales como las horizontales (gráfico 1).

### 1.2. Arquitectura/estructura/instalaciones

Uno de los principales riesgos de la mampostería estructural lo constituye el manejo inadecuado de los conceptos resistentes/espaciales y de instalaciones, ya que las incoherencias entre estos aspectos se traducen en ineficiencia del sistema, lo que origina una gran cantidad de remiendos y modificaciones que complican y encarecen la solución.

En este sentido, se debe considerar la función estructural del cerramiento para el diseño de las instalaciones y aberturas de edificaciones de mampostería estructural (gráficos 2 y 3).

Gráfico 1:  
Concepto estructural

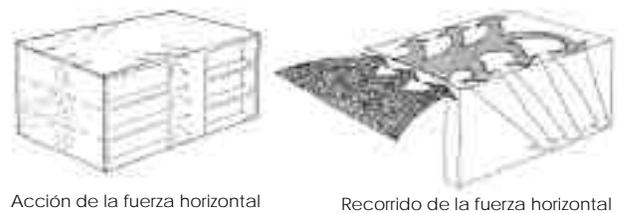


Gráfico 2:  
Coherencia arquitectura/  
estructura/instalaciones

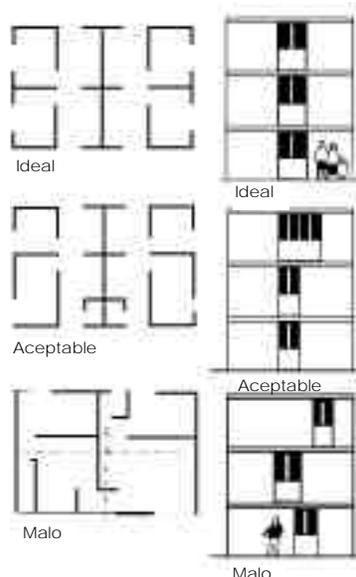
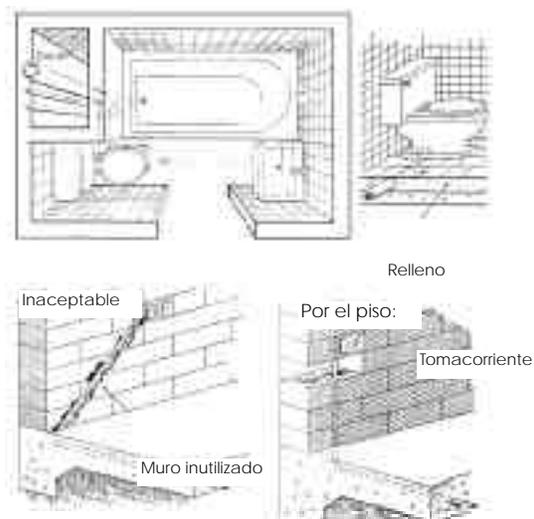


Gráfico 3:  
Simetría y continuidad



## artículos

### 1.3. Características, ejecución, producción y normas de los materiales

#### 1.3.1. Bloques

**Características.** Se pueden clasificar en pesados o livianos, de geometría regular o machihembrados, con diseño de uso universal o especial, formado por uno o varios tipos de material, de formatos menores, iguales o mayores a los producidos en el país, tal como puede apreciarse la gráfica. En conclusión, los diferentes rangos que se observan en el estado del arte son: en peso, un máximo de 30 kg por unidad (bloques dos caras D.B.A.); con relación al tamaño, por lo general se encuentran entre 15/20/25 cm de alto (excepcionalmente 50 cm en el bloque Durisol, Suiza), entre 40 y 45 cm de largo (sólo el Durisol tiene 75 cm) y en cuanto al ancho, éste oscila entre 10 y 25 cm. Por último, si analizamos la geometría de los elementos estudiados, podemos concluir que en todos los casos deja, por lo menos, una de sus caras planas, en el sentido perpendicular a las aberturas.

**Producción.** La forma de producción puede ser:

- Artesanal, cuando se realiza mediante encofrados de madera; su rendimiento depende del número de éstos.
- Mecanizada, cuando se realiza mediante las máquinas moldeadoras llamadas ponedoras, pudiendo tener un rendimiento promedio de 1.300 bloques/día según el tipo de máquina.
- Industrializada, cuando el proceso se realiza mediante una tecnología que incorpora integralmente todas las etapas de la producción con alto grado de mecanización; el rendimiento promedio de la producción en una jornada de 8 horas es de 14.000 bloques. Este sistema tiene limitaciones en cuanto a las dimensiones máximas que pueden tener los bloques, las cuales son 60 x 60 x h=30 cm.

Es importante señalar que para bloques con responsabilidad estructural, es especialmente necesario el control de calidad, lo que en nuestro país es inexistente en la casi totalidad de las bloqueras, por lo que se observan sustanciales diferencias en la resistencia del producto según la planta en donde han sido elaborados (Pérez y otros 1987).

**Normas.** Las normas venezolanas sobre bloques huecos de concreto (Covenin 42-82), están basadas en las Normas (contec 247-67, ASTM C90-75, ASTM C129-75, ASTM C140-75). En ellas se establecen condiciones que representan restricciones para el diseño de bloques; éstas son:

- Según los agregados, los bloques pueden ser: pesados, con arena como agregado, y un peso unitario seco de 2.000 kg/cm semipesados, fabricados con mezcla de arena y agregados livianos; su peso unitario seco oscila entre 1.400 y 2.000 kg/cm livianos, fabricados con agregados livianos y con un peso unitario del concreto seco menor a 1.400 kg/cm.

b) Con respecto a su resistencia, los bloques pueden ser: tipo A, para ser utilizados para paredes de carga, distinguiéndose la clase A1, para paredes exteriores expuestas a la humedad y la clase A2, para paredes exteriores no expuestas a la humedad. Los tipo B corresponden a bloques para paredes no estructurales y contemplan, también, las clases según su exposición a la humedad.

c) Con relación a las dimensiones, se presenta una lista de las existentes en el mercado, pero se hace la salvedad de que "pueden fabricarse bloques con otras dimensiones, siempre y cuando cumplan con lo especificado en esta norma", por lo que, en consecuencia, las limitaciones están establecidas por los espesores de las paredes de los nervios, la absorción del agua, la resistencia a la compresión, y la apariencia y acabados.

Es importante señalar que en nuestro país la exigencia en el cumplimiento de estas normas no se realiza ni por parte de Covenin ni de los consumidores del producto, con algunas excepciones, tales como las compañías petroleras. Por tanto, la gran mayoría de las bloqueras no las toman en cuenta, ya que sus productos se venden sin necesidad de ocuparse de ese aspecto.

**Diseño de mezcla.** En la mampostería estructural es de suma importancia el diseño de mezcla, tanto para la elaboración de las unidades de mampostería como del mortero que las une y del concreto líquido en el caso de mampostería reforzada.

Con relación a la mezcla para bloques, se hizo una revisión de los concretos livianos, ya que el peso es uno de los factores importantes a controlar en este tipo de construcción. Este concreto liviano se puede obtener por diversos medios, tales como:

- Agregados livianos, los cuales pueden ser naturales (de origen volcánico) o artificiales (arcillas, pizarras, etc.).
- Concreto sin finos, el cual está formado por agregados gruesos (1"-2"), cemento y agua.
- Concreto aireado o celular, formado por una estructura de diversas celdas de aire no comunicadas entre sí, producidas por un agente generador de gas que se añade antes del fraguado, tales como cenizas de combustible pulverizado. Este material, curado en autoclave, es resistente y ligero y presenta dos modalidades:

Concreto espumoso, tales como el Foamcen, que es utilizado fundamentalmente como termo aislante; concreto gaseado, que se obtiene mediante una reacción química que genera un gas en el mortero, que al fraguar contiene un gran número de burbujas. La reacción química se puede lograr con polvo de zinc o de aluminio.

De estos tipos de concreto, los más utilizados para bloques en Venezuela son los aligerados con agregados livianos de arcillas expandidas (Aliven). Los aligerados resultan ser de alto costo.

**1.3.2. Mortero.** Tomaremos como referencia el trabajo final de grado de la Facultad de Ingeniería, UCV, 1987, presentado por M. Perozo y otros, titulado "Evaluación del comportamiento de muros con bloques de concreto bajo la acción de carga lateral", el cual contempla los siguientes aspectos.

**Características.** Su calidad se define comúnmente mediante la resistencia que presenta a la compresión. Sin embargo, son más significativas para el comportamiento del conjunto la capacidad para desarrollar buena adherencia con las piezas, la manejabilidad y las propiedades de deformabilidad. Ahora bien, se ha demostrado que uno de los aspectos fundamentales para la adhesión del mortero es la presencia de cal. En efecto, en un estudio hecho de cien edificios de albañilería de la Compañía de Teléfonos de Nueva Jersey, en EE UU (Gallegos, 1989), que tenían entre seis y veintitrés años de construidos y que debían demolerse, se demostró que los edificios que no presentaban fisuras habían sido construidos con mortero de cal y cemento, mientras que los que habían sido construidos con mortero de cemento presentaban hasta 60% del largo de hiladas fisuradas.

Por último, es importante señalar, que, adicionalmente, el mortero debe tener propiedades adecuadas de:

1. Trabajabilidad, es decir, la cualidad de poder ser esparcido con facilidad,
2. Retentividad, o capacidad para mantener su consistencia durante el proceso de asentado y
3. La durabilidad de sus condiciones en el tiempo.

**Componentes del mortero:** a) Cemento: Le confiere resistencia a la compresión y valor a la adhesión, colaborando, además, con la trabajabilidad y retentividad. Su dosificación en exceso aumenta la contracción del mortero y atenta contra la durabilidad de la adhesión. b) Cal: Provee al mortero de plasticidad, cohesión, retentividad y extensión de adhesión, siendo el componente fundamental para asegurar la durabilidad de dicha adhesión. c) Arena: Actúa como agregado inerte en la mezcla del mortero, reduce la riqueza de los aglomerantes, aumentando su rendimiento y reduciendo los efectos negativos del exceso de cemento, tales como la contracción del mortero.

Las arenas gruesas aumentan la resistencia a la compresión, mientras que las finas reducen esa resistencia, pero aumentan su adhesividad, siendo por lo tanto preferibles. En términos generales, debe pasar por una malla # 8 y no tener más de 10% que pase por la malla #200, teniendo además una gradación bien distribuida entre mallas intermedias.

**Agua:** Es el componente para que el mortero posea su cualidad fundamental en estado plástico, es decir, la trabajabilidad.

**Ejecución:** En la actualidad, el mortero más utilizado es el de cemento, cuyas proporciones de mezcla (López, 1988),

son una parte de cemento más seis partes de arena, con una resistencia de 100 kg/cm; sin embargo, como ya se ha dicho, el mortero más eficiente es el de cal y cemento, cuyas proporciones son una parte de cal más dos partes de arena más cemento (2% del volumen de la cal utilizada). En ambos casos la cantidad de agua debe ser la necesaria para obtener fluidez. Esta mezcla (López y otros, 1986), debe ser aplicada en capas delgadas (+/- 5 mm), ya que un aumento del espesor del mortero aumenta significativamente el esfuerzo de tracción en las piezas. Finalmente, es necesario señalar que el mortero se fabrica generalmente con escaso cuidado en su dosificación, lo que va en detrimento del comportamiento de las piezas como una estructura integral.

**1.3.3. Concreto líquido.** El concreto líquido está constituido por los mismos materiales que el concreto, pero debe ser mucho más fluido, lo que se logra con una alta relación agua/cemento y controlando el grado de fineza de la arena. El trabajo fundamental de este concreto es a compresión, pero debe mantener su trabajabilidad. Esto produce dos condiciones contradictorias, ya que el exceso de agua podría generar poca resistencia en el concreto, pero sin embargo, la porosidad de los alveolos de las unidades de albañilería absorben el exceso de agua, dejando al concreto con una relación agua/cemento apropiada.

Según la dimensión de los alveolos del bloque, se diseña el concreto líquido; éste puede ser fino, el que sólo tiene arena como agregado, o grueso, que puede contener piedra con un tamaño máximo de 3/8".

La colocación de concreto líquido debe realizarse de una sola vez, cuando la pared tiene su altura total, ya que así se evita crear juntas débiles entre llenados. Por último, debe enfatizarse la necesidad de compactación del concreto líquido, mediante el chuceo o vibrado, no siendo necesaria la operación de curado.

#### 1.4. Procedimientos constructivos para desarrollar mampostería

Los procedimientos constructivos varían según el concepto estructural adoptado y según las técnicas empleadas.

**1.4.1. Concepto estructural.** Con relación al primer aspecto, podemos diferenciar en la mampostería reforzada procedimientos que disponen los refuerzos exteriormente, mediante diagonales de vigas metálicas, mallas y friso, y procedimientos con refuerzos interiores aprovechando las aberturas de los bloques para ubicar las cabillas cada cierto intervalo (gráfico 4).

En la mampostería con muros/diagrama confinada, los métodos para construir los macho-

## artículos

nes y vigas de cierre de las paredes son, mediante elementos prefabricados de concreto, metálicos, vaciados en sitio con encofrados vaciados en sitio, utilizando los bloques como encofrado perdido (gráfico 5).

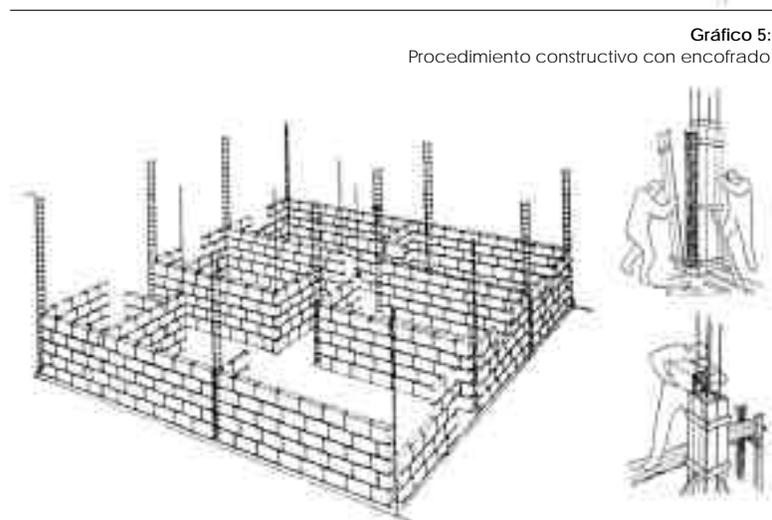
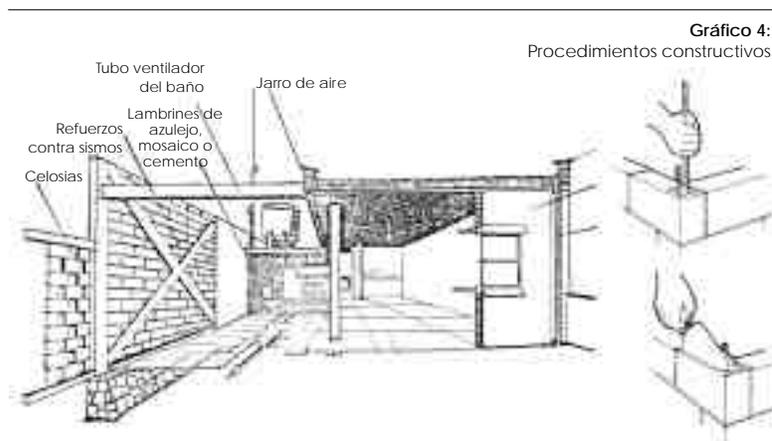
Con relación a la ejecución de las paredes, podemos considerar dos aspectos, uno referido al comportamiento de los bloques en los muros como un todo homogéneo, y otro, relacionado con el tipo de operaciones constructivas.

En el primer aspecto, lo fundamental es la adherencia entre el mortero y las piezas. Se ha demostrado (López, 1986) que la presencia de cal en el mortero es significativa para incrementar la adherencia, al igual que evitar el humedecimiento previo de las piezas. Otra condición que debe cuidarse es el excesivo espesor del mortero, ya que produce la aparición de grietas a lo largo de las juntas, debido a la diferencia de los módulos de elasticidad del bloque y del mortero. De igual forma, es importante para su desempeño estructural, el confinamiento de las piezas y la forma de disposición de los bloques. Usualmente las paredes se construyen a junta perdida en el sentido vertical y con juntas continuas horizontalmente, siendo esto una de las razones por las que las grietas aparecen en este sentido. Con relación a la importancia de las superficies de contacto de los bloques para la adherencia, se ha demostrado, que las piezas de superficie rugosa o con pequeñas perforaciones, en las que el mortero puede penetrar y proporcionar un efecto de llave cortante, presentan una mayor resistencia, mientras que las piezas de superficie lisa y las que tienen grandes huecos que dejan un área de contacto reducida, son las que dan lugar a una resistencia menor.

En cuanto a las operaciones constructivas, una de las principales ventajas de la mampostería es la manejabilidad de sus piezas por sus pequeñas dimensiones y peso reducido, lo que facilita su transporte, apilamiento y montaje. Sin embargo, esta misma propiedad hace que se requieran de numerosas operaciones para construir cada metro cuadrado de pared, lo que implica la necesidad de ejercer un mayor control de calidad para su adecuada ejecución.

### 1.4.2. La construcción de espacios.

Los procedimientos constructivos con sistemas de mampostería, por lo general, involucran una gran cantidad de ma-



teriales de diversas características, lo que complica la compra, transporte y almacenamiento de los mismos, ya que requieren de condiciones específicas según la naturaleza de cada uno de ellos. Lo mismo ocurre con los equipos y personal adecuado para la realización del proceso de montaje. En los ejemplos que siguen a continuación, puede observarse, en primer lugar, la experiencia del sistema Tabibloc, perteneciente al proyecto Previ (Perú), el cual se basa en la producción de un complejo muestrario de componentes para realizar la edificación.

Es sencillo inferir las implicaciones al nivel de producción, que planteamientos como éste podrían originar (gráfico 6).

El segundo ejemplo, un sistema mixto utilizado en Colombia, se realiza con unidades de mampostería estándar, tratando de simplificar los elementos que conforman el entrepiso. Sin embargo, las características de los bloques y de las losas prefabricadas requieren de dos tipos de procesos distintos que podrían llegar a complicar la coordinación de la obra, siendo limitante para desarrollos en zonas marginales.

El tercer ejemplo se refiere al sistema de la Concretera Lock Joint (Venezuela), el cual es un sistema mixto conceptualmente parecido al descrito con anterioridad (gráficos 7 y 8).

### 1.5. Conclusiones

Luego de analizar los diferentes aspectos concernientes a la mampostería podemos concluir:

#### 1.5.1. Del concepto estructural.

Tanto en el sector formal como en el informal se observa la tendencia a utilizar conceptos estructurales que desprecian la capacidad portante de los bloques. Esta situación se debe, entre otras razones, a la falta de investigación y de una normativa adecuada, así como por la poca confiabilidad en los materiales, como consecuencia del escaso control de calidad en su producción. Por otra parte, la aparición de nuevas técnicas y concepciones arquitectónicas que orientaron la búsqueda del conocimiento para la práctica edilicia en otra dirección, permitieron la adopción de tecnologías foráneas a muy bajo costo, lo cual fue posible mientras la paridad cambiaría se mantuvo favorable a nuestra moneda.

Si consideramos los cuatro sistemas descritos, podemos concluir que el muro/diafragma desaprovecha la capacidad portante de la mampostería, por tanto, es antieconómico. La mampostería simple no es recomendable en zonas sísmicas. Con re-

lación a la mampostería reforzada y confinada, se ha demostrado (Perozo y otros, 1987), que el muro confinado tiene mayor ductilidad que el reforzado, adaptándose mejor a los sismos. Además, el proceso constructivo y costo del sistema reforzado en comparación con el muro confinado, señalan que este último tiene más eficiencia.

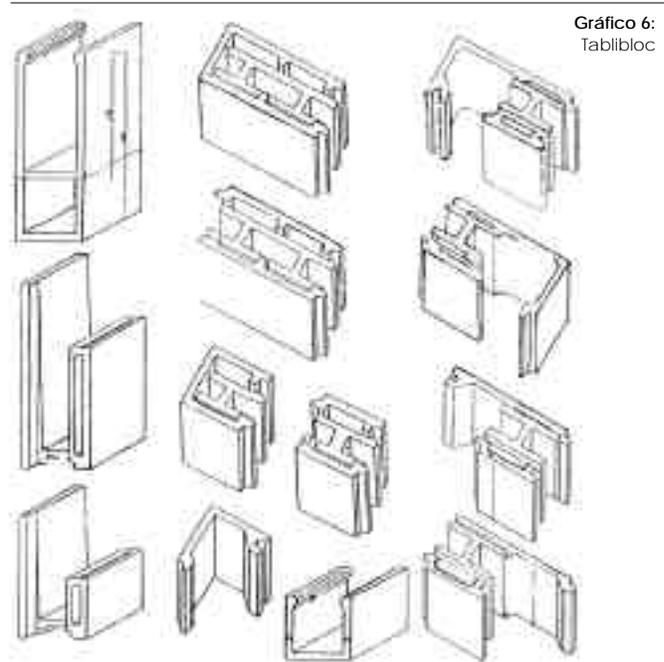


Gráfico 6:  
Tablibloc

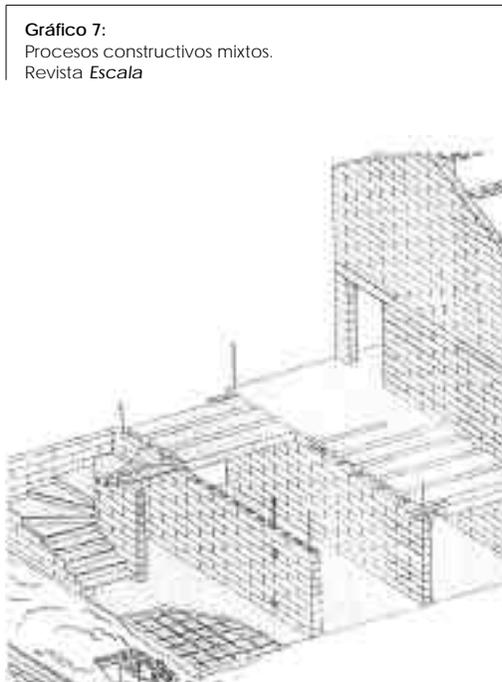


Gráfico 7:  
Procesos constructivos mixtos.  
Revista *Escala*

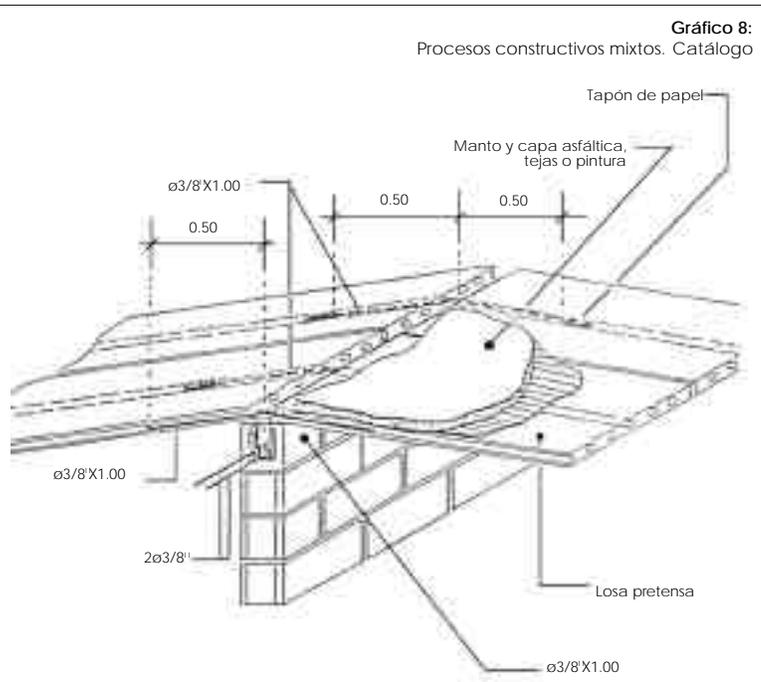


Gráfico 8:  
Procesos constructivos mixtos. Catálogo

## artículos

### 1.5.2. De los problemas relacionados

#### con los materiales

- Falta de control de calidad, por lo que carecen de confiabilidad.
- Falta de investigación por parte de las industrias, orientada a mejorar las características de los componentes y, a través de ellos, incidir favorablemente en los procesos constructivos, en búsqueda de una mayor eficiencia y economía.
- Problemas en la composición del mortero a utilizar, lo que va en detrimento del logro del comportamiento estructural del muro en forma homogénea.

### 1.5.3. De los problemas relacionados

#### con el procedimiento

- Errores en la dosificación y cantidad del mortero, lo que impide una adherencia adecuada, resultando antieconómico por desperdicio de materiales.
- Complicaciones para obtener el alineamiento de las piezas.
- Los métodos de confinamiento con elementos lineales metálicos o prefabricados simplifican el montaje y disminuyen el tiempo de manipulación, pero complican el transporte y la manipulación. El método con encofrado y confinamiento con malla implica el aumento del número y tipo de operaciones en el proceso constructivo, mientras que el confinamiento utilizando los bloques como encofrado, simplifica la operación.

### 1.5.4. Del bloque como componente

#### de un sistema

- En las edificaciones tradicionales de mampostería no existe una coherencia conceptual en las características de los componentes que la forman, ya que el carácter de "mampostería", es decir, de pequeños elementos de fácil manipulación, no está presente en las soluciones de techo, entrepiso y escaleras, presentándose una mezcla de los componentes que complica la ejecución de la obra.
- En el proceso de construcción con mampostería se produce un desperdicio de material y esfuerzos, debido al corte de bloques, tanto para adaptarlos a las diferentes dimensiones requeridas como para permitir la incorporación de las instalaciones.
- La mayor eficiencia de la construcción con mampostería estructural se obtiene en los procesos constructivos integrales, donde se ejecuta simultáneamente cerramiento, estructura e instalaciones. Sin embargo, para la consolidación progresiva del proceso constructivo, este método resulta inconveniente.
- En los casos estudiados en los que se trata de resolver distintas situaciones con el diseño de bloques, la diversidad de los modelos propuestos complican la producción de los mismos, creando problemas de inventario, almacenamiento, comercialización y variedad de uso.

## 2. Lineamientos generales de diseño

A partir de los estudios previos se plantearon los siguientes lineamientos de diseño:

#### Con relación al concepto estructural y el diseño arquitectónico

- Utilizar el concepto de cerramiento resistente.
- Definir pautas para diseño arquitectónico coherentes con el concepto estructural de muros portantes.
- Prever crecimiento.
- Difundir la técnica.

#### Con relación a los materiales

- Estudiar peso y geometría en función de su manipulación, transporte y apilamiento de los bloques.
- Estudiar la configuración y superficies de contacto de los bloques, para lograr mayor adherencia de los mismos.
- Mejorar o mantener las condiciones térmicas y acústicas de los bloques existentes.
- Estudiar la modulación para evitar desperdicios.
- Estudiar la posibilidad de incorporar del acabado final.
- Estudiar el diseño del bloque en función de la disminución del tiempo de ejecución de los muros, tanto en el alineamiento de los bloques como en la construcción de los elementos de confinamiento.

#### Con relación al procedimiento

- Estudiar la ejecución en función de lograr una mayor cohesión entre los bloques.
- Estudiar la ejecución en función de lograr mejor uso del mortero, evitando desperdicios del mismo.
- Simplificar la ejecución de aberturas y ductos.
- Prever la consolidación progresiva de la construcción.

#### Con relación a los bloques como componentes de un sistema

- Estudiar la mampostería estructural como un sistema integral de construcción, que incluya muros y losas.
- Proponer componentes constructivos complementarios, coherentes con el concepto de mampostería
- Coordinar las dimensiones de las aberturas con los bloques.

#### Con relación a las normas

- Normas de cálculo y de especificaciones de materiales, ensayos y trabajos de investigación realizados.
- Compatibilidad dimensional con bloques existentes.
- Uso de maquinarias existentes en el país.
- Uso de materiales existentes en el país.
- Productos de bajo peso para ser manipulados con facilidad.
- Facilidad de apilamiento y transporte.
- Costos competitivos.

### 3. Alternativas de solución

#### 3.1. Composición de los elementos.

Con relación a este aspecto, la vía de los bloques livianos presenta ventajas sobre los pesados, debido a que su menor peso con la misma resistencia es más adecuado para construir sobre terrenos poco estables, además de permitir ahorro de material en las fundaciones, mejorar la manejabilidad y mejorar las condiciones térmicas y acústicas de los bloques pesados. Dentro de esta línea, los aditivos químicos resultan sumamente costosos, por lo cual se debe recurrir a los agregados livianos para disminuir el peso de los bloques.

#### 3.2. Adherencia de las piezas.

En cuanto a las formas de producirla, se definen cuatro caminos:

- A través del concepto estructural, que como ya se explicó en las conclusiones, se considera el de la mampostería confinada como el más favorable, tanto por el peso como por su ductilidad (capacidad de deformación antes de colapsar), y por su facilidad de ejecución.
- Mediante el sistema de unión de los bloques, pudiendo ser con mortero o sin mortero. Dentro del primer grupo, la modalidad de bloques con caras planas presenta menos problemas de rotura en el transporte y producción, mayor versatilidad de uso, mayor posibilidad de desperdicio de mortero y mayor dificultad para lograr el alineamiento que los bloques machihembrados. En el segundo grupo, los bloques machihembrados y los bloques con conectores permiten la unión de las piezas, en forma menos complicada que mediante la utilización de malla exterior y friso. Pero en cualquier caso, la ausencia de mortero no es recomendable en zonas sísmicas.

En conclusión, en este aspecto las vías de bloques machihembrados con mortero y de caras planas con mortero parecen ser las más indicadas.

- La disposición de los bloques puede ser con juntas lineales continuas o interrumpidas, en una o dos direcciones. En este sentido, la condición más favorable para permitir la adherencia de las piezas e impedir la creación de grietas a través de las juntas, es el sistema de "junta perdida".
- El acabado de las superficies se puede obtener por medio de la dosificación y tipo de los agregados y a través del moldeado. En este sentido la segunda opción presenta mayores ventajas, ya que permite dejar superficies lisas como acabado de pared y superficies ranuradas, para la mejor adherencia del mortero, lo que resulta imposible en la primera alternativa.

**3.3. Eficiencia del proceso de producción.** Según los niveles de mecanización se pueden producir bloques en forma artesanal, con moldeadoras mecánicas manuales, moldeadoras a motor y vibrocom-

pactadoras. De todas estas formas, debido a la necesidad de un mayor control de calidad de los bloques con función estructural, se plantea que el método de producción sea de alto nivel de mecanización, a cargo de empresas capaces de proporcionar productos confiables, lo que, aunado a una eficiente comercialización, contribuiría a la mayor difusión y utilización de la mampostería estructural de bloques de concreto.

**3.4. Eficiencia del proceso constructivo.** Se tomó en consideración la coherencia de los componentes con el concepto de mampostería, de la construcción progresiva, de la disminución de desperdicio, de la disminución de la cantidad de operaciones y la de la disminución de la complejidad de las operaciones. En el primer aspecto se presentan las alternativas de aumentar el tamaño de los bloques y eliminar el uso del mortero, las operaciones de vaciado, de frisado, de encofrado y el uso de plomada para obtener la alineación. De éstas, todas son viables, excepto la eliminación del mortero, lo cual no es recomendable en zonas sísmicas. En cuanto a la complejidad de las operaciones, la vía del machihembrado presenta ventajas para obtener un fácil alineamiento de las piezas. Por otra parte, los elementos de confinamiento en seco o con encofrado perdido representan las técnicas de mayor eficiencia. En cuanto al acabado con recubrimiento incorporado, se considera que el mismo requeriría de un excesivo cuidado en la manipulación de los bloques, lo que anularía la ventaja de tener el acabado listo. Sin embargo, obtener una superficie que no requiera friso puede ser un camino a explorar, al igual que el estudio de una modulación que permita resolver el problema de las aberturas, eliminando el desperdicio de material.

**3.5. Conclusión.** Se exploró la vía de la mampostería confinada con bloques livianos, con caras planas o machihembradas unidos con mortero de cal y cemento, con juntas discontinuas, superficies ranuradas para recibir el mortero, superficies lisas a la vista, producidos industrialmente, con dimensiones que disminuyan el número de piezas por metro cuadrado, conservando su manejabilidad y con una modulación que permita producir aberturas sin desperdicio de material.

### 4. Desarrollo de la propuesta

En el conjunto de alternativas estudiadas, la opción de diseñar un bloque de uso múltiple para paredes y losas, concebido como componente de un sistema constructivo abierto, compatible con los bloques existentes en el mercado, y producido con las maquinarias existentes y tecnologías disponibles en nuestro país, resultó la

## artículos

propuesta más favorable con relación a los lineamientos de diseño establecidos.

Esta opción se fundamenta conceptualmente en la utilización de las características de resistencia, moldeado y posibilidad de corte del concreto; la utilización de cerramientos portantes; la reducción de la diversidad de componentes, la disminución del desperdicio por cortes; la consolidación progresiva de la producción.

Esta propuesta presenta ventajas para el productor, ya que al reducir la variedad se incrementaría la productividad, disminuyéndose los inventarios y áreas de almacenamiento, además de facilitar el transporte. Por su parte, el constructor directo también estaría favorecido, por depender de un menor número de componentes, siendo el propuesto fácilmente manipulable, transportable y apilable.

En este sentido se procedió al estudio de la morfología del bloque, utilizando para la toma de decisiones el enfoque del "usuario desconocido" (Acosta, 1991), el cual busca definir criterios de diseño, basados en rangos de valores establecidos por el análisis sistemático del posible uso del objeto diseñado. Este enfoque comprende diversas técnicas, válidas para diferentes aspectos, tal como se explican a continuación:

**4.1. Definición de dimensiones, peso y geometría.** Este aspecto considera la importancia de la posible manipulación de elementos, tanto por parte del personal especializado como de los hombres y mujeres que construyen su propia vivienda. Además, se consideró que en la mayoría de los barrios de Caracas se requiere el acarreo de los materiales, ya que no tienen acceso directo a la vialidad por donde puede llegar el transporte. Esta operación encarece los materiales y establece, conjuntamente con otros factores, un límite para las dimensiones del bloque:

- Largo 60 cm, por ser esta dimensión el máximo admisible en la mayoría de las vibrocompactadoras que se encuentran en el país.
- Altura de 20 cm, para permitir la compatibilidad con los bloques de concreto existentes.
- Espesor 10 cm, por ser la menor dimensión utilizada como cerramiento portante para construcciones de 1 y 2 pisos.

**4.2. Ubicación de precortes** (diseñar para los extremos, diseñar por gradación, fail safe, redes causales débiles)

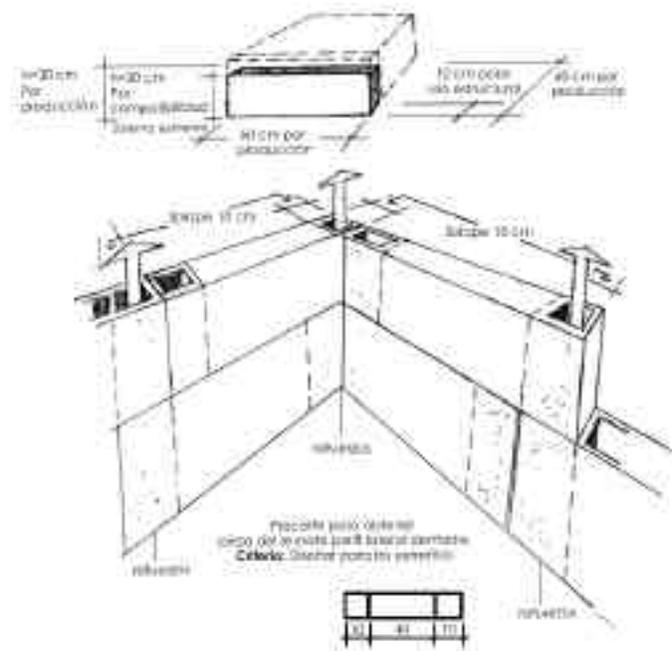
**Diseñar para los extremos.** Los precortes deben permitir obtener las piezas necesarias para la utilización del sistema. Uno de los factores primarios es el desplazamiento de los bloques para obtener una junta vertical discontinua. En este aspecto, la variable fundamental la constituye el desplazamiento que ocurre al intersecar dos paredes perpen-

diculares, manteniendo una traba entre ellas, lo cual genera un desplazamiento en las hileras consecutivas (ver gráfico). Dicha dimensión es tomada como base para mantener la junta vertical discontinua y, como consecuencia, surge la primera división del componente, para producir piezas con una longitud correspondiente al espesor del bloque (extremo máximo). Se produce un espacio vertical continuo en el área del solape, lo cual puede ser utilizado como encofrado para el refuerzo interno o dueto para tuberías (gráfico 9).

**4.3. Componente de uso múltiple.** (*criterios weak link y fool proof*). El concepto utilizado para obtener un componente de uso múltiple, se basa en la posibilidad de corte en los bloques de concreto. En este sentido se propone el diseño de un componente que incorpore líneas de precorte, con el objeto de racionalizar esta característica del bloque tradicional. A tal fin, se aplican los criterios.

El criterio weak link consiste en prever puntos deliberadamente débiles en los diseños, mediante los cuales se pueden canalizar posibles rupturas o cambios. El criterio Fool Proof, pretende evitar errores por parte del usuario. Ambos criterios proporcionan instrucciones implícitas para el uso de los objetos. En este caso se utilizó el recurso de las hendiduras como líneas de precorte, lo cual permite la disminución de desperdicios al fraccionar los blo-

Gráfico 9:  
Diseñar para el promedio. Diseñar para los extremos



ques para generar piezas de distinto tamaño. De igual forma, este sistema hace posible la remoción de la cara de los espacios verticales internos de los componentes, para consolidar la construcción, mediante la incorporación de refuerzos e instalaciones (gráfico 10).

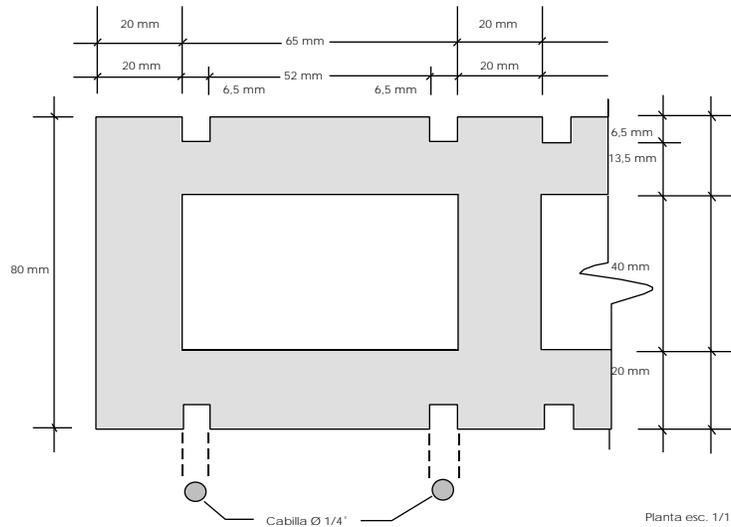
**Diseñar por gradación.** Tal como se ha explicado, se pretende obtener un componente múltiple, capaz de satisfacer las necesidades dimensionales de las diferentes situaciones constructivas, por tanto, la dimensión del espesor del bloque es tomada como módulo de diseño, a fin de permitir la coordinación dimensional de los componentes, tanto en el plano vertical como en el horizontal.

**Fail safe.** Ahora bien, al efectuarse el corte, una de las partes del bloque queda con tres caras, y la otra, con cuatro caras (ver gráfico). El aspecto a resolver es la posible fragilidad de las partes. En este sentido se utilizó la estrategia fail safe, con la cual se pretende eliminar efectos no deseados, mediante decisiones de diseño que prevengan posibles problemas. En consecuencia, se decidió ubicar los precortes de tal manera que las piezas de mayor tamaño, que son las más frágiles, quedasen con cuatro caras; mientras que las piezas cortas de mayor rigidez, quedasen configuradas con tres caras (gráfico 11).

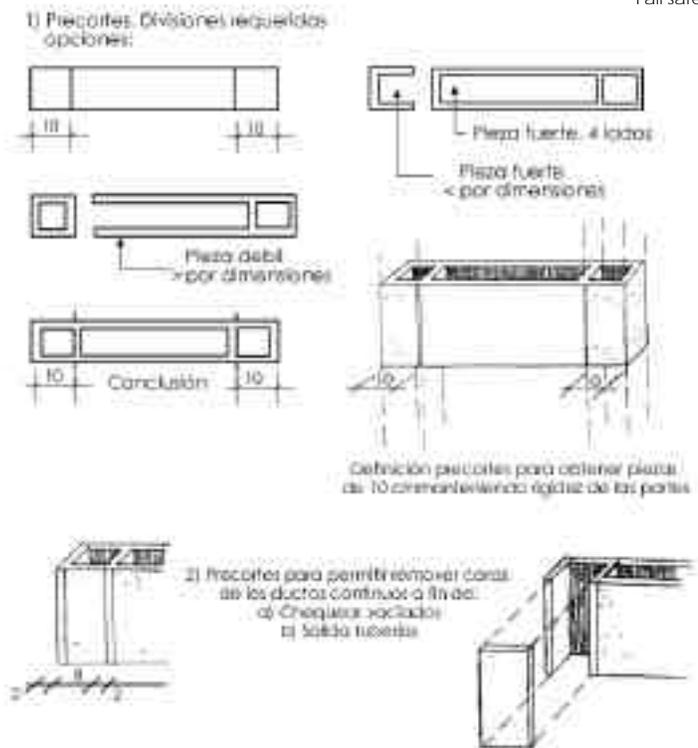
**Técnica redes causales débiles.** Esta técnica se utilizó para el diseño de los componentes cuando son utilizados para la construcción de losas. El estudio pretende establecer las ventajas y desventajas de las diferentes alternativas estudiadas, a fin de permitir la toma de decisiones del diseño de un bloque de uso múltiple para la construcción de paredes y losas. En los gráficos anexos puede apreciarse que la solución de nervio central permite producir piezas universales, con mayor versatilidad de uso y mayor racionalización de los nervios. Sin embargo, debe verificarse experimentalmente la validez de la proposición, en cuanto a la facilidad de construcción, manipulación y montaje de las losas (gráfico 12).

**4.4. Vigas.** Una de las limitantes del componente múltiple propuesto (componente A) lo constituye su uso como viga, ya que las dimensiones necesarias para contener los refuerzos de las vigas y la configuración necesaria para servir de apoyo a las losas complican la simplicidad requerida del bloque múltiple. Por tanto, se propone un componente adicional (componente B), concebido en la misma línea conceptual del componente A, manteniendo sus condiciones de elemento de fácil manipulación, pro-

**Gráfico 10:**  
Weak link y fool proof



**Gráfico 11:**  
Fail safe

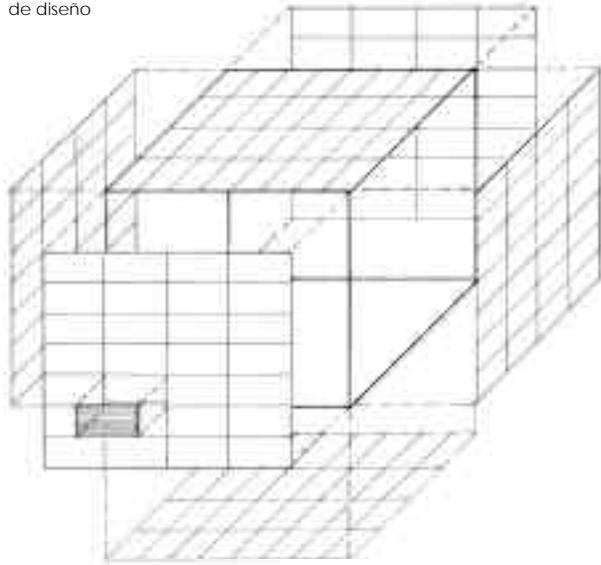


ducción y transporte, cuyas dimensiones están condicionadas como se indica a continuación:

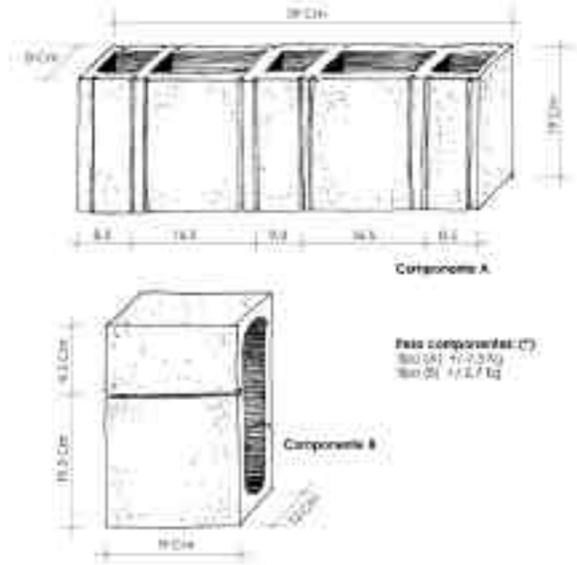
- Altura definida por la propuesta para los componentes tipo A, a fin de facilitar su producción y mantener la coordinación dimensional de los integrantes del sistema.



**Gráfico 14:**  
Reticula tridimensional  
de diseño



**Gráfico 15:**  
Componentes básicos



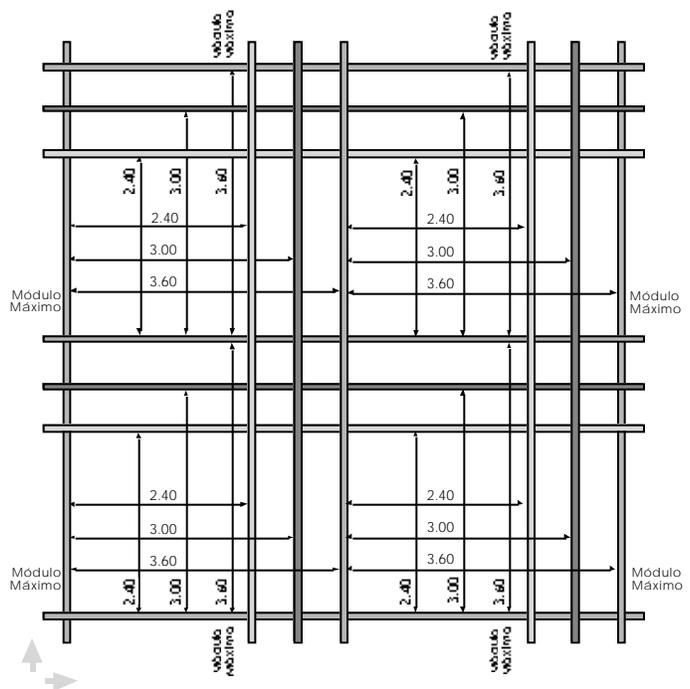
disponibles de sus ocupantes, los cuales realizan trabajos de consolidación y/o crecimiento, hasta obtener al cabo de período variable de tiempo, la vivienda terminada. Este sistema es utilizado para resolver la mayor parte de las viviendas informales en nuestro país (Rosas, 1988), por lo cual se consideró importante la realización de un estudio para determinar la posible utilización del sistema de mampostería estructural, en viviendas progresivas.

Dicho estudio comprende la determinación de un módulo básico, sobre la base de las máximas luces permitidas en construcciones de mampostería estructural según normas de distintos países como Colombia y Argentina para posteriormente comprobar las posibilidades espaciales de dicho módulo en términos de contener las diversas actividades de una vivienda, con el fin de definir una retícula de diseño para los espacios y otra para los muros (gráfico 16).

Por otra parte, se procedió a realizar el análisis de algunas viviendas tipo realizadas en la experiencia del Taller Vivienda de la FAU/UCV, a fin de descubrir las características formales, funcionales y espaciales de las mismas, determinándose la necesidad de utilizar la mampostería de manera tal, que permitiese obtener diversos grados de relaciones espaciales, en función de los patios.

**5.1.3. Relación espacialización/estructura.** Las plantas genéricas obtenidas del Taller Vivienda, modificadas para adecuarse a la doble retícula de diseño, fueron utilizadas como referencia para definir la distri-

**Gráfico 16:**  
Reticula de diseño espacial y estructural



bución de los planos resistentes, de tal manera, que permitiesen preservar las características espaciales de las viviendas, llegándose a definir una pauta de diseño de suma importancia, como lo es la necesidad de ubicar los planos resistentes principales, perpendicularmente a los planos que





## artículos

### 5.2.1. Producción de componentes

- **Diseño de mezclas:** Se requirió producir de manera artesanal los componentes que servirían para la construcción de las probetas. El diseño de mezcla inicial fue tomado de las especificaciones de las maquinarias Besser. En vista del poco éxito obtenido con las mezclas utilizadas en la industria, se optó por realizar pruebas basadas en la Tesis de Grado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela titulada "Estudio del comportamiento de una nueva pieza de mortero" (Matamoros, Carlos. Facultad de Ingeniería. Caracas 1989), en la cual se encuentra el diseño de mezcla utilizado para la realización de bloques con un sistema manual.

Se estima que esta referencia es especialmente útil, por cuanto proporciona, además, una serie de datos acerca de las características del material ensayado, que pueden ser tomados como referencia. Sin embargo, para nuestro estudio se introdujeron variables no contempladas en la tesis, como lo son el vibrado, el desencofrado inmediato, debido a las características de los moldes utilizados y el uso de agregados livianos y polvillo, con la intención de lograr la disminución del peso de la pieza.

- **Moldes. Evaluación.** En primer lugar, se intentó producir los bloques con un molde múltiple, desarmable, de madera, el cual consta de una bandeja, centros, troncos, cónicos fijos, caras removibles y guías para realizar pruebas con diferentes profundidades de ranuras. En cuanto al tratamiento interior, se le aplicó aceite quemado. Sin embargo, fue imposible desmoldar las aberturas internas de los bloques.

Posteriormente se utilizaron moldes individuales de lámina de hierro de 3 mm de espesor, para los componentes A y B separadamente. Cada molde consiste en una bandeja con centros fijos y una caja exterior, a las cuales se les aplicaba aceite quemado o gas oil. El procedimiento consiste en retirar la caja unos centímetros para romper el vacío, bajar de nuevo la caja y volver a sacarla verticalmente. Posteriormente se retira la pieza interior en forma vertical. Estos nuevos moldes permitieron producir los componentes tipo B, pero resultó imposible el desencofrado de la parte interna del componente A.

Finalmente se modificó el molde para el componente A, el cual quedó formado por una camisa interior con bisagras y una caja que incluye las divisiones interiores fijas. Este molde, por contener el espacio de las bisagras, no tiene las medidas exactas del proyecto, pero permitió la producción de bloques para la elaboración de la probeta de estudio.

Posteriormente a la evaluación de la presente etapa experimental, se procedió a proyectar los moldes definitivos.

- **Componentes. Evaluación.** En esta etapa, se produjeron los componentes tipo A y B, con las mezclas y moldes ya es-

pecificados y, adicionalmente, se inició el estudio de los accesorios, estudiándose la proposición de escaleras coherentes con el concepto de mampostería. Con relación a los componentes A y B, la indagación fundamental se refirió al comportamiento del precorte, en ambos componentes, obteniéndose el siguiente resultado:

**Componente A:** Tapa central: las ranuras propuestas no permitieron retirar la tapa del nervio central sin que se rompiera el bloque, por tanto, se profundizaron las ranuras con un esmeril, obteniéndose mejores resultados. Otra opción fue realizar una ranura central en la tapa, lo que permitió la rotura de la misma de una manera más rápida y eficiente. Sin embargo, se plantea realizar nuevos ensayos con bloques de 28 días de producidos como mínimo, para tomar la decisión definitiva.

**Corte 10/50:** con las ranuras propuestas fue imposible obtener el corte. Se supone que el problema consiste en la mayor rigidez de la pieza corta con relación a la larga, por lo cual el tabique separador siempre tiende a quedar del lado corto. Se profundizaron con el esmeril las ranuras y se obtuvo el corte deseado.

**Componente B:** Las ranuras propuestas inicialmente a ambos lados de las caras del bloque fueron cambiadas en el molde por ranuras de diferente profundidad, las cuales permitieron obtener los cortes deseados.

### 5.2.2. El proceso constructivo.

La losa de entepiso prefabricada a pie de obra, propuesta al inicio de la investigación, representa una solución satisfactoria con relación a los costos, pero puede presentar inconvenientes debido al número de operaciones que se requieren para su ejecución y a su elevado peso total. Por este motivo se realizó un estudio para determinar opciones de solución para la losa, manteniendo el criterio de utilizar los mismos bloques de pared, pero tratando de encontrar soluciones más livianas y fáciles de construir a bajo costo. En este sentido se procedió al estudio de los nervios, proponiéndose dos líneas de solución enmarcadas dentro de la coordinación dimensional de los componentes del sistema: una, representada por un nervio, cuyo apoyo se resuelve empotrando sus extremos en las vigas, y otra, colocando los nervios apoyados sobre el ala corta de los bloques viga (componente B).

En el primer caso se propone un nervio en forma de "r" cuya alma es una cabilla de 0 3/8" doblada en zigzag, con un ala formada por dos cabillas 0 3/8". El ala de esta "T" está contenida en un nervio prefabricado de concreto de 6 x 5 cm, con extremos de 5 x 5 x 19 cm, cuya función es servir de apoyo a los bloques y mantener cubiertas y estables las cabillas. La prefabricación en obra de este nervio requiere de la preparación de un molde sencillo y de un riguroso control para asegurar la correspondencia

de las luces a cubrir, con las medidas de los topes de los nervios, lo cual es su mayor desventaja. Esta opción es económica, liviana y de fácil replanteo, ya que la distancia entre nervios corresponde a dos bloques viga, no requiriéndose ningún encofrado adicional para el vaciado de la losa.

En la otra línea se revisaron dos opciones de nervio en "T", una de ellas se obtiene por corte longitudinal del alma de una viga doble "T" Properca y la otra se obtiene de manera similar a la descrita en la primera línea de investigación, con diferencia de que el ala de la "T" está formada por tres cabillas y se encuentra embutida en un elemento lineal de concreto, que se coloca sobre el ala corta del bloque viga. La "T" Properca representa una opción eficiente y liviana, pero su costo limita su uso al ámbito de la construcción formal. La "T" de cabillas sobre el elemento lineal de concreto no requiere de encofrado especial, es eficiente, liviana y económica, siendo su diseño ventajoso para absorber las diferencias dimensionales que puedan presentarse. En cuanto a la ejecución de la losa, presenta la desventaja de requerir la colocación de pequeños listones como encofrado para impedir que se escape el concreto por las ranuras de 2,5 cm de alto que quedan debajo de los bloques a borde de viga. En conclusión, se considera que este último nervio es la opción más favorable para la vivienda progresiva (gráfico 21).

## 6. Ajustes de diseño de los componentes

El estudio de la coordinación dimensional de los componentes para ser utilizados en la construcción de paredes y losas y la comprobación experimental de los componentes y detalles constructivos, permitieron detectar fallas en el diseño de los componentes.

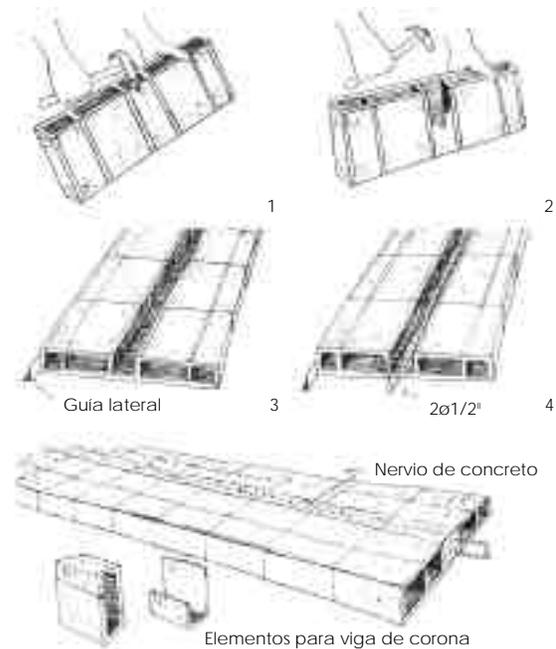
Dichas fallas se originaron fundamentalmente por tres motivos:

1. Los elementos utilizados para la construcción de vigas y losas no llevan juntas laterales, alterando sus relaciones dimensionales con los elementos de pared, que sí la llevan.
2. Los precortes del componente A corresponde a exigencias dimensionales para obtener trabas y cruce de paredes, así como para construir el nervio central, pero no consideran la utilización de una modulación que permita la obtención de cortes relacionados dimensionalmente con la retícula de diseño.
3. Los precortes del componente A, diseñados para permitir el retiro de la tapa central, son ineficientes, ya que requieren de extremo cuidado para realizar la operación sin desperdicios.

Por tanto se proponen las siguientes modificaciones:

**Componente A:** Se plantea, tanto por razones de producción como por su compatibilidad con los bloques existen-

Gráfico 21:  
Propuesta inicial losa



tes, tomar la altura de 19 cm como medida determinante (M) para realizar el ajuste dimensional. Con esta dimensión como referencia, se establece la relación de los bloques en losa, con los bloques en pared, considerando 5 mm de junta, con lo cual se obtiene un bloque de 56.5 cm de largo. En cuanto al espesor, los bloques requieren un corte de  $(M)/2$  para la traba en esquina (incluye 5 mm de junta), quedando el espesor en  $E=(M)/2 - 5$  mm. Este precorte se toma como referencia para desarrollar la serie 1 D, 2D y 3D, que, por combinación, cubre todas las opciones de corte del bloque para atender al universo de posibilidades dimensionales (serie de Fibonacci).

El precorte que da la pieza 3D (medio bloque) permite resolver el problema de diseño detectado para el corte, dejando las piezas 2D, 2D, 3D, 4D, 5D y 6 D, con 4 caras.

**Componente B:** Con relación al componente B, se observó que la diferencia de 5 mm entre su espacio interno y el espesor del componente A, para permitir su uso como remate de pared, es insuficiente, ya que las piezas quedan muy ajustadas. Por tanto se plantea un cambio dimensional, dejando 1 cm de diferencia, en relación con el espesor del componente A.

Con relación a los precortes, se observó la necesidad de establecer una diferenciación entre las hendiduras que producen los cortes para obtener las piezas en forma de "J" y las que producen las piezas en forma de "C". Esta condición es coherente con el criterio de incorporar al componente las instrucciones para su uso,

# artículos

ya que le confiere condiciones de rigidez diferentes a ambos cortes, con lo que se pretende evitar que se produzcan cortes no deseados (gráfico 22).

## 7. Propuesta definitiva

Tal como se explicó en la descripción de resultados de la comprobación experimental, se determinó como las más adecuadas, las opciones de las losas L3 y L4, desde el punto de vista de la práctica constructiva. Esta conclusión permite eliminar la necesidad de la celda central, utilizada como nervio en la opción inicial de losa, con lo cual se hace posible la revisión del dimensionamiento interior del bloque, en función de su optimización como elemento modular.

El redimensionamiento interno propuesto trata de eliminar las fallas detectadas en la experimentación, tales como:

- Dificultad de ejecución de los cortes, por requerir extremo cuidado para evitar desperdicios.
- Pérdida de mortero por deslizamiento hacia las aberturas del bloque.
- Los cortes de bloques utilizados en intersección de paredes, dejaron a la vista celdas internas que tuvieron que ser rellenadas.
- En el caso de la pared con vanos de ventilación, se requiere rematar las aberturas internas de los bloques para evitar su deterioro.

En ese sentido se propone un componente "A" de seis celdas, con doble pared en su punto medio y con una delgada capa de concreto de 5 mm como fondo: las ventajas con relación a la solución anterior son:

- La solución propuesta permite obtener bloques de la serie 2D y 3D, con todas sus paredes, quedando solamente el 1 D con tres caras. Esta limitación no es relevante, debido a que el sub componente 1 D se utiliza como remate de paredes y no en la intersección de éstas.
- Las seis celdas y la doble pared central favoreciendo su comportamiento estructural en paredes y confiriéndole mayor rigidez al centro, lo que es favorable para el comportamiento del bloque en losa.
- Con relación a las ranuras, su nueva disposición permite mayor continuidad de las guías verticales en la construcción de las paredes, facilitando su alineación.
- Respecto al fondo de concreto, éste cumple una doble función, por una parte, evita el desperdicio del mortero y, por la otra, contribuye a aumentar la rigidez del bloque. Su escaso espesor permite removerla con facilidad cuando se requiere la continuidad de las celdas interiores.
- En cuanto al componente "B", se propone redimensionar el ala corta, ya que el espesor de los nervios origina que el **topping** de concreto sobresalga del ala larga, lo

que invalidaría su uso como guía de nivelación para el vaciado de la losa (gráfico 23).

Gráfico 22: Componentes modificados

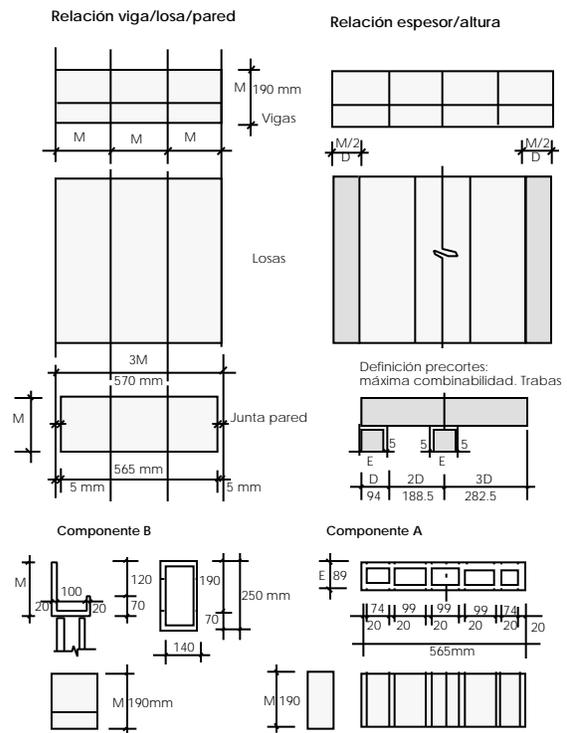
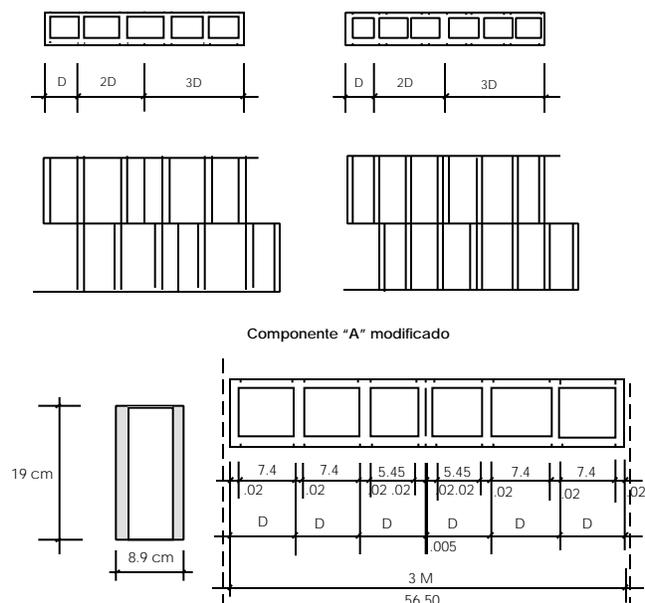


Gráfico 23: Propuesta definitiva



## 8. Conclusiones generales

En el desarrollo del presente trabajo se consideraron aspectos tendientes a fundamentar una propuesta factible a ser incorporada a la práctica constructiva de viviendas, que fuese compatible con los lineamientos establecidos en la Ley de Política Habitacional, específicamente para el Área de Asistencia I, requiriéndose que fuese una opción de fácil aceptación, competitiva en cuanto a costos y con posibilidad de ser producida con los materiales, maquinaria y personal existentes en el país. Como resultado de esta investigación se llegó a la proposición de dos bloques de concreto de uso múltiple, concebidos como componentes de un sistema abierto, cuyo diseño permite la consolidación progresiva de la construcción. Algunos aspectos relevantes en cuanto a las conclusiones y recomendaciones que se desprenden del estudio son:

1. Los componentes y el sistema propuesto mantienen las características más favorables de la mampostería, es decir, su versatilidad y manejabilidad, introduciendo mejoras que refuerzan este concepto, como lo son:

- Extensión del uso del concepto de mampostería, más allá de lo concerniente a la construcción de paredes, incluyendo todos los componentes de la edificación, en forma integral.
- Utilización indistinta del componente tipo A, en paredes y losas, lo que permite el uso más eficiente del mismo. Una vez adquirido el material, puede ser utilizado según se requiera, siendo posible la reprogramación de su uso según las necesidades. De esta manera se evitan pérdidas por errores de cálculo de las cantidades estimadas para cada caso.
- Aumento de la versatilidad del bloque tradicional mediante el componente A, en cuyo diseño se incorpora el uso de precortes, que permiten con un riesgo mínimo de desperdicio, la obtención de seis dimensiones de bloque, partiendo de un componente básico.
- Optimización del bloque viga existente en el mercado mediante el componente B, el cual facilita el apoyo de las losas, manteniendo la modulación vertical de los espacios

y haciendo posible ajustes dimensionales para recibir diferentes opciones de nervios.

- Posibilidad de consolidación progresiva de la construcción, ya que los precortes permiten remover las caras a la vista de los espacios internos de los bloques ya colocados, a fin de permitir la incorporación de refuerzos e instalaciones, sin producir daños en el resto del componente.

2. La solución planteada, en cuanto a la técnica constructiva, preserva la forma tradicional de colocación de los componentes, pero optimiza el uso del material al disminuir los desperdicios por corte, prever una manera racionalizada de efectuar la consolidación y disminuir en 25% el número de operaciones requeridas para construir cada metro cuadrado de pared.

3. Con relación a la competitividad de costos, los estudios realizados, considerando precios de materiales a nivel del consumidor, demuestran que el bloque de concreto utilizado como cerramiento portante es más económico que las opciones de paredes de arcilla (-13%) y losas de tabelón (-26%), que son las de uso más frecuente.

4. Los estudios preliminares de factibilidad económica indican la conveniencia en las condiciones actuales, de invertir en la producción de los componentes, especialmente bajo la modalidad de adaptación de moldes a maquinarias existentes.

5. Como ya se ha señalado, en el presente trabajo no se plantean innovaciones relacionadas con el diseño de mezclas, ni con el proceso de producción y distribución del producto. Por lo tanto, se recomienda su estudio en futuras investigaciones.

En síntesis, la investigación demostró que la tecnología propuesta incorpora ventajas a la práctica constructiva popular, lo que representa un aporte para la solución del problema de la vivienda, dentro de una línea de investigación que parte de la necesidad de producir técnicas que se puedan incorporar con facilidad a la práctica cotidiana.

## Bibliografía

ACOSTA, Domingo. 1986. "Organización y documentación del proceso de fabricación y ensamblaje del método constructivo Sistema Pared Integral Eternit". Caracas, mimeo.

AGOSTA, Domingo. 1991. "Material clases II Maestría Desarrollo Tecnológico de la Construcción". Caracas, IDEC, FAU, UCV.

CILENTO, Alfredo. 1987. "Después de 1983. Tendencias en la producción de edificaciones". Caracas, mimeo, IDEC, FAU, UCV.

CILENTO, Alfredo. 1990. "Innovación tecnológica, sector construcción y viviendas de bajo costo". Ponencia *1er Simposium Iberoamericano sobre Técnicas Constructivas Industrializadas*. Maracaibo, Venezuela.

DIRECCIÓN INGENIERÍA SANITARIA. 19 BO. *Manual de saneamiento*. Editorial Limusa. México.

GALLEGOS, Héctor. 1985. "Diseño sismorresistente en edificios de albañilería". Ponencia *Taller Normativa y Seguridad en Zonas Sísmicas*. IMME. UCV. Caracas.

## artículos

GALLEGOS, Héctor. 1989. *Albanilería armada*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Fondo Editorial.

LÓPEZ, Luis. 1988. "Cartilla del constructor. Tamare 120". Lagoven.

LÓPEZ, Luis. 1991. "Cartilla del constructor popular". Editado por el autor. Maracay.

LÓPEZ, O.; CASTILLA, E. y otros. 1986. "Estudios de mampostería estructural". Ponencia *Expovivienda 86*. Caracas.

MARRERO, Mercedes. 1992. "La mampostería estructural de bloques de concreto". Tesis de Maestría. IDEC/FAU/UCV.

PEROZO, M. y otros. 1987. "Evaluación del comportamiento de muros con bloques de concreto, bajo la acción de carga lateral". Trabajo Final de Grado. Facultad de Ingeniería, UCV.

ROSAS, Iris. 1988. "Construcción y calidad de la vivienda en los barrios". Revista *Tecnología y Construcción*, n° 4. UCV, FAU, IDEC, UCV.

TECNIDEC. 1986. Informe final. Programa de promoción industrial, FAU, UCV.

### Fuentes de imágenes

1 Gallegos (1989).

2 Gallegos (1989).

3 Gallegos (1989).

4 a) Dirección de Ingeniería Sanitaria. *Manual de Saneamiento*. México, 1980. b) López, Luis. *Manual del constructor popular*. Venezuela, 1991.

5 a) López, Luis. *Manual del constructor popular*. Venezuela, 1991. b) Dirección de Ingeniería Sanitaria. *Manual de saneamiento*. México, 1980.

6 Separata sistema Tablibloc.

7 Revista *Escala* n° 104.

8 Catálogo.

9 Elaboración propia.

10 Elaboración propia.

11 Elaboración propia.

12 Elaboración propia.

13 Elaboración propia.

14 Elaboración propia.

15 Elaboración propia.

16 Elaboración propia.

17 Elaboración propia referido al Taller Vivienda.

18 Elaboración propia.

19 Elaboración propia.

20 Elaboración propia.

21 Elaboración propia.

22 Elaboración propia.

23 Elaboración propia.