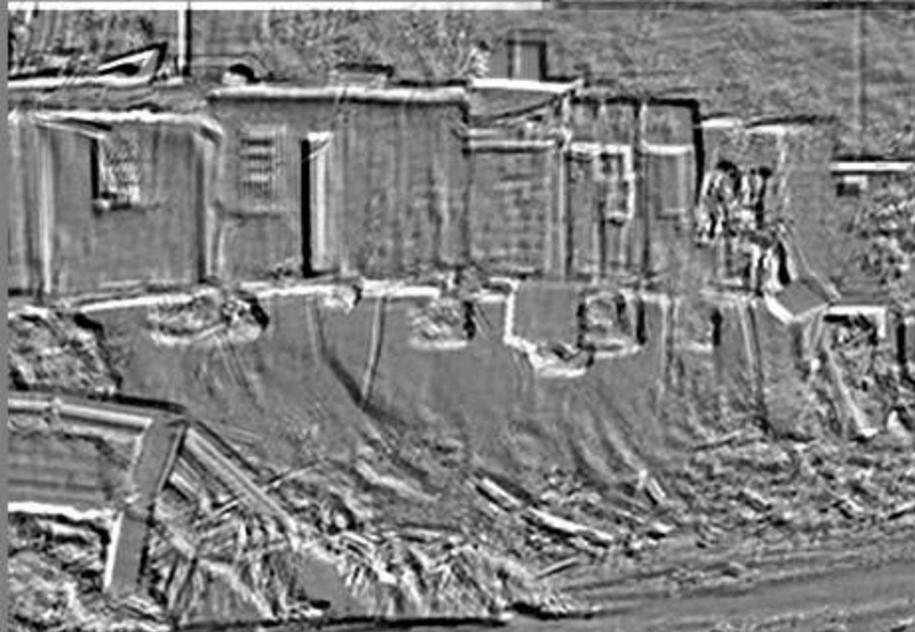
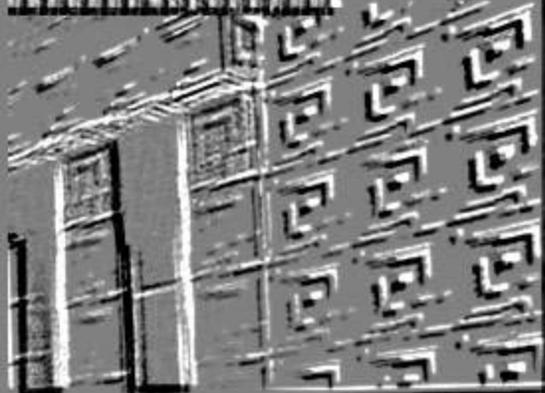
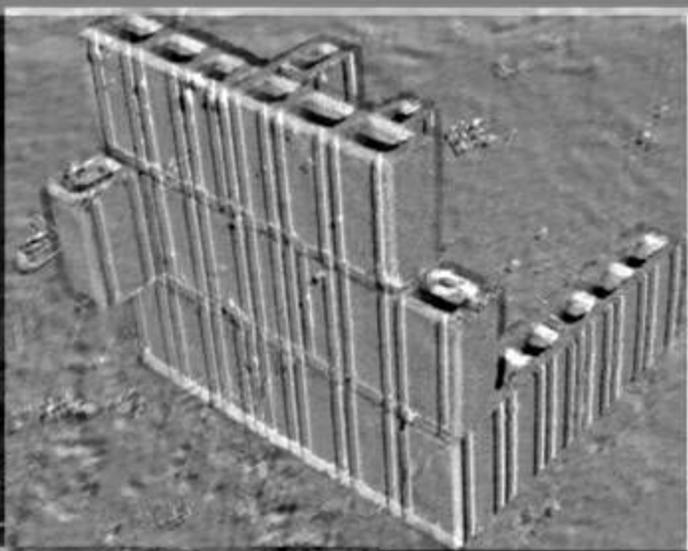
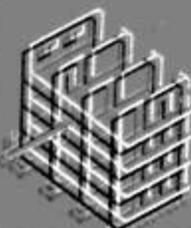


**MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL
DE BLOQUES DE CONCRETO.
UN APORTE PARA SU APLICACIÓN
EN VIVIENDAS DE BAJO COSTO
EN VENEZUELA.**

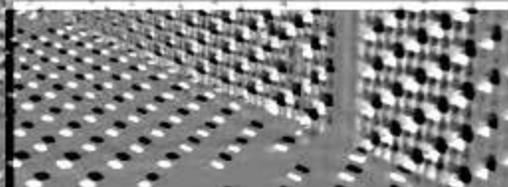
Producción, proyecto y construcción

TESIS DOCTORAL



**AUTOR: Mercedes Marrero
TUTOR: Alfredo Cilento S.**

**IDEC/FAU/UCV
noviembre 2005**



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO
Comisión de Estudios de Postgrado



MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL DE BLOQUES DE CONCRETO.
UN APOORTE PARA SU APLICACIÓN
EN VIVIENDAS DE BAJO COSTO EN VENEZUELA
Producción, proyecto y construcción.

TESIS DOCTORAL

TUTOR:
Arq. Alfredo Cilento Sarli
C.I. 993.406

ASPIRANTE:
Arq. Mercedes Marrero
C.I. 3.751.637

Caracas, noviembre 2005

*Aprobada en nombre de la Universidad Central de Venezuela
Por el siguiente jurado examinador:*

Coordinador

*Fecha de aprobación*_____

Dedicatoria:

A mi familia y mis amigos, por ser el soporte indispensable para desarrollar cada dimensión de mi ser. A mis padres: Josefina, Ramón, Julieta y Augusto, quienes siempre fueron y serán coautores de mi destino y seguramente estarán celebrando al ver esta meta cumplida. A mis hijos, Mayerling, Melissa y Erick, mi mayor tesoro y orgullo, con quienes cotidianamente comparto la aventura y el reto de aprender a ser. A Augusto Márquez, mi compañero, mi amor y fuente de energía en todos los planos de la vida, con quien he tenido el privilegio de compartir la mayor parte de mi existencia. A todos los emprendedores, por recordarnos que vale la pena continuar esforzándose para ayudar a construir un mundo mejor.

Agradecimiento:

A DIOS, por haberme permitido el privilegio de formarme, trabajar e integrar mi vida a la Universidad Central de Venezuela; a la Facultad de Arquitectura y Urbanismo y en especial al Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción, IDEC, en donde he encontrado un mundo extraordinario para mi desarrollo académico y personal; a mis compañeros, quienes han sido un verdadero apoyo a lo largo del desarrollo de esta tesis doctoral; a mi tutor integral, Alfredo Cilento, ejemplo de academia, profesionalismo y calidad humana, a Milena Sosa, por su asesoramiento y sus siempre oportunas recomendaciones, a Augusto Márquez, Anna María Floreani, Henrique Hernández, Beatriz Hernández, Idalberto Águila, Enrique Castilla, y Enrique Arnal, por su interés y disposición permanente a brindar sus enriquecedoras orientaciones; a Carmen Barrios, al equipo del Centro de Información, y en general a todo el personal del IDEC, siempre amigos y dispuestos a dar una mano.

**MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL DE BLOQUES DE CONCRETO.
UN APOORTE PARA SU APLICACIÓN
EN VIVIENDAS DE BAJO COSTO EN VENEZUELA
Producción, proyecto y construcción.**

RESUMEN:

La mampostería de bloques de arcilla y de concreto es una de las técnicas más utilizadas en nuestro país para la construcción de viviendas formales e informales. Sin embargo, la modalidad de mampostería estructural de bloques de concreto (MEBC) no forma parte de la tradición constructiva venezolana, aún cuando es una opción que se aplica masivamente en países con condiciones semejantes, tales como Colombia, Argentina y Perú. La presente tesis doctoral tiene por objeto, realizar una contribución que permita el incremento y optimización de la aplicación de la mampostería estructural de bloques de concreto en muros (MEBCM), a fin de impulsar su uso para la construcción de viviendas de bajo costo, en el marco de las condiciones geoclimáticas, culturales, y socio económicas de Venezuela. Una de las razones identificadas como origen de la escasa utilización de esta técnica, es el desconocimiento sobre sus posibilidades y limitaciones, y de su capacidad para adaptarse a las condiciones antes señaladas y a la realidad tecnológica venezolana, lo cual se aborda en esta investigación. En este sentido, se establecieron los aspectos esenciales de la MEBC, partiendo conceptualmente de la tectónica¹ como generadora de una tipología arquitectónica, así como de la identificación de los factores que limitan su aplicación en el país.

El estudio del estado del arte arrojó como resultado la preponderancia de visiones parciales del conocimiento referidas a las distintas fases de la MEBCM, en las que se obvia su contexto de aplicación. El desarrollo y discusión de la investigación

¹ Se utiliza el término “tectónica” para explicar la tipología arquitectónica que se rige por las leyes implícitas de los materiales que la construyen, los cuales determinan sus características y posibilidades expresivas.

concluye con la necesidad de establecer un modelo para la determinación de lineamientos y estrategias, que incluyan las fases de producción, proyecto y construcción, las relaciones de interacción entre ellas, y su condicionamiento a los principios de sostenibilidad, incertidumbre, ética y pertinencia, que vinculan dichos procesos a su contexto.

En el ámbito académico, el producto de la investigación constituye un aporte fundamentado en un enfoque totalizador, complejo, interactivo y multidimensional del conocimiento (Morín 1999, 2000), y define una plataforma teórica para el desarrollo de investigaciones parciales formuladas a partir de una visión integral que propicia la interacción de todas las fases del ciclo de vida del producto y su entorno.

En cuanto a su aplicación, representa un instrumento de respaldo para definir políticas y planes estratégicos de desarrollo regional y local, para la producción industrial y la producción de edificaciones; para la definición de sistemas de financiamiento; y para la formación de capital humano, y planes de desarrollo social.

INDICE DE CONTENIDOS:

INTRODUCCIÓN.-

Pág. I

CAPITULO I.- De la mampostería estructural en muros

INTRODUCCIÓN	Pág.	1
1.1.- MARCO TEÓRICO:	Pág.	2
1.1.1.- Lo Conceptual.	Pág.	2
1.1.2.- Evolución histórica.	Pág.	3
1.2.- ASPECTOS PRODUCTIVOS:	Pág.	21
1.2.1.- Bloques	Pág.	21
1.2.2.- Mortero	Pág.	31
1.2.3.- Concreto Líquido	Pág.	33
1.2.4.- Acero	Pág.	34
1.3.- ASPECTOS PROYECTUALES:	Pág.	40
1.3.1.- La Configuración	Pág.	41
1.3.2.- Coordinación Modular	Pág.	60
1.3.3.- La Estructura	Pág.	62
1.3.4.- Las Instalaciones.	Pág.	75
1.4.- ASPECTOS CONSTRUCTIVOS:	Pág.	83
1.4.1.- Sostenibilidad. Ciclo de Vida.	Pág.	83
1.4.2.- Componentes de la edificación.	Pág.	93
1.4.3.- Patología.	Pág.	103
1.5.- CONCLUSIONES.	Pág.	108

CAPITULO II.- De las Limitaciones y Potenciades en Venezuela

INTRODUCCIÓN	Pág.113
2.1.- CONTEXTO DE APLICACIÓN:	Pág.114
2.1.1.- Tipo, Tradición Constructiva y Tecnología	Pág.114
2.1.2.- Vivienda y Clima	Pág.122
2.1.3.- Consideraciones en zonas de riesgos.	Pág.130
2.1.4.- Políticas de vivienda	Pág.140
2.2.- ASPECTOS PRODUCTIVOS:	Pág.145
2.2.1.- El bloque de concreto en Venezuela.	Pág.145
2.2.2.- Capacidad Instalada.	Pág.152
2.2.3.- Mercado y Comercialización.	Pág.153
2.2.4.- Normas de Producción	Pág.155
2.3.- ASPECTOS PROYECTUALES:	Pág.158
2.3.1.- Formación Profesional.	Pág.158
2.3.2.- Vivienda progresiva.	Pág.163
2.3.3.- Normas. Ensayos	Pág.173
2.4.- ASPECTOS CONSTRUCTIVOS:	Pág.179
2.4.1.- Consideraciones generales.	Pág.179
2.4.2.- Construcción formal de viviendas	Pág.179
2.4.3.- Autogestión y autoconstrucción.	Pág.181
2.4.4.- Costos comparativos	Pág.183
2.5.- CONCLUSIONES	Pág.188

CAPÍTULO III .- Hacia una visión integral.-

INTRODUCCIÓN	Pág.194
3.1.- FACTORES INHERENTES A LA TÉCNICA	Pág.196
3.1.1.- Aspectos conceptuales	Pág.196
3.1.2.- Aspectos productivos	Pág.197
3.1.3.- Aspectos proyectuales	Pág.200
3.1.4.- Aspectos constructivos	Pág.212
3.2.- FACTORES INHERENTES AL CONTEXTO DE APLICACIÓN	Pág.221
3.2.1.- Factores generales	Pág.221
3.2.2.- Aspectos referidos a la producción	Pág.225
3.2.3.- Aspectos referidos al proyecto	Pág.226
3.2.4.- Aspectos referidos a la construcción	Pág.228
3.3.- BASES CONCEPTUALES PARA UNA VISIÓN INTEGRAL	Pág.230
3.4.- DE LOS ÁRBOLES A UN MODELO INTEGRADOR	Pág.232
3.4.1.- Actores y roles	Pág.238
3.4.2.- Lineamientos para la producción	Pág.239
3.4.3.- Lineamiento para el proyecto	Pág.241
3.4.4.- Lineamientos para la construcción	Pág.242
3.5.- CONCLUSIONES	Pág.243
<u>CONCLUSIONES.-</u>	Pág.246
<u>BIBLIOGRAFÍA GENERAL.-</u>	Pág.253
<u>APÉNDICE.-</u>	Pág.262
<u>ANEXO.-</u>	Pág.271

INDICE DE GRÁFICOS:

GRÁFICO 1.- Pavimentos, muros y cubiertas.	Pág. 5
GRÁFICO 2.- Construcciones de ladrillos.	Pág. 7
GRÁFICO 3.- Muros llenos y perforados.	Pág. 8
GRÁFICO 4.- El aporte de los Tratados.	Pág. 11
GRÁFICO 5.- Expresión formal de los elementos resistentes.	Pág. 14
GRÁFICO 6.- Diseño de bloques y de patrones de colocación.	Pág. 16
GRÁFICO 7.- Exploraciones proyectuales en mampostería.	Pág. 18
GRÁFICO 8.- Exploración en proyectos de la modernidad	Pág. 19
GRÁFICO 9.- Variedad de forma, tamaño y configuración	Pág. 22
GRÁFICO 10.- El bloque como componente formal	Pág. 23
GRÁFICO 11.- Bloque múltiple para construcción progresiva	Pág. 24
GRÁFICO 12.- Moldes y maquinarias	Pág. 26
GRÁFICO 13.- Diseño de Mezclas	Pág. 29
GRÁFICO 14.- Cerchas planas como refuerzo interior	Pág. 36
GRÁFICO 15.- Exploraciones formales con cerchas planas	Pág. 37
GRÁFICO 16.- Materiales alternativos	Pág. 38
GRÁFICO 17.- Planos resistentes por la forma	Pág. 40
GRÁFICO 18.- Forma y espacialidad por cerramientos portantes	Pág. 43
GRÁFICO 19.- La tectónica como principio de diseño	Pág. 45
GRÁFICO 20.- Equilibrio y continuidad del envolvente	Pág. 47
GRÁFICO 21.- Diseño por patrones de ordenamiento	Pág. 49
GRÁFICO 22.- Formas principales y elementos adosados	Pág. 50
GRÁFICO 23.- Continuidad de planos resistentes	Pág. 52
GRÁFICO 24.- Aberturas y Confort	Pág. 54
GRÁFICO 25.- Patrones de organización espacial	Pág. 57
GRÁFICO 26.- Color y Textura	Pág. 59
GRÁFICO 27.- Coordinación Modular	Pág. 61
GRÁFICO 28.- Planos Resistentes	Pág. 65
GRÁFICO 29.- Formas Resistente	Pág. 66
GRÁFICO 30.- Planos vs Formas Resistentes	Pág. 68

GRÁFICO 31.- Criterios de Configuración	Pág. 72
GRÁFICO 32.- Criterios para el Diseño de Instalaciones	
Pág. 77	
GRÁFICO 33.- Costos Comparativos Instalaciones Sanitarias.	
Pág. 80	
GRÁFICO 34.- Costos Comparativos Instalaciones Sanitarias.	
Pág. 81	
GRÁFICO 35.- Costos Comparativos Instalaciones Eléctricas.	Pág. 82
GRÁFICO 36.- Ciclo de Vida MEBCM	Pág. 87
GRÁFICO 37.- Costos Comparativos Fundaciones Viv.Unifamiliar	Pág. 95
GRÁFICO 38.- Costos Comparativos Fundaciones Viv.Multifamil.	Pág. 96
GRÁFICO 39.- Costos Comparativos Fundaciones Viv. Unif/Multif	Pág. 97
GRÁFICO 40.- Proporciones Construcción Muros	Pág.100
GRÁFICO 41.- Opciones de Refuerzos	Pág.101
GRÁFICO 42.- Configuración de Losas	Pág.102
GRÁFICO 43.- Patologías	Pág.107
GRÁFICO 44.- Evolución de la vivienda venezolana	Pág.119
GRÁFICO 45.- Tipologías y clima	Pág.124
GRÁFICO 46.- Viviendas para Clima tropical seco	Pág.122
GRÁFICO 47.- Viviendas para Clima tropical húmedo	Pág.125
GRÁFICO 48.- Tipologías para el control del clima	Pág.128
GRÁFICO 49.- Amenazas hidrometereológicas y sísmicas	Pág.133
GRÁFICO 50.- Viviendas y riesgos	Pág.135
GRÁFICO 51.- Distribución de suelos arcillosos y amenaza sísmica	Pág.139
GRÁFICO 52.- Aplicación de bloques de concreto	Pág.148
GRÁFICO 53.- Productos de investigación	Pág.151
GRÁFICO 54.- Elementos para capacitación y difusión	Pág.161
GRÁFICO 55.- Patrones de vivienda	Pág.165
GRÁFICO 56.- Proceso de consolidación	Pág.167
GRÁFICO 57.- Proceso de crecimiento por adición	Pág.169
GRÁFICO 58.- Proceso de crecimiento espacial interno	Pág.170
GRÁFICO 59.- Espacios a partir de la cubierta	Pág.171
GRÁFICO 60.- Verificación experimental	Pág.177

GRÁFICO 59.- Verificación experimental

Pág.178

GRÁFICO 60.- Modelo Holístico inter dependiente

Pág.235

GRÁFICO 61.- Matriz de Lineamientos

Pág.237

INTRODUCCIÓN:

Según datos del Banco Mundial (<http://www.bancomundial.org/temas/cities/datos.htm>) en 2000, la población mundial alcanzó los 6.100 millones de personas y para 2030, se estima que 60% de la población mundial vivirá en áreas urbanas. Se calcula que un tercio de la población de países en desarrollo que vive en ciudades vive en zonas marginales.

En Venezuela, según datos del Censo de Población y Vivienda 2001 (<http://www.ine.gov.ve/ine/poblacion/distribucion.asp>), la población total era de 23.232.553, concentrada en un 51,4% en 6 de los 23 estados, de la siguiente manera: Zulia (11,4%); Miranda (11,2%); Carabobo (8%); Distrito Capital (7,9%); Lara (6,7%) y Aragua (6,2%). El mayor porcentaje de las viviendas lo constituye las casas (67,9%); seguidas de los apartamentos en edificio, en quinta, en casaquinta o en casa (15,3%); rancho (9,5%); y quinta o casaquinta (7,1%). Para el año 2001, 2.065.893 personas habitaban en 593.462 ranchos; cifra que implica un incremento de 10,8% en comparación con los datos para 1990, cuando se censaron 540.640 ranchos.

Lo crítico de este panorama, requiere de un esfuerzo concertado de parte de los actores involucrados y de una visión global del problema y su solución, donde obviamente la tecnología, deberá asumirse como un catalizador que permita la concreción de las políticas del Estado. Por tanto, cualquier propuesta tecnológica debe ser asumida conceptualmente, como un engranaje más dentro del aparato productivo de viviendas, por lo que es imprescindible su coherencia con los aspectos culturales, ambientales, técnicos, financieros, etc., que aseguren su factibilidad de aplicación. Sin embargo, algunas propuestas de materiales y técnicas de construcción a menudo pasan por alto esta concepción, incluyendo las consideraciones de índole cultural inherentes a su incorporación a la práctica común. Como consecuencia, se han producido fracasos en los intentos de introducir a la práctica constructiva popular tecnologías

de innegable valor. En Venezuela, por ejemplo, la experiencia de soluciones que implican el uso de sistemas prefabricados no ha sido exitosa. Del total de viviendas construidas por el INAVI de 1979 a 1983, solo el 5,27 % se realizó con sistemas industrializados (Marrero, 1992). De igual forma, tipologías aplicadas en diversos programas del Estado (Vivienda Rural, Mindur, INAVI, FONDUR, FUNDABARRIOS, etc.) que no consideran las diferencias geográficas y culturales de las distintas regiones del país, terminan siendo rechazadas por los usuarios, con la consiguiente pérdida de esfuerzos y recursos.

En los últimos años, esta experiencia ha retroalimentado la posición de los tecnólogos, quienes han pasado de la proposición de tecnologías pesadas, a la vuelta a tecnologías no agresivas, conforme al criterio de Schumacher (1978) en su obra "Lo pequeño es hermoso: por una técnica a la medida del hombre", donde se plantea el concepto de tecnología apropiada, en términos de su no agresión y compatibilidad con el medio en que se encuentra. Estudios en el ámbito internacional referidos a las tecnologías de tierra y sus medios de producción, tales como los relacionados con su estabilización físico química y la utilización de técnicas mixtas para mejorar su comportamiento estructural y la salubridad (Sánchez, 1990) son un buen ejemplo de este planteamiento.

Por otra parte, algunos autores (Cilento, 1997) han impulsado en nuestro país el tema de sostenibilidad del ambiente, incluyendo el medio construido. Este enfoque fue planteado por primera vez en forma explícita en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (UNCED), celebrada en Río de Janeiro en 1992, superando las ideas iniciales postuladas en 1978, cuando la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (WCED), definió *desarrollo sostenible* como "el logro de las necesidades básicas de la población y de oportunidades para todos de satisfacción de sus aspiraciones, por una mejor

(calidad de) vida, sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades” (Cilento, Op.cit.). La nueva visión integral admite la construcción como vehículo indispensable para el logro de la calidad de vida, pero plantea la necesidad de establecer reglas de juego para un acertado intercambio entre el medio natural y el producido por el hombre, como parte de las premisas para intervenir en la producción del medio construido.

Tal como lo expresa Aprodicio Laquian (1985) “Aún cuando los gerentes de proyectos intentan introducir materiales más ligeros con el objeto de hacerlos más económicos, asequibles en Filipinas, por ejemplo, (madera y contrachapado de madera), y en Zambia (ladrillos cocidos al sol y suelo cemento), los participantes en los proyectos siguen persistiendo en el uso de cemento, bloques huecos y varillas de hierro. Esto sugiere que el valor mas importante en la vivienda básica pudiera ser, no el control y la reglamentación de los materiales, sino lo que interesados pueden realmente permitirse”.

La tendencia en países desarrollados es apostar a la utilización de las construcciones por largos períodos, mediante la rehabilitación, reconstrucción o restauración, pero en los países subdesarrollados donde más de un 50 % de las construcciones son producidas por el sector informal, se requiere de una transformación multifactorial que incluya aspectos referidos tanto a la extracción y producción de materiales y componentes, como de capacitación y asistencia técnica, además de consideraciones normativas y proyectuales adecuadas, que impliquen una clara intención de sostenibilidad del medio ambiente como un todo que incluye lo construido y lo natural. Esto evidencia la importancia de los componentes de índole cultural inmersos, de manera autónoma, en el conocimiento tecnológico. Su valoración por parte de los tecnólogos, contribuiría al desarrollo de técnicas constructivas y propuestas de diseño para viviendas de

bajo costo, con posibilidad de insertarse con mayor facilidad en la práctica popular y por tanto, de cumplir con su objetivo social.

El problema de la vivienda puede ser enfrentado desde diversos enfoques. La pertinencia de la búsqueda de aportes para contribuir a enfrentarlo por la vía de los materiales de construcción, está ampliamente fundamentada. De Oteiza (1997), citando a Salas (1992), establece que en los países en vías de desarrollo, los materiales representan un 64 % del costo total de la vivienda y en los países desarrollados, un 43%. La diferencia se debe a que en los desarrollos informales, gran parte de la mano de obra se obtiene por auto gestión o auto construcción. Al descomponer los costos de las partes de la construcción de una vivienda, se observa que por ejemplo en Guatemala (Salas, 1992), las paredes y muros representan un 56,9 % y el techo (31,7 %), y en algunos países de África, las paredes y muros alcanzan un 43 % y la cubierta un 26 %. En Venezuela los materiales representan el 62,97% del total de la construcción (Tecnidec, 1986) todo lo cual indica que en general, la disminución de costo de los insumos tiene gran incidencia en los costos finales. En el caso de la mampostería estructural de bloques de concreto en muros (MEBCM), dado que las paredes son a la vez planos resistentes, se producen ahorros en la estructura, por lo cual la esta modalidad de uso de la mampostería representa una opción para optimizar el uso de los materiales.

En Venezuela la mampostería es una de las técnicas más conocidas y utilizadas, tal como se desprende de los estudios realizados por Rosas (1988), Lafuente (2000) y Adell (1992 a). Se debe entre otras razones a que

1. Existe una tradición en la práctica constructiva.

2. Es coherente con nuestro sistema socio económico, ya que utiliza mayor consumo de mano de obra que de capital fijo, lo cual la hace accesible a los pequeños constructores que no poseen equipos.
3. Los componentes y materiales se producen en todo el país.
4. El sistema permite crecimiento progresivo y sus componentes, por tener pequeñas dimensiones, permiten su fácil manipulación, así como su compra en pequeñas cantidades según la disponibilidad económica del usuario, lo cual representa una forma de ahorro en especies por familias de escasos recursos.
5. Su posible aplicación como mampostería estructural, dada sus cualidades resistentes, podría representar ahorro de costo y de energía en el proceso constructivo, al convertir su peso propio en soporte de la edificación.

Estos argumentos son validos tanto para los bloques de arcilla, como los de concreto, pero en el presente trabajo nos concentramos el campo de los bloques de concreto en muros, pues representan una opción más eficiente para la mampostería estructural por las siguientes razones:

1. Con respecto a la producción.-

1.1.- El bloque de concreto no requiere cocción, lo que es favorable desde el punto de vista energético tanto para su producción artesanal como industrializada, aún cuando el cemento es un material con un alto valor de energía incorporada en su producción.

1.2.- Por su composición, la selección y mezclado de la materia prima es menos exigente que el de los bloques de arcilla. Existe una amplia tradición y capacidad instalada para la producción de cemento y extracción de arena en todo el país.

1.3.- En Venezuela hay cinco veces más empresas productoras de bloques de concreto, que de arcilla (UCV,LUZ,ULA,UNET, 1999), lo que facilita la distribución en todo el país y reduce los costos de transporte.

1.4.-El 88 % de las productoras de bloques de concreto ocupan terrenos menores de 1000 mts², mientras que sólo el 50 % de las empresas que producen bloques de arcilla se ubican en terrenos de esas dimensiones (Ibid).

1.5.- La inversión de un 19.05 % de las empresas productoras de bloques de arcilla es mayor de 200MM de bolívares, y sólo un 5,73 % de las empresas productoras de bloques de concreto alcanza esos niveles. (Ibid).

2.- Con respecto a la construcción y el proyecto

2.1.- El bloque de concreto estructural permite cuando se usa como cerramiento portante, la disminución de materiales y la cantidad de operaciones requerida para su construcción, tal como lo señala García (1985), quien indica que la mampostería estructural confinada, es decir, reforzada con machones y vigas de corona utiliza 8,94 % m³/m² de concreto y 17,96 % Kg./m² de hierro, menos que los sistemas aporticados de concreto. La utilización de bloques de concreto de tipo liviano estructural, reduce los costos de la construcción, debido a que la disminución de peso facilita su transporte y manipulación, y reduce las cargas en las fundaciones, siendo este un aspecto apreciable en términos de la sustentabilidad del ambiente. En Venezuela, investigaciones realizadas en la Universidad del Zulia (Ferrer, 1995) han demostrado que mientras el sistema de losa nervada vaciada en sitio, vigas y columnas de concreto, losa de fundación y bloques de

arcilla tenía un costo de Bs. 39.139 / m², al sustituirse las columnas y bloques de arcilla por muro de bloque estructural, el costo total resultaba Bs. 29.207 /m², es decir, 25.3 % menos. A pesar de estas ventajas, la mampostería estructural de bloques de concreto tiene en nuestro país, una limitada aplicación frente a la mampostería utilizada como cerramiento, especialmente en el sector formal de la construcción. En parte esta situación se debe a la ausencia de estrategias para incrementar el uso de esta tecnología, a la falta de conocimiento acerca de las posibilidades y limitaciones de la técnica por parte de los constructores, arquitectos e ingenieros, a la inexistencia de Normas y a problemas de control de calidad en la producción. Como muestra de este último aspecto referiremos el estudio realizado de una muestra de bloqueras ubicadas en un sector de Maracaibo (De Oteiza y Díaz, 2000), el cual dio como resultado que el 85,7 % de ellas no presentan ningún control de calidad, ni de los insumos, ni de la mezcla, ni del producto. Los ensayos a la compresión según normas COVENIN 42-82, dieron como resultado que ninguno de los especímenes alcanzó el mínimo establecido para bloques de cerramiento (30 kg/cm²), fluctuando entre 7,94 kg/cm² y 20,73 kg/cm², aún cuando se utilizan como bloques estructurales en la mayoría de las viviendas informales. En cuanto al personal, se evidenció que no está calificado en ninguno de los casos, y el 100% de las empresas analizadas carece de organización formal. Otros autores (Lafuente 2000) han señalado la evidencia la falta de una tradición constructiva que afecta el proyecto lo cual se agrava con la inexistencia de Normas específicas. Esta situación de falta de control de calidad y desconocimiento de las potencialidades de la mampostería de bloques de concreto (MEBC), ha originado que hasta ahora no haya sido un producto competitivo frente a los bloques de arcilla como elemento de cerramiento.

Ante esta problemática, el objeto de la investigación es realizar un aporte para incrementar y optimizar la aplicación de la mampostería estructural de bloques de concreto en muros (MEBCM),

a fin de impulsar su uso para la construcción de viviendas de bajo costo, de hasta dos pisos de altura, en el marco de las condiciones geoclimáticas, culturales, y socio económicas de Venezuela, incluyendo las fases de producción, proyecto construcción.

El estudio de los antecedentes para definir los criterios de optimización de la aplicación de la MEBCM tomó como referencia la línea de trabajo “Utilización de bloques de concreto en la construcción progresiva”, la cual se encuentra definida en el informe final del proyecto del Programa de Incentivos a la Innovación y Comercialización de Materiales y Componentes para la Habitación Popular – PROMAT - (TECNIDEC,1986), en el cual tenía por objeto disminuir los costos de la construcción de las viviendas por la vía de la investigación, promoción e incentivo de la producción de materiales de construcción.

Esta línea de investigación ha sido tratada en diversos trabajos tales como “La promoción del uso de la mampostería estructural en Venezuela” (Romero, 1982), “Estudio de la viabilidad del uso de la mampostería reforzada para la construcción de edificaciones” (Loreto, 1986), “Construcción de edificaciones con mampostería simple y armada” (Acosta Sierra, 1987), *Albañilería Armada* (Gallegos, 1989 a) y *Mampostería Estructural de Bloques de Concreto* (Marrero, 1992), entre otros.

Con relación a las referencias sobre la tectónica como origen de las tipologías tenemos *La casa de un solo muro* (Hernández, 1990), *Studies in tectonic culture* (Kenneth Frampton 1994), *El concepto de tipo en las teorías de la arquitectura* (Colmenares 1995), entre otros.

Los aspectos relacionados con el diseño y construcción de viviendas toman como referencia los trabajos *El diseño de soportes* (Habraken, 1979), *Arquitectura Popular de Venezuela* (Gasparini, 1986), *Viviendas Unifamiliares con patio* (Cambi, Di Cristina, Steiner, 1992), *Viviendas en bloques alineadas* (Cambi, Di Silvio, Steiner, 1992), *Vivienda, ideas y contradicciones. De las casas baratas a la erradicación de las villas de emergencia* (Instituto Argentino de Investigaciones de Historia de la Arquitectura y el Urbanismo, 1988), *60 años de Experiencia en Desarrollos urbanísticos de bajo costo en Venezuela* (INAVI, 1989), *Hábitat para todos* (Urdaneta, 1994) y *Muratura portante in laterizio* (Latina, 1994).

La investigación, que es de tipo bibliográfico y formulativo², se desarrolló con una metodología que abordó en paralelo los aspectos relevantes de la tecnología, sus interacciones y los factores del contexto de aplicación que condicionan la producción, proyecto y construcción. Se discutieron las conclusiones parciales de los aspectos estudiados y se definió el modelo que permitió elaborar una propuesta integral de lineamientos para la producción, proyecto, y construcción, interrelacionadas con su contexto de aplicación, lo cual representa el aporte fundamental de la investigación.

El trabajo consta de tres capítulos. En el Capítulo I, "De la Mampostería Estructural" se discuten los elementos fundamentales referidos a la *esencia* de la mampostería estructural de bloques de concreto (MEBC) y en especial a los de la MEBCM. Se parte de la premisa del condicionamiento que impone el material para su manejo, tal como lo expresa Eduardo Torroja, (Comunidad de Madrid, 1993): "Cada material tiene una personalidad específica distinta y cada forma impone un fenómeno tensional. La solución natural de un problema - arte sin oficio - óptima frente al

² Estudios Formulativos o Exploratorios: Están orientados a avanzar en el conocimiento donde una problemática no está lo suficientemente desarrollada, o lograr delimitar nuevos aspectos de la misma; bien sea para familiarizar al investigador con la realidad abordada, aclarar conceptos, reunir información para posteriores desarrollos, establecer prioridades para nuevas investigaciones, o también posibilitar ulteriores investigaciones con más precisión y desarrollo de hipótesis

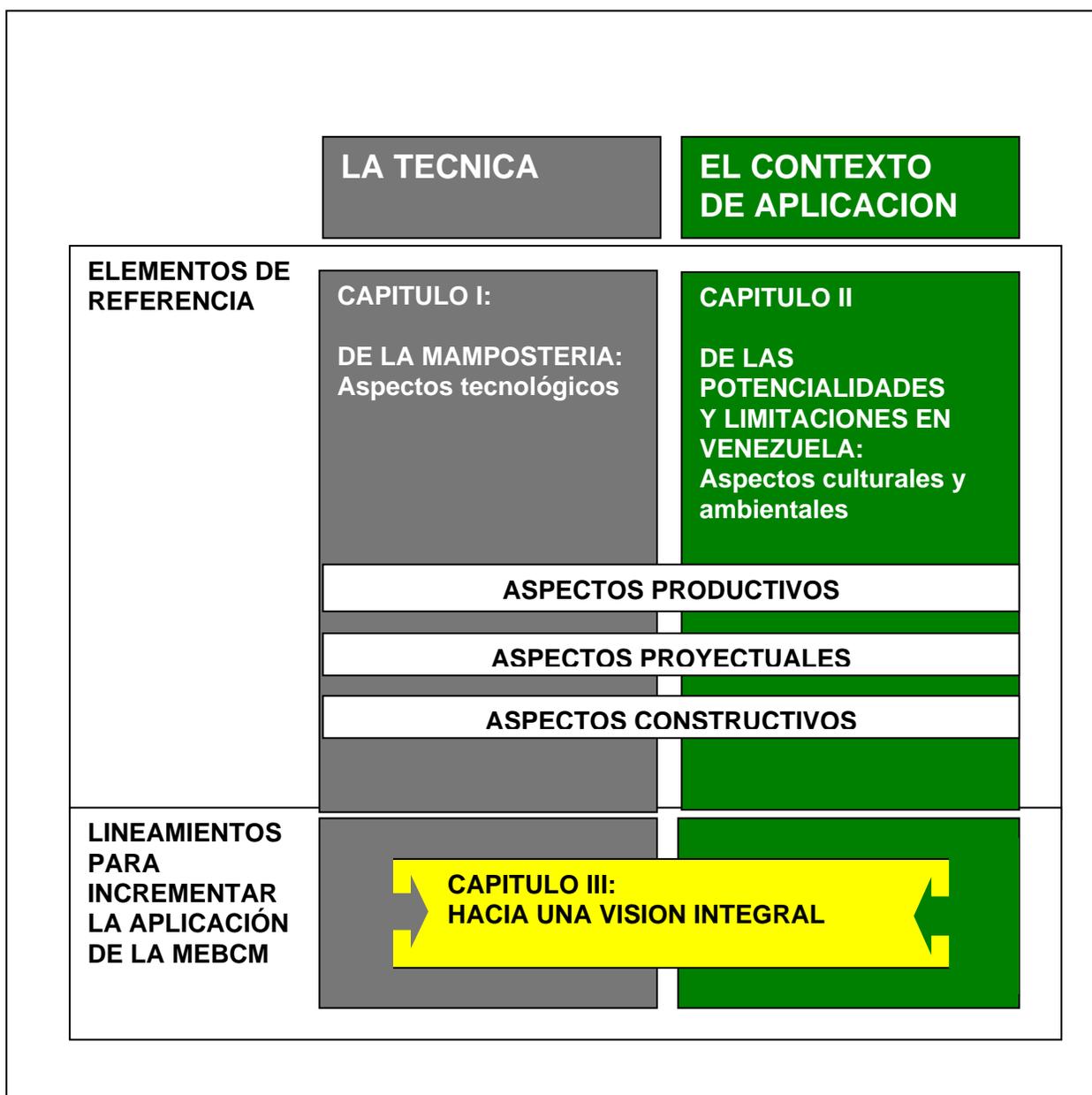
conjunto de impuestos previos que la originaron, impresiona con su mensaje, satisfaciendo al mismo tiempo, las exigencias del técnico y del artista. El nacimiento de un conjunto estructural, resultado de un proceso creador, fusión de la técnica con arte, de ingenio con estudio, de imaginación con sensibilidad, escapa del puro dominio de la lógica para entrar en las secretas fronteras de la inspiración. Antes y por encima de todo cálculo está la idea, moldeadora del material en forma resistente para cumplir su función"

En el Capítulo II, "De las Potencialidades y limitaciones en Venezuela", se agrega la valoración de las condiciones del contexto de aplicación, cultural y ambiental. En el caso de la vivienda de bajo costo en los países del tercer mundo, los materiales y tecnologías pertinentes deben incorporar, como parte de la crítica selectiva que respalda la conceptualización de los mismos, las restricciones inherentes a la fuerza de trabajo, medios de producción y recursos involucrados, así como las condiciones socio económicas de los usuarios, las características del lugar, y las consideraciones que surgen debido al tipo de uso de la edificación, que tiene la carga afectiva de ser el nicho fundamental del ser humano.

En el Capítulo III, "Hacia una Visión Integral", se sintetizan los lineamientos para optimizar la aplicación de la MEBCM en Venezuela, se discute la importancia de la comprensión del proceso interactivo de producción, proyecto y construcción, y su interdependencia con el contexto y se establece el modelo conceptual para el desarrollo de una visión integral de la propuesta, que incluyan los procesos y actores de las fases de su ciclo de vida, fundamentado en los criterios determinados en el Capítulo I y en las consideraciones del contexto de aplicación establecidas en el Capítulo II.

Las conclusiones y recomendaciones, recogen los aportes de la investigación y definen las líneas para proyectos futuros.

ESQUEMA METODOLÓGICO:



Referencias

- ADELL, JOSEPH MA. (1992 a). "Razón y Ser de la Fabrica Armada". *Informes de la Construcción. Vol. 44. Nº 412*. Instituto Torroja. Madrid.
- CAMBI, DI CRISTINA, STEINER. (1992). *Viviendas unifamiliares con patio*. Gustavo Gili, México.
- CAMBI, DI CRISTINA, STEINER. (1992). *Viviendas en bloques alineados*. Gustavo Gili, México.
- CILENTO, ALFREDO. (1997). "Construcción sostenible, de las declaraciones a la acción". *Artículo Revista Tribuna del Investigador, Vol.4, Nº 2*, APIU, UCV. Caracas.
- COLMENARES, ABNER. (1995). "El concepto de tipo en las teorías de la arquitectura". *Revista De Arquitectura*. Caracas.
- COMUNIDAD DE MADRID. (1993). *Manual de edificaciones con tierra armada*. Mimeo. Madrid.
- DE OTEIZA, IGNACIO. (1997). "Posibilidades del yeso en la construcción de viviendas de bajo costo". *Artículo Revista Tecnología y Construcción 13-I*. IDEC. FAU. UCV.
- DE OTEIZA, IGNACIO Y DÍAZ, ANA. (2000). "Análisis de la calidad y proceso productivo de bloques huecos de concreto de producción informal en la zona norte de Maracaibo". *Artículo Revista Tecnología y Construcción 16-II*. IDEC. FAU. UCV.
- FRAMPTON, KENNETH. (1994). *Studies in tectonic cultura*. John Cava. The MIT Press. Cambridge. Massachussets.
- FERRER, MERCEDES. (1995). *Ciudad Losada, proyecto urbano y de vivienda*. Fundaluz. Universidad del Zulia. Mimeo. Venezuela.
- GALLEGOS, HÉCTOR. (1989 a). *Albañilería armada*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Fondo Editorial Perú.
- GARCÍA, LUIS. (1985). "Mampostería estructural en Colombia". *Taller normativa y seguridad en zonas sísmicas*. IMME/SOCVIS/OEA. Caracas.
- GASPARINI, GRAZIANO. (1986). *Arquitectura popular de Venezuela*. Armitano. Caracas.
- HABRAKEN, N.J. ET.AL. (1979) *El diseño de soportes*. Editorial Gustavo Pili
- INAVI. (1989). *60 Años de experiencias en desarrollos urbanísticos de bajo costo en Venezuela*. Editorial Metrópolis C.A. Caracas. .
- LAFUENTE, M. CASTILLA, E. Y GENATIOS C. (2000). "Experiencias sobre el comportamiento sísmico de muros de mampostería". *Desastres Sísmicos en Desarrollo. Centro de Ingeniería Sísmica, IMME, FI, UCV*. Caracas.
- LATINA, CORRADO. (1994). *Muratura portante en laterizio*. Edizioni Laterconsult. Roma

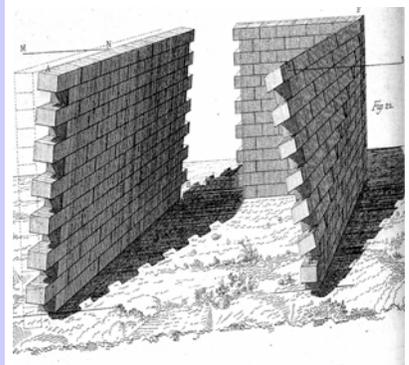
- LAQUIAN, APRODICIO. (1985). *Vivienda básica. Políticas sobre lotes urbanos, servicios y vivienda en los países en desarrollo*. Otawa.
- LORETO, ANA. (1986). *Estudio de la viabilidad de la mampostería reforzada para la construcción de edificaciones*. Monografía. IDEC/FAU/UCV.
- MARRERO, MERCEDES. (1992). *La mampostería estructural de bloques de concreto*. Tesis de Maestría. IDEC/FAU/UCV.
- ROSAS, IRIS. (1988). "Construcción y calidad de la vivienda de los barrios". *Revista Tecnología y Construcción N° 4*. IDEC / FAU / UCV.
- SALAS SERRANO, JULIÁN. (1992). *Tecnologías para viviendas de interés social*. Ediciones Escala. Tomo IV. Bogotá. Colombia.
- SÁNCHEZ, CLARA Y OSPINA, CLARA. (1990). *Construir con tierra*. Fondo Rotatorio Editorial. Bogotá.
- SCHUMACHER, E. (1978). *Lo pequeño es hermoso. Por una sociedad y una técnica a la medida del hombre*. Herman. Madrid.
- TECNIDEC. (1986). *Informe final programa de promoción industrial*. IDEC/FAU/UCV. Mimeo. Caracas.
- UCV, LUZ, ULA, UNET. (1999). *Proyecto 4, materiales, componentes y técnicas de construcción*. Base de Datos del Proyecto. IDEC. Caracas.
- URDANETA, ENRIQUE. (1994). *Hábitat para todos*. Fundación de la vivienda popular FVP. Caracas.

PÁGINAS WEB:

- <http://www.bancomundial.org/temas/cities/datos.htm>
- <http://www.cideiber.com/infopaises/Venezuela>

CAPITULO I

De la mampostería estructural en muros



CAPITULO I.- De la mampostería estructural en muros.-

INTRODUCCIÓN.-

Tal como se expresó en la Introducción General, el presente trabajo tiene por objeto, realizar un aporte para incrementar la aplicación de la mampostería estructural de bloques de concreto en muros (MEBCM), a fin de impulsar su uso para la construcción de viviendas de bajo costo, en el marco de las condiciones geoclimáticas, culturales, y socio económicas de Venezuela. Se parte del reconocimiento de la importancia de los valores culturales inmersos en los aspectos tecnológicos, por tanto, se discute la tectónica como planteamiento fundamental para la comprensión integral de la MEBCM como tecnología y generador de espacios habitables con condiciones de calidad, bajo los principios de pertinencia, sustentabilidad, incertidumbre y ética. Los aspectos relevantes fueron seleccionados por su ingerencia e interacción de las fases de producción, proyecto y construcción, los cuales fueron tratados conceptualmente ya que el objetivo de la tesis no es su desarrollo exhaustivo, el cual se puede encontrar en la bibliografía especializada.

El Capítulo I proporciona el conocimiento más relevante que caracteriza a la MEBCM, requerido para la comprensión y adecuado manejo de la técnica y para determinar los lineamientos para optimizar su aplicación a través de las fases de producción, proyecto y construcción. Para su estudio se organizó en cuatro partes. La primera, incluye los aspectos teóricos conceptuales, e históricos. La segunda parte se refiere a la producción y trata sobre las características, procesos productivos y opciones de aplicación de los elementos que constituyen la mampostería. La tercera, incluye los aspectos proyectuales, partiendo de la coordinación modular, lo tectónico como determinante de diseño y

consideraciones tecnológicas. La cuarta, se refiere a los aspectos constructivos, el rol de las partes de la edificación y su patología. Incluye los principios de sostenibilidad y ciclo de vida como condicionantes de la construcción. Las discusiones sobre estos aspectos son recogidas en las conclusiones, las cuales son consideradas para el desarrollo del Capítulo III, que relaciona el estudio de la técnica, con el de su contexto de aplicación que se estudia en el Capítulo II.

1.1.- MARCO TEÓRICO.-

1.1.1.- LO CONCEPTUAL.-

Para el estudio de la técnica hemos partido conceptualmente de la consideración del enfoque tectónico de la arquitectura y del “tipo” como *teckton*. Este planteamiento proviene de la idea de *teckne* del pensamiento clásico griego, posteriormente consolidada en el siglo XIX, con el materialismo alemán, y al mismo tiempo en Francia, con el desarrollo de teorías semejantes, que se mantienen vigentes. Es importante señalar que etimológicamente el término tectónico deriva de *teckton*, que significa carpintero o constructor, Homero alude con ese término al arte de la construcción en general. En el siglo V aC su significado pasa de algo físico, a una noción más genérica del “hacer” que incluye la *poesis*. El primer uso del término en arquitectura corresponde a Kart Müller (1830, *Handbook of the archeology of art*, en Frampton, 1995) quien refiere un doble sentido como ejecución y como representación de significado. Por su parte Gottfried Semper (*ibid*), con la influencia de Müller le confiere al término *tectónico* connotaciones que parten de la tríada vitruviana “*utilitas, firmitas y venustas*”, estableciendo diferencias entre la naturaleza, expresividad y uso de los materiales, así como la coherencia con la topografía y el clima. En el libro *La casa de un solo Muro* (Hernández, 1990) se expresa, “*La tectónica es un arte que toma como modelo la Naturaleza, no los fenómenos naturales concretos, sino la legitimidad y las reglas*

por las cuales existe y crea. Por estas cualidades nos parece que en la Naturaleza existe una quintaesencia de perfección y razón. La esfera de lo tectónico es el mundo de los fenómenos; lo que crea existe en el espacio y se manifiesta mediante la forma y el color”.

En esta línea se propone el estudio de la mampostería estructural de bloques de concreto utilizada en muros, partiendo de las posibilidades del material como generador de la configuración de la edificación y por consiguiente, de la racionalización de su capacidad portante y de cerramiento, lo que contribuye a la reducción del costo total de la construcción pues se ha demostrado que la mayor demanda de insumos y componentes, continúa concentrándose en el área de los cerramientos exteriores y tabiques interiores, la que corresponden a vez y media la superficie construida (Cilento, 1985). Definimos mampostería como la técnica constructiva que utiliza piezas que se colocan con la mano, y que se mantienen unidas entre sí por trabas mecánicas o mediante mezclas que aseguren su adherencia. Las obras de mampostería pueden incluir fundaciones, columnas, vigas, arcos, muros, bóvedas, cúpulas, losas y ornamento. El presente trabajo se centra en la mampostería en muros pues es la modalidad más apropiada para la construcción de viviendas de bajo costo. La mampostería en muros puede tener funciones de cerramiento o ser utilizada como estructura. En este último caso, puede distinguirse la mampostería simple y la reforzada con elementos que permitan absorber las solicitaciones de fuerzas horizontales. En el punto 1.3.3 se desarrollan con mayor amplitud estos aspectos.

El término mampostería proviene del francés *maçon*, que significa albañil, con el cual se designaba a los constructores de las catedrales, cuyas técnicas mantenían en secreto en corporaciones privilegiadas. Estas organizaciones dieron lugar a la Masonería en el siglo XIV, las cuales se iniciaron con un matiz operativo referido a la construcción y luego evolucionaron como asociaciones secretas de personas que profesan principios de fraternidad. (Gran Enciclopedia Larousse, 1980). El estudio de su evolución nos permite no solo tener una visión relacionada con

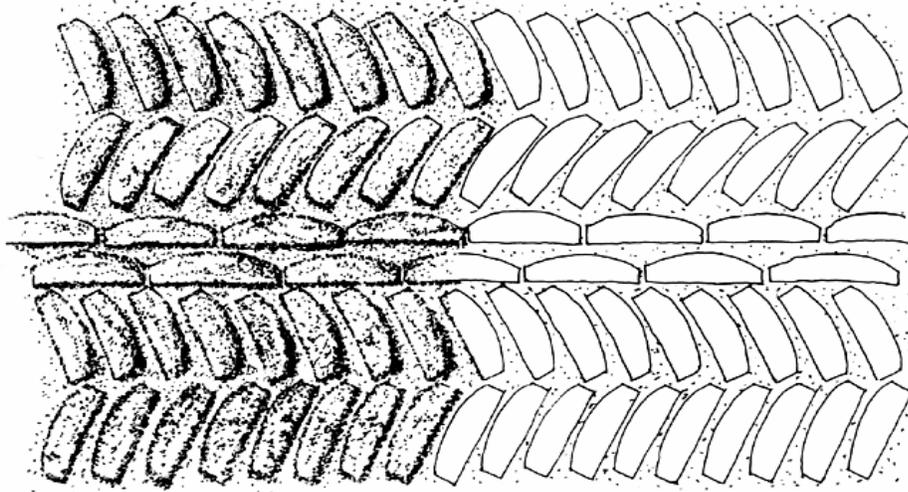
el desarrollo de los pueblos, sino de sus posibilidades en las diferentes épocas de la historia, con apoyo de nuevas tecnologías y materiales, hasta llegar al bloque de concreto contemporáneo.

1.2.- EVOLUCIÓN HISTÓRICA.-

Tal como lo establecen otros autores (Cotugno, 1997 y Latina, 1994), lo que conocemos como mampostería es una de las técnicas más antiguas de la humanidad. Las primeras obras de mampostería fueron edificaciones de piedra, tomadas en forma natural y posteriormente talladas. Luego se pasó a la producción artificial de los componentes o mampuestos, utilizándose la arcilla en los sitios cercanos a los ríos para la obtención de piezas con cierta regularidad geométrica y dimensional, en forma de paralelepípedo. Al inicio del siglo III antes de Cristo, surgió en Mesopotamia el ladrillo plano convexo, con diversos diseños para su colocación, y se utilizó desde el 2000 aC, arcilla líquida como mortero para darle continuidad estructural a la pared. El mortero se realizaba a base de arcilla con bitumen y posteriormente hacia el 300 aC se comenzó a añadir cal. En Mesopotamia, se produjo el primer material elaborado por la inteligencia humana, cuando se incorporó el método de la cocción para obtener ladrillos de mayor resistencia, lo que permitió disminuir sus dimensiones. Esto contribuyó a la aparición de soluciones alternativas para la construcción de las cubiertas con el sistema constructivo de arcos, para sustituir las estructuras de madera que eran muy deleznable. (GRÁFICO 1)

EVOLUCIÓN HISTÓRICA
Pavimentos, muros y cubiertas

CAPITULO I
GRAFICO: 1



LADRILLOS MESOPOTAMIA. III aC



BABILONIA.MESOPOTAMIA. VI - VII aC

FUENTE:
Latina, 1994. MURATURA PORTANTE IN LATERIZIO.

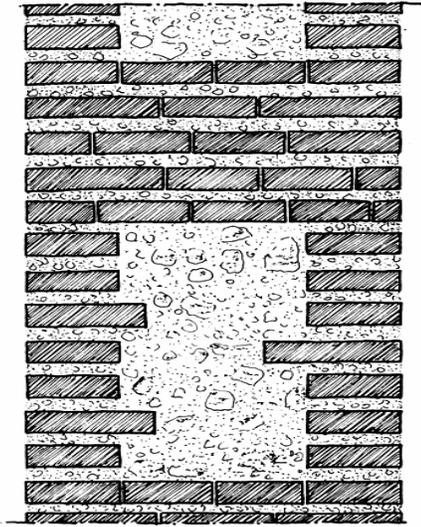
En la cultura griega e itálica, la técnica de la cocción del ladrillo llegó en el siglo I aC y fue precedida, en el área del Vesubio, por la construcción de tejas. La arquitectura romana de arcilla comenzó como obra mixta, sus ladrillos eran cocidos de manera rápida y directamente al fuego, y sólo se cocía su parte externa, por esta razón le confiaban la responsabilidad estructural a un mortero hidrófugo de alta resistencia a la compresión, elaborado con polvo de ladrillo y puzolanas³. Los ladrillos formaban una especie de encofrado perdido para este mortero y brindaban el acabado de la obra, o eran base para los revestimientos. El ladrillo en forma estructural sólo se utilizó como parte del sistema de nervaduras de cúpulas y arcos, lo que representó un aporte importante por el aligeramiento de su peso.

La arquitectura bizantina otorgó al ladrillo una mayor responsabilidad desde el punto de vista estructural, especialmente en estructuras abovedadas. A partir del siglo IV se construyeron edificios utilizando únicamente ladrillos, los que se caracterizaban por el gran espesor de la junta de mortero y por las notables dimensiones de los agregados gruesos de la mezcla de relleno de los muros (diámetros de hasta 20 cms.) y de los agregados finos (hasta 3 cms.). La obra máxima en ladrillo de la arquitectura bizantina es la cúpula de Santa Sofía en Constantinopla. (GRÁFICO 2.)

^{3 3} Se denomina *puzolana* la roca volcánica pulverizada, con características cementantes que mezclada con cal, originó el cemento romano.

EVOLUCIÓN HISTÓRICA
Construcciones de ladrillo

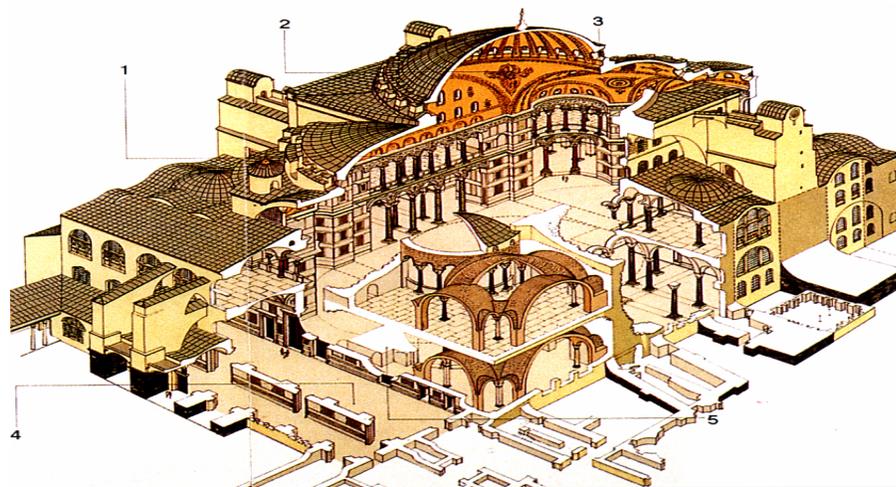
CAPITULO I
GRAFICO: 2



MURO BIZANTINO "A SACCO"



MONASTERIO DE SAN LUCAS. CONSTANTINOPLA
946-955



SANTA SOFIA. CONSTANTINOPLA. 532 -537

FUENTE:
Latina, 1994. MURATURA PORTANTE IN LATERIZIO.

La tipología del muro medieval no es muy distinta a la del muro romano. Sin embargo, en este período se diferencia el proceso de construcción de la estructura portante de la que es soportada. En el siglo VIII, se pasa de la pieza de forma cuadrada a la rectangular y sus dimensiones varían según la zona y el tipo de edificación. En el siglo X, el uso de la arcilla decae, limitándose la manufactura a la producción de tejas. En los siglos XI y XII se retoma la técnica del ladrillo con la producción en gran escala debido al florecimiento económico comercial de la época. El muro adquiere un rol importante como material modelado para resolver las superficies curvas y adquiere valores plásticos gracias a la influencia árabe.

Las nuevas tipologías arquitectónicas requieren que el muro tienda a aligerarse incorporando aberturas y distinguiendo los elementos portantes, de los apoyados, especialmente en la arquitectura gótica. En Italia, las edificaciones de mayor envergadura, que caracterizaban la vida comunitaria de ciudad, dan paso al uso del ladrillo por encima de la madera, lo que caracterizó a las edificaciones del feudo rural, un ejemplo de esta arquitectura la constituye la Iglesia Santa María y San Donato en Murano (1149). (GRÁFICO 3).

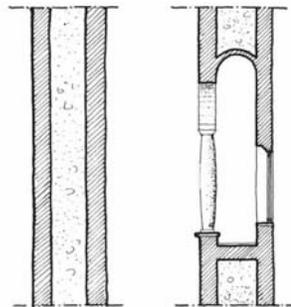
Es especialmente interesante señalar que la difusión de la arquitectura de ladrillo fue propiciada como una medida para prevenir los incendios, lo cual originó incluso normativas prohibiendo las edificaciones de madera y permitiendo sólo las de piedra y de ladrillo en Lubecca (1251-1276), Londres(1666) y otras ciudades, luego de sufrir los efectos de incendios devastadores.

EVOLUCIÓN HISTÓRICA
Muros llenos y perforados

CAPITULO I
GRAFICO: 3



IGLESIA SANTA MARIA Y SAN DONATO. MURANO. (1140)



DEL MURO LLENO AL
PERFORADO

FUENTE:
Latina, 1994. MURATURA PORTANTE IN LATERIZIO,

1.2.1.- Evolución Técnica de la Mampostería:

En el medioevo el criterio de dimensionamiento no tenía regla, lo podemos ver en los diversos tamaños que tienen contrafuertes que responden a situaciones similares. En el Renacimiento la técnica de la época se difundió a través de los Tratados, lo que permitió conocer más detalladamente las características y juicios de valor sobre las mismas, pues gracias a la invención de la imprenta se favoreció la difusión de información sobre reglas empíricas. Uno de los más importantes *De re edificatoria* de León Bautista Alberti (Cotugno,1997), describe la cultura técnica del muro y establece la diferencia entre la estructura portante (especie de “machones”) y el cerramiento (muros). Explica que los muros reciben las cargas más pequeñas, repartidas linealmente y la estructura portante recibe cargas puntuales. También se señala que el cerramiento era construido como muro “a sacco”, es decir con relleno de piedras, y la estructura portante era sólida en todo el volumen. Este criterio es una anticipación al concepto moderno de estructura aporticada y parte del reconocimiento de la diferenciación de la capacidad resistente de los diversos componentes constructivos, para su mejor aprovechamiento.

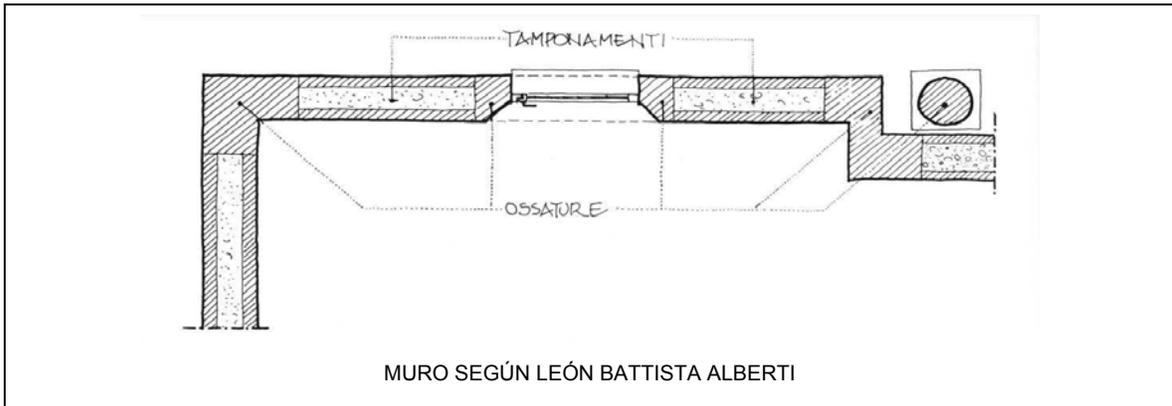
Otros ejemplos de Tratados son, *La idea de Arquitectura Universal* de Vincenzo Scamozzi, publicado en *Venecia en 1615*, (ibid), donde se propone una colocación ajustada y homogénea de los mampuestos, para producir una obra más higiénica y económica al reducir el ancho del muro y las uniones entre piezas.

En *Los cuatro libros de la arquitectura*, de Andrea Palladio, publicado en 1570, (Corrado, 1994), se definen las posiciones relativas de los ladrillos en cada hilada. Guarini en 1737 (ibid), en su obra *Arquitectura Civil*, define el espesor del muro, en el caso de construcciones de un piso, como una relación en función de la luz entre muros.

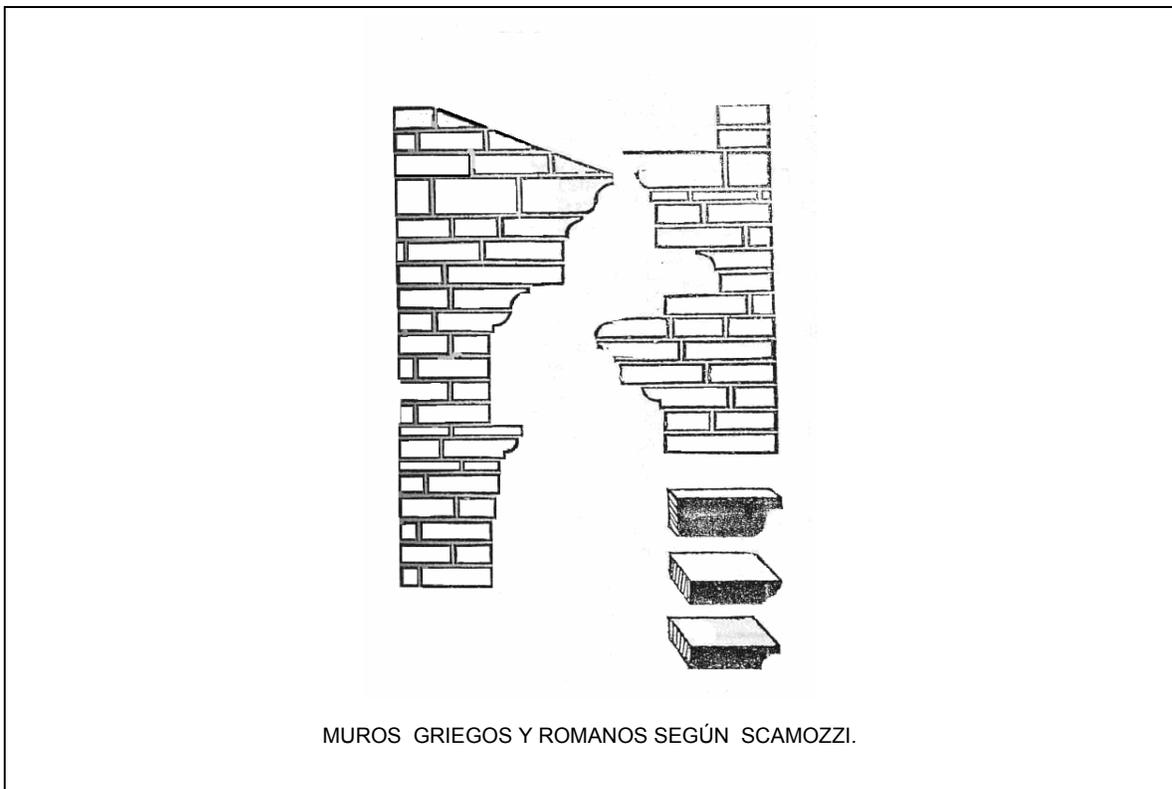
(GRÁFICO 4)

EVOLUCIÓN TÉCNICA
El aporte de los Tratados

CAPITULO I
GRAFICO: 4



MURO SEGÚN LEÓN BATTISTA ALBERTI



MUROS GRIEGOS Y ROMANOS SEGÚN SCAMOZZI.

FUENTE:
Latina, 1994. MURATURA PORTANTE IN LATERIZIO,

En el siglo XVII termina la experimentación individual y nace la norma colectiva, así como la divulgación académica, a partir de la Real Academia de Arquitectura de París en 1671. Se sustituye el Tratado por el Manual, que contenía normas y soluciones técnicas innovadoras, para elevar el nivel de conocimiento de los especialistas. El siglo XVIII se caracterizó por la racionalización del método constructivo y un cierto interés en consideraciones estático-estructurales en el ámbito de la arquitectura. Se introdujeron reglas útiles a fines prácticos y reflexiones sobre las dificultades constructivas, que dieron lugar al diseño de contrafuertes con forma trapezoidal, a fin de aumentar el brazo de momento del muro, con relación al contrafuerte en forma de paralelepípedo rectangular.

El *Traté de l'art de bâtir* (Rondelet, 1802 en Latina 1994), es un referente esencial para la cultura técnica europea. Parte de procedimientos empíricos verificables para establecer las reglas de cálculo, utilizadas en Francia e Italia. Su concepto de estabilidad para el muro parte de las siguientes premisas:

- 1) Una estructura que tiene una condición de espesor/altura propia, posee un grado de estabilidad que corresponde a una variable obtenida de una indagación estadística y de un nivel de seguridad requerido por la estática.
- 2) La fórmula se refiere a una tipología de muro en ladrillo común y mortero común, en caso contrario deberá aplicarse un coeficiente correctivo.

Hacia mitad del siglo XVIII, el interés se centró en problemas higiénicos de habitabilidad y la creación de estándares que respetaran los cambios térmicos de las paredes y a principios del siglo XIX, la construcción en mampostería estructural de ladrillo, era la protagonista de la mayoría de las edificaciones. Su aporte incluía no solo el aspecto estructural y de cerramiento, sino que era el medio para el manejo estético de la obra, logrado por la disposición de las piezas y en especial por los trabajos en cornisas, columnas, etc. Más tarde, se impuso la

estructura aporticada con el empleo del acero y en mayor medida, del concreto armado, lo que condujo a una mayor libertad de diseño y al abandono de la técnica proyectual de mampostería estructural, cuya especificidad requiere de un proceso riguroso que garantice la coherencia de los aspectos formales y resistentes. Los postulados teóricos de la arquitectura moderna en el siglo XX, frenaron el desarrollo de la mampostería estructural.

Los famosos cinco puntos de la teoría corbusiana, la estructura autónoma, la planta libre, el uso de pilotis, las ventanas continuas y el techo terraza, representaron un alejamiento de las posibilidades constructivas de la mampostería. Su uso portante y de caracterización arquitectónica, fue reemplazado por el uso de cerramiento con una imagen cada vez más ligera.

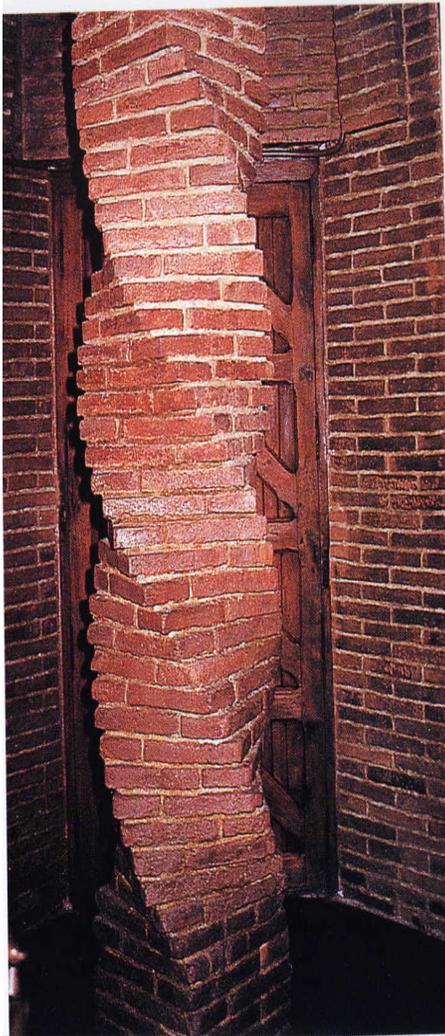
El nuevo lenguaje mimetizaba los componentes estructurales, que eran los medios expresivos tradicionales de la mampostería estructural. Las vigas se incluyeron en las losas y las columnas en las paredes. De los años veinte a los treinta, la práctica edilicia en mampostería era sólo una minoría. Después de la II Guerra Mundial, comenzaría a instrumentarse y a simplificarse con fines comerciales y se desarrolló como una de las tantas tendencias en la arquitectura moderna, pero sin mayor fuerza expresiva. Después de muchos años ignorando la importancia de la necesaria relación exterior-interior a través de materiales que aseguren el mantenimiento y el confort térmico sin tener que recurrir a costosos medios tecnológicos, se ha vuelto a mirar la imagen del muro, como un recurso adecuado para resolver los problemas actuales. La investigación en nuevos sistemas y materiales, redujo los elementos portantes que forman la imaginería de la arquitectura moderna. Sin embargo, algunas posturas tratan de rescatar la capacidad expresiva del uso de cerramientos resistentes, tal como se observa en obras de Gaudí, Wright y Kahn (GRÁFICO 5). Esto es especialmente válido en la arquitectura de ladrillo, pero debe ser tomado como referente para el manejo de la mampostería de bloque de concreto, pues el uso de éste siempre ha sido fundamentalmente utilitario, sin explorar su potencial estético.

EVOLUCIÓN TÉCNICA

Expresión formal de los elementos resistentes

CAPITULO I

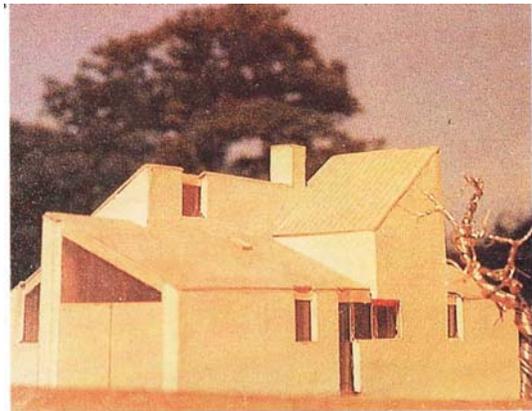
GRAFICO: 5



COLEGIO TERESIANO. GAUDI



PRAIRE HOUSE. F.L. WRIGHT



INSTITUTO INDIANO. L. KAHN

FUENTE:

Latina, 1994. MURATURA PORTANTE IN LATERIZIO,

A partir de mediados del siglo XX, los conocimientos científicos y las tendencias arquitectónicas abrieron nuevas posibilidades a la construcción de edificaciones de piezas de arcilla, mediante la incorporación de procesos de producción más eficientes, el uso de refuerzos de acero y nuevos procesos constructivos han permitido obras de extraordinario valor, especialmente las de Antonio Gaudí, Frank Lloyd Wright, Le Corbusier, Alvar Aalto, Louis Kahn, James Stirling, Mario Botta, Ricardo Bofill y Eladio Dieste, entre otros. El inicio del desarrollo de técnicas de construcción con bloque de concreto, propició su utilización, debido a sus ventajas económicas y de manejabilidad que contribuyeron a resolver la reconstrucción de los enormes daños producidos por las guerras.

En Estados Unidos se avanzó en la producción de maquinarias y en optimización de la técnica constructiva para adaptarla a requerimientos sísmicos. En especial los arquitectos J. María Jujol y Frank L. Wright, utilizan los bloques de concreto potenciando sus posibilidades expresivas. Jujol lo emplea magistralmente en la cubierta parabólica del santuario de Montserrat en Tarragona (1926) y Wright construye 52 casas de bloques de concreto, entre las que se encuentran (1923) la casa Millard, en Pasadena, la casa Storer en Hollywood, y la casa Freeman en Los Angeles (De Llorens 1997) (GRÁFICO 6)

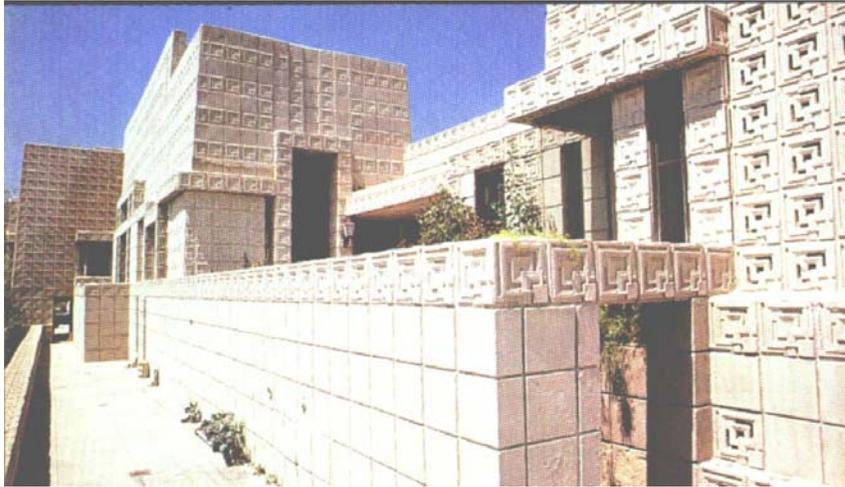
Es importante destacar en este rescate de la valoración de la tipología arquitectónica de la mampostería estructural, el trabajo de Louis Kahn. Sus propuestas proyectuales y constructivas pusieron en la palestra la reinterpretación formal y tecnológica de las posibilidades de un sistema tradicional olvidado por los arquitectos de vanguardia.

EVOLUCIÓN TÉCNICA

Diseño de bloques y de patrones de colocación

CAPITULO I

GRAFICO: 6



1923-1924. F.LI.Wright.Casa Freeman. Los Angeles



Eladio Dieste Campanario Iglesia Atlántida

FUENTE:

Heinz 1982,FRANK LLOYD WRIGHT, Pág. 64

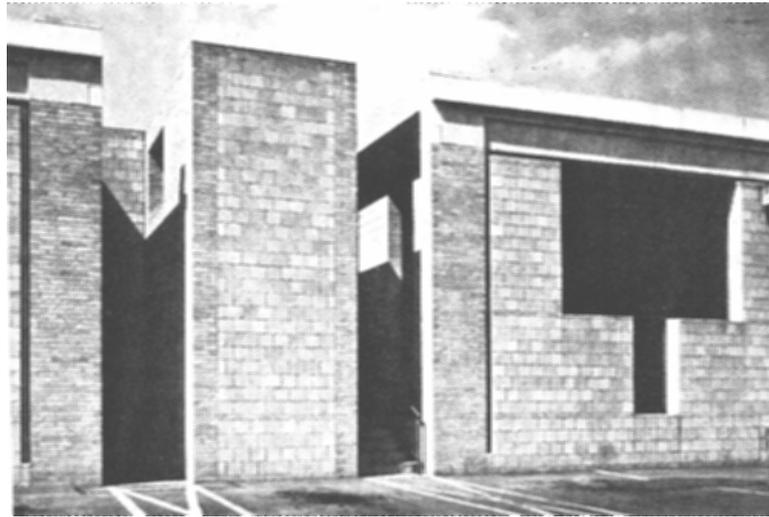
De Llorens 1993, CONSTRUCCIÓ AMB BLOC DE FORMIGO,

Kahn incorporó los materiales contemporáneos que liderizaron la arquitectura moderna para mejorar el comportamiento de la mampostería ante los esfuerzos laterales, utilizando un sistema de arriostramiento en componentes de concreto armado, e incorporando barras de acero en forma de Z en las juntas horizontales. (GRÁFICO 7)

A partir de esta experiencia, otros arquitectos como Frank L. Wright, Mario Botta, Santiago Calatrava, Tadao Ando y Frank Gehry entre otros (GRÁFICO 8), han tomado a la mampostería estructural como un medio expresivo de hacer arquitectura. La paradoja cultural es que la evolución de esta forma de construir tan arraigada, no incorporó de manera efectiva el surgimiento de otros materiales que hicieron posible el desarrollo de las características tipológicas de la modernidad. Incluso el cemento puzolánico utilizado por los romanos, se interrumpió con la caída del Imperio y sólo se volvió a utilizar cemento cuando se inventó el cemento Pórtland en el siglo XIX.

EVOLUCIÓN FORMAL y ESTRUCTURAL
Exploraciones proyectuales en mampostería.

CAPITULO I
GRAFICO :7



1958-1961. Louis Kahn. Tribune Review. P ensilvania

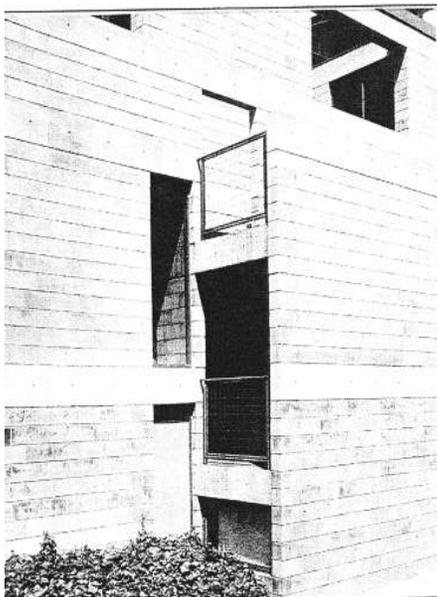


1954-1959. Louis Kahn. Casa Treton. N. Jersey

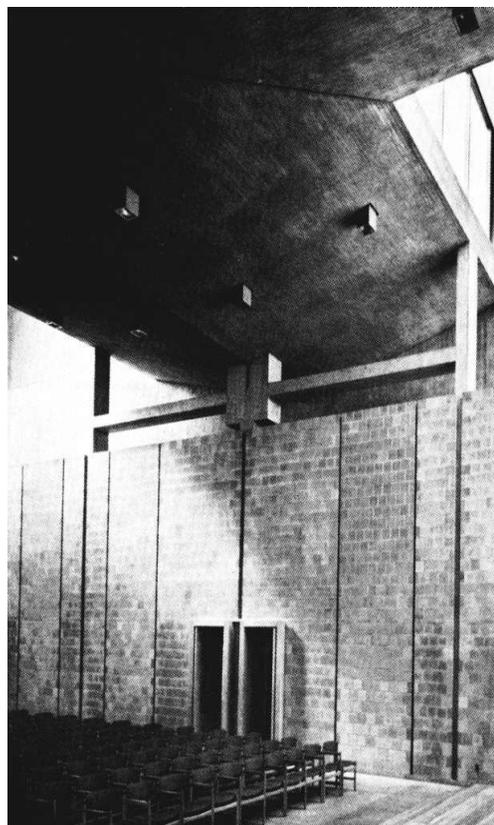
FUENTE:
Giurgola, 1980. LOUIS KAHN,

EVOLUCIÓN FORMAL y ESPACIAL
Exploración en proyectos de la modernidad

CAPITULO I
GRAFICO: 8



CENTRO COMERCIAL TIME'S. TADAO ANDO



IGLESIA UNITARIA. LOUIS KAHN

FUENTE:

De Llorens, 1993. CONSTRUCCIÓ AMB BLOC DE FORMIGÓ,
Giurgola, 1980. LOUIS KAHN,

1.2.- ASPECTOS PRODUCTIVOS.

Los muros son unidades constructivas complejas que están formados por una serie de componentes y materiales, los cuales cumplen diversas funciones. Su elemento básico es *el bloque*, que trabaja a compresión y aporta la materialidad básica para las funciones de cerramiento y estructura. Estos componentes se mantienen adheridos para comportarse monolíticamente como pared o plano resistente mediante *el mortero*, aunque en algunos casos la configuración de los bloques permite su ensamblaje en seco. Los otros componentes del muro que contribuyen a su desempeño a tracción, torsión y corte, son el *concreto líquido* y los *refuerzos* de materiales como el acero y otras opciones alternativas de menor uso.

1.2.1.- Bloques de concreto:

Las Norma Venezolana COVENIN 42-82 “Bloques Huecos de Concreto”, basada en las normas ICONTEC y ASTM definen el bloque de la siguiente manera: “Es un elemento simple en forma de paralelepípedo ortogonal, con perforaciones paralelas a una de las aristas”. En cuanto a su constitución especifican “los bloques deben elaborarse con cemento Pórtland y agregados inertes inorgánicos adecuados”, sin embargo, existen variantes alternativas referidas a ambos aspectos, la mayoría de carácter experimental. La propiedad más importante de piezas empleadas en muros portantes es su resistencia a la compresión, la cual depende de la relación altura - espesor de la pieza, del material con que fue elaborado, y del proceso de producción utilizado.

Los bloques se pueden clasificar según el tipo de agregado que se utilice, en pesados o livianos, según su geometría, en rectos o machihembrados, según su constitución en simples o compuestos, según su apariencia en lisos, texturizados o ranurados, tal como

puede apreciarse en los gráficos anexos. (GRÁFICO 9).

Aún cuando no es objeto de este trabajo presentar un inventario exhaustivo, a título de muestra se incluyen algunos ejemplos tomados del estudio realizado por Marrero (1992), en los que se identifican rangos de peso y dimensiones al revisar el Estado del Arte. En peso, el máximo es de 30 Kgs. por unidad (Bloques Dos caras D.B.A.); y en relación al tamaño, por lo general se encuentran entre 15/20/25 cms. de alto (excepcionalmente 50 cms en el bloque DURISOL, Suiza), entre 40 y 45 cms de largo (solo el DURISOL tiene 75 cms) y el ancho varía entre 10 y 25 cms.

La geometría de los bloques por lo general responde a exigencias utilitarias, pero su diseño puede ser un medio expresivo para la volumetría y espacialización de la arquitectura. Los Arquitectos Frank Lloyd Wright y Paul Rudolph, diseñaron bloques de concreto que además de los aspectos constructivos, aportan características formales que se manejan como parte del lenguaje del proyecto. (GRÁFICO 10)

Otros componentes responden a aspectos referidos a la producción, proyecto y construcción considerando aspectos socio económicos y de sustentabilidad, como los bloques de la Tecnología Omniblock (Marrero 2002 b) fueron diseñados para simplificar el proceso productivo, facilitar la construcción progresiva y disminuir los desperdicios. Por su configuración, permiten su transformación mediante cortes para construir paredes, entresijos, muros de contención, techos, vigas y bloques de ventilación, además de posibilitar el manejo de la textura como acabado. (GRÁFICO 11)

ASPECTOS PRODUCTIVOS

Variedad de forma, tamaño y configuración

CAPITULO I

GRAFICO: 9

PLACAS Y BLOQUES DE AGLOMERADOS DE PIEDRA PÓMEZ ITALIANOS (Raffaella y Agostino, Milano)

Material	Dimensiones (cm)	Espesor (cm)	Peso (Kg)
Placas horadadas	50 x 33	6	44
"	"	8	54
"	"	10	72
Placas macizas	50 x 33	4,5	42
"	"	6	60
"	"	8	75
"	"	10	95

70 Placa con 4 orificios 50x33x13 cm. Peso del bloque 14 Kg.

71 Placa con 2 orificios 33x33x13 cm. Peso del bloque 8 Kg.

72 Placa con 3 orificios 50x33x20 cm. Peso del bloque 20 Kg.

73 Placa con 2 orificios y pestaña 33x33x20 cm. Peso del bloque 20 Kg.

74 Placa con 1 orificio 33x33x20 cm. Peso del bloque 12 Kg.

75 Placa con 1 orificio y pestaña 33x33x20 cm. Peso del bloque 12 Kg.

76 Placa con 1 orificio 33x33x20 cm. Peso del bloque 12 Kg.

77 Placa con 1 orificio 33x33x20 cm. Peso del bloque 12 Kg.

78 Placa con 1 orificio 33x33x20 cm. Peso del bloque 7 Kg.

79 Placa con 3 orificios 50x33x20 cm. Peso del bloque 23 Kg.

80 Placa con 2 orificios y pestaña 33x33x20 cm. Peso del bloque 18 Kg.

81 Placa con 2 orificios 33x33x20 cm. Peso del bloque 18 Kg.

82 Placa con 1 orificio y pestaña 33x33x20 cm. Peso del bloque 16 Kg.

83 Placa con 1 orificio 33x33x20 cm. Peso del bloque 9 Kg.

84 Placa con 3 orificios 50x33x20 cm. Peso del bloque 23 Kg.

85 Placa con 2 orificios y pestaña 33x33x20 cm. Peso del bloque 21 Kg.

86 Placa con 1 orificio 33x33x20 cm. Peso del bloque 14 Kg.

87 Placa con 1 orificio y pestaña 33x33x20 cm. Peso del bloque 14 Kg.

88 Placa con 1 orificio 33x33x20 cm. Peso del bloque 14 Kg.

89 Placa con 1 orificio 33x33x20 cm. Peso del bloque 23 Kg.

90 Placa con 2 orificios y pestaña 33x33x20 cm. Peso del bloque 23 Kg.

91 Placa con 1 orificio 33x33x20 cm. Peso del bloque 18 Kg.

Otros como «Mica» bloques de forma ligera, ranuras diagonales y ranuras ovales, uniones artificiales de gresú y cemento de cualquier forma deseada. (I.R.P.E.S., Milano).

215 - Sistema Rockwood.
1. Pared externa 6" x 6" - 2. Entarimado 4" - 3. Pilar armado - 4. Hormigonado del piso - 5. Elementos del piso 5" x 16" - 6. Pared externa acabada.

216 - Detalles de la trabazón de los elementos.

217 - Sistema Dun-ti-stone.
1. Pared externa - 2. Pared interna - 3. Barra de acero - 4. Tela metálica - 5. Hormigon - 6. Barra de armadura del hormigon.

218 - Bloque de Durisol.
1. Bloque con nervios - 2. Placa maciza - 3. Junta - 4. Hormigon de relleno esencialmente armado - 5. Esboceto huecos que pueden ser utilizados para armaduras, canales.

219 - Bloque «Rozaud».
219 - Sección vertical.
220 - Sección horizontal de dos hileras sucesivas.

221 - Bloques «Lefebure».

Ref. GRAFFINI, E. & A. (ver bibliografía)

Bloque «Forestier».
223 - Sección vertical.
224 - Sección horizontal.

Bloque de «dos caras» D. B. A.
225 - De lado.
226 - Sección horizontal.

Bloque «Knapen».
227 - Sección vertical.
228 - Sección horizontal.

Bloque en «Z».
229 - Elemento Z perforado.
230 - Unión de los elementos.

ESTADO DEL ARTE

FUENTE:

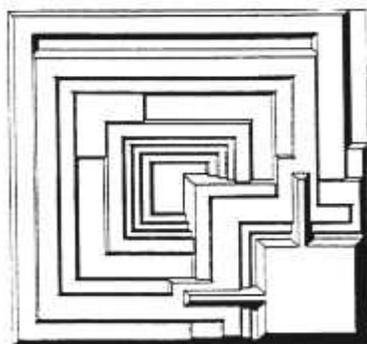
Marrero, 1994. MANUAL INSTRUCCIONES PROYECTO OMNIBLOCK,
Marrero, 1992. LA MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL DE BLOQUES DE CONCRETO,

ASPECTOS PRODUCTIVOS

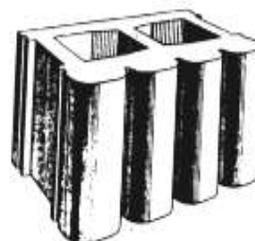
El bloque como componente formal

CAPITULO I

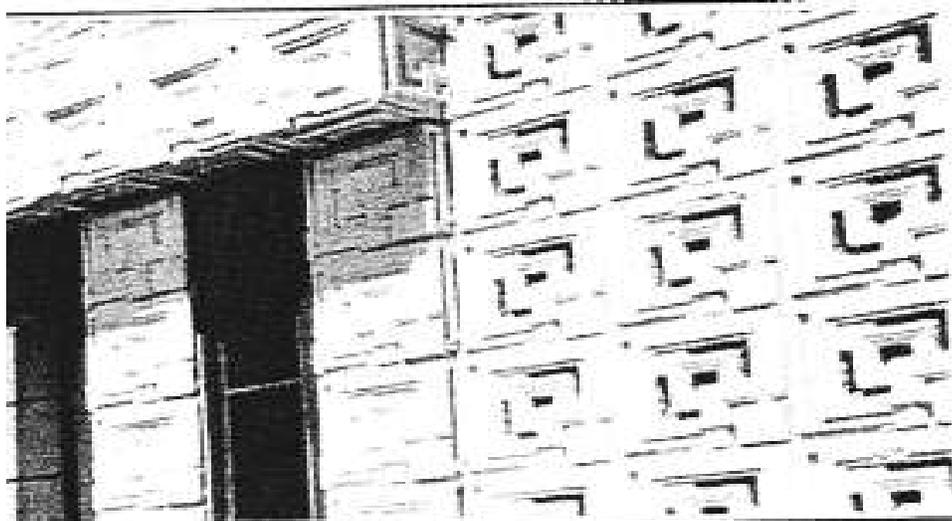
GRAFICO: 10



BLOQUE F.L.WRIGHT



BLOQUES P.RUDOLPH



APLICACIÓN BLOQUES F.L.WRIGHT

FUENTE:

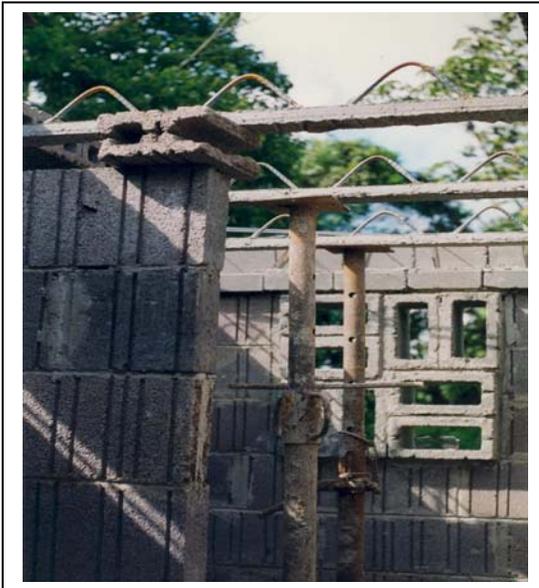
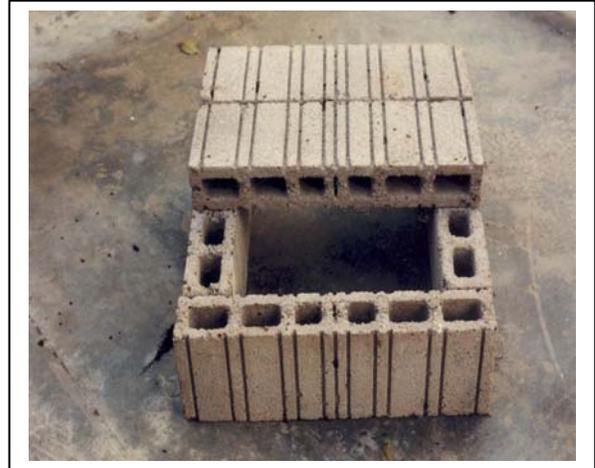
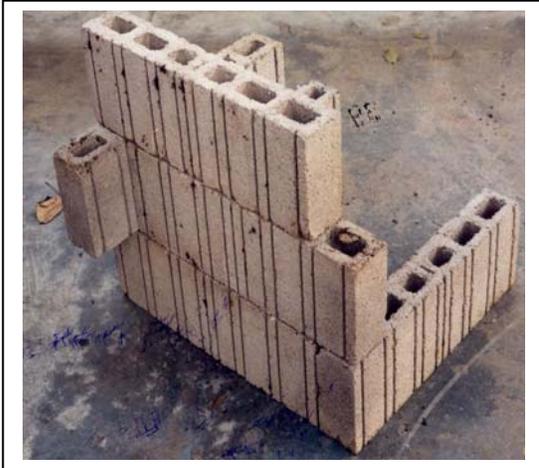
De Llorens, 1993. CONSTRUCCIÓ AMB BLOC DE FORMIGO,

ASPECTOS PRODUCIVOS

Bloques de uso múltiple para construcción progresiva

CAPITULO I

GRAFICO: 11



TECNOLOGÍA OMNIBLOCK

FUENTE:

Marrero, Mercedes. 2002 b. TECNOLOGÍA OMNIBLOCK.

1.2.1.1.-- Proceso de Producción:

El proceso de producción de los bloques de concreto incluye la dosificación, mezcla, moldeado – vibrado, curado y almacenaje. Este ciclo se mantiene en las distintas modalidades de producción:

1.- *Artesanal*, cuando se realiza manualmente utilizando moldes de madera o metal.

El rendimiento depende del número de moldes disponibles.

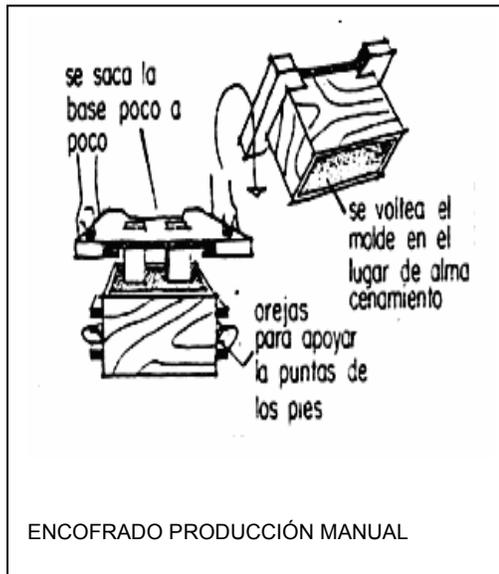
2.- *Mecanizada*, cuando se realiza mediante las máquinas moldeadoras llamadas “ponedoras”, pudiendo tener un rendimiento promedio de 1.300 bloques/día según el tipo de máquina.

3.- *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 puede llegar a 14.000 bloques. Es importante señalar que para bloques con responsabilidad estructural, es especialmente necesario el control de calidad, lo que es más factible de mantener en la producción industrializada. (GRÁFICO 12).

Según el Concrete Masonry Handbook (Panarese, 1991), la producción de unidades de mampostería consiste en la dosificación y mezcla de cemento, agregados inertes y agua, y según especificaciones especiales, pueden incorporar aceleradores, colorantes, repelentes al agua, silicatos, puzolanas, agregados livianos, etc. Esta mezcla debe ser seca para permitir su moldeado en máquinas vibro compactadoras. Una vez obtenidas las piezas, se procede al secado, bien sea en cámaras con temperatura regulada o en patios al aire libre por períodos de 12 a 18 horas. En caso de curado manual, se riega cada 3 o 4 horas. Las piezas son almacenadas preferiblemente sobre paletas y adquieren su resistencia final a los 28 días.

ASPECTOS PRODUCTIVOS
Moldes y maquinarias

CAPITULO I
GRAFICO:12



FUENTE:
Marrero, 1992. LA MAMPOSTERÍA DE BLOQUE DE CONCRETO,
Besser, CATALOGO,
Besser, CATALOGO,

1.2.1.2.- Diseño de mezclas:

En la Mampostería estructural, es de suma importancia el diseño de la mezcla para la elaboración de las unidades de mampostería de concreto pues, conjuntamente con el proceso de producción, determina su peso, la resistencia a la compresión, la absorción de agua y el acabado.

Según el tipo de agregado, los bloques pueden ser pesados (arena y piedra picada), cuyo peso unitario seco es mayor a 2000 Kg/cm^3 , semi pesado (arena, piedra picada y agregados livianos), con un peso unitario entre 1400 y 2000 Kg/cm^3 o livianos (COVENIN 1982, Panarese, 1991) con un peso unitario seco inferior a los 1400 Kg/cm^3 . El concreto liviano utilizado, se puede obtener por diversos medios, tales como:

1.- *Agregados livianos*, los cuales pueden ser naturales (de origen volcánico) o artificiales (con base en arcillas, pizarras, etc.).

2.- *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 producto volcánico pulverizado. Este material, curado en autoclave, es resistente y ligero y tiene dos modalidades: *concreto espumoso*, que es utilizado fundamentalmente como termo aislante; y *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.

Aún cuando las Normas ASTM y COVENIN solo se refieren al cemento Pórtland, existen otras opciones de aglomerantes aún cuando su uso no se ha extendido. Uno de ellos es el uso del azufre derretido en el diseño de mezcla, con una resistencia a la compresión equivalente y reduciendo la absorción al mínimo, con acabados de colores y aristas perfectas, permitiendo la producción de componentes precisos que pueden ser

ensamblados sin mortero. Esta opción desde el punto de vista sustentable es mejor que la del cemento (Ortega, 1989), pues el azufre además de depósitos naturales, se obtiene de la recuperación en las industrias de gas natural y del petróleo, en el proceso de reducir los efectos contaminantes de los combustibles fósiles. (GRÁFICO 13).

Otro requerimiento del diseño de mezclas es la resistencia a la compresión de los bloques, determinada sobre el área bruta a los 28 días de fabricados, lo cual es una de las cualidades más importantes de la mampostería, pues define su capacidad resistente. Se entiende por área bruta la superficie del plano perpendicular a la carga y área neta la resultante una vez descontada el área de los huecos al área bruta. Los bloques pueden ser de tipo estructural o de cerramiento, conforme a los parámetros establecidos en la normativa de cada país. Según el procedimiento de producción, manual, mecanizado o industrializado, se definen las proporciones de los materiales para obtener la resistencia requerida. A manera de ejemplo, presentamos las proporciones sugeridas por la empresa fabricante de vibrocompactadoras Besser.

DISEÑO DE MEZCLA				
BLOQUES	RELACIÓN AGUA / CEMENTO	RELACIÓN CEMENTO / AGREGADO		
Resistencia compresión 28 días, area neta		A-1 180 Kg/cm ²	A-2 130Kg/cm ²	B 80 Kg/cm ²
Pesados	0,27	1:8	1:9	1:11
Livianos	0,30	1:6	1:8	1:10
FUENTE: CONCRETERA LOCK JOINT / BESSER				

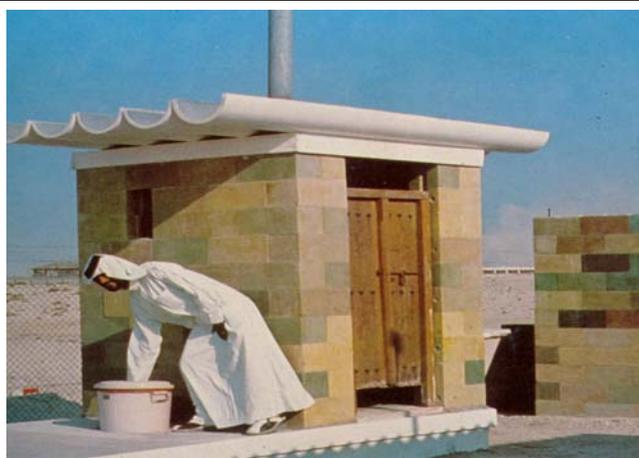
El coeficiente de absorción permitido para cada tipo de bloque, también está definido en las Normas, siendo inversamente proporcional a la capacidad de resistencia de los bloques (Panarese, 1991). En cuanto al acabado, dependerá de las dimensiones, colores y proporciones de los componentes de la mezcla, así como del proceso de producción.

DISEÑO DE MEZCLAS
Incorporación de color

CAPITULO I
GRAFICO:13



BLOQUES PRODUCIDOS CON COLORANTES



BLOQUES CON AZUFRE.

FUENTE:
CATALOGO BLOQUERA MAER. 1997. TURÍN,
Ortega, 1989. PREARQUITECTURA DEL BIENESTAR

Otras opciones que pretenden obtener beneficios económicos y ambientales se refieren a la utilización de desechos agrícolas para producir materiales de construcción. Un ejemplo de esta tendencia es la obtención de cemento a partir de la cascarilla de arroz (Aguila, 2001), que al quemarse produce cenizas con alto contenido de silicato, el cual es un aglutinante que al molerse da lugar a un cemento de fragüe hidráulico similar al cemento Pórtland, pero con una demanda de energía menor para su producción de tan sólo el 3,2%. Existen experiencias en Colombia (Dalimier 1986, en Aguila 2001), que señalan que la empresa Calmentiza Ltda. que fabrica bloques con ceniza de arroz, redujo el costo de materiales de producción en un 18 % respecto a los bloques tradicionales.

1.2.2.- El mortero:

El Mortero es la “Mezcla de conglomerantes, arena, agua y eventualmente aditivos, con la que el albañil asienta las piezas y rellena los huecos entre ellas. Después endurece y enlaza las piezas” (Lahuerta, 1992). Esta definición se refiere al final la función fundamental del mortero que es la de ser un adhesivo; todas sus otras propiedades, incluida su resistencia, son incidentales (Gallegos, 1985). Se ha demostrado que para la adhesión del mortero la presencia de la cal es determinante. En un estudio de más de 100 edificios de albañilería de la Compañía de Teléfonos en Nueva Jersey, Estados Unidos, que tenían entre 6 y 23 años de construidos para el momento de su demolición, se evidenció que los edificios construidos con mortero con cal no tenían fisuras, mientras que los construidos con mortero de cemento, tenían un 60 % del largo de sus hileras fisuradas. Otras propiedades requeridas para el adecuado desempeño del mortero son la *trabajabilidad*, es decir, la cualidad de poder ser esparcido con facilidad, la retentividad, o capacidad para mantener su consistencia durante el proceso de asentado y la *durabilidad*,

de sus condiciones en el tiempo. Los componentes del mortero son el cemento, la cal, la arena y el agua, señalaremos las cualidades que aporta a la mezcla, cada uno de ellos:

1.2.2.1.- Componentes del mortero.-

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.

Cal: Provee al mortero de plasticidad, cohesión, retentividad y extensión de adhesión, siendo el componente fundamental para asegurar la durabilidad de dicha adhesión.

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 un 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.

1.2.2.2.- Diseño de mezcla:

El mortero se fabrica normalmente con escaso cuidado en su dosificación, lo que va en detrimento del comportamiento de las piezas como una estructura integral, por tal motivo se producen comercialmente mezclas dosificadas para el mortero. Esta opción no es utilizada para viviendas de bajo costo, ya que es menos económica.

Para edificaciones de mampostería estructural el diseño de mezcla, proporcionada en volumen, es el siguiente (Gallegos 1989 b):

MORTERO PARA MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL (PROPORCIONES EN VOLUMEN)				
CEMENTO PORTLAND	CAL	ARENA	CONSISTENCIA PROMEDIO (%)	RELACIÓN AGUA / CEMENTO
1	1/2	4 – 4,5	130	1.13

Esta mezcla 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, pues el mortero deja de ser sólo un adhesivo para convertirse en parte de un material con dos componentes que tienen cualidades diferentes (López, 1986).

1.2.3.- El concreto líquido.-

El concreto líquido tiene por objeto reforzar internamente la MEBCM conjuntamente con las barras de acero vertical. Está constituido por los mismos materiales que el concreto, pero debe ser mucho más fluido, para permitir su colocación en los canales que se forman al superponer los espacios huecos de los bloques. Esta fluidez se logra con una alta relación agua /cemento y controlando el grado de fineza de la arena. El concreto líquido incrementa la sección vertical de la pared y contribuye a la resistencia al corte por cargas laterales, une las hiladas de bloque en el sentido vertical y transfiere la tensión de la mampostería al acero de refuerzo, cuando el muro está sujeto a cargas laterales de viento, sismo o empujes del terreno.

La mezcla proporcionada en volumen, está formada por una parte de cemento y tres cuartas partes de arena, añadiéndole agua hasta lograr una relación agua / cemento que varía entre 0,8 y 1,1, según el módulo de fineza de la arena (Gallegos, 1989 b).

La norma ASTM C143 (Panarese 1991), indica que es importante mantener la misma dosificación, tipo de materiales y procedimiento de mezclado, así como verificar su resistencia cada 5000 sq.ft de construcción de pared. 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 alvéolos de las unidades de albañilería, absorben el exceso de agua, dejando al concreto con una relación agua/ cemento apropiada. El asentamiento de la mezcla deberá estar entre 8" y 11", utilizándose valores cercanos a 8" para los bloques de mayor absorción y cercano a 11", para los de menor absorción. Según la dimensión de los alvéolos, el concreto líquido puede ser *fino*, el que solo tiene arena como agregado, o *grueso*, que puede contener piedra con un tamaño máximo de 3/8". La aplicación del concreto líquido requiere de un constante vibrado y no se recomienda utilizarlo después de 1 ½ hora de preparado. 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.

1.2.4.- El Acero.-

En el siglo XX, el acero revolucionó la Arquitectura por su capacidad de trabajo a tracción. La viga, sustituyó al arco con toda la carga formal y tipológica que ello representa. Este material también influyó en la mampostería de bloques de concreto, que básicamente trabaja a compresión, y requiere de la incorporación de acero de refuerzo para responder a las sollicitaciones de esfuerzos dinámicos producidos por sismos, vientos y empujes del terreno, además de contribuir a lograr mayores aberturas en los muros, requeridas por razones funcionales y/o espaciales. Otro aporte del acero para la mampostería es contribuir a evitar la

patología de fisuración producida por diversas razones tales como asentamientos diferenciales, flexibilidad de las superficies de apoyo y movimientos del terreno.

El acero en la mampostería se coloca según el concepto estructural que se utilice en sentido vertical dentro de los canales internos de los bloques, de manera horizontal entre las hiladas, recubiertas por el mortero, en las intersecciones de las paredes, en sus extremos y a los lados de los vanos de puertas y ventanas. En todos los casos los refuerzos se conectan con la armadura de las fundaciones, vigas de corona o losas.

Las formas descritas son las de mayor utilización, sin embargo, debido a que la necesidad de reforzar la mampostería en áreas de riesgo sísmico condiciona el proyecto y la construcción, es necesario conocer y explorar materiales y sistemas que cumplan con este requisito y que a la vez permitan racionalizar el proceso constructivo y aprovechar sus posibilidades expresivas.

Una opción disponible en América desde los cuarentas y en Europa desde los ochentas (Adell, 1992), son las armaduras prefabricadas planas, con forma de pequeñas cerchas. El grueso del conjunto es de 4 a 5 mm, y con pletinas, es de 2 mm. La estructura es triangulada, indeformable y dicha geometría aumenta la adherencia del mortero (GRÁFICO 14). Este tipo de refuerzo es frecuentemente utilizado para mampostería de ladrillo, lo que ha permitido construir espacios con mayor libertad (GRÁFICO 15). Para el caso de los bloques de concreto, se han ensayado muros con refuerzos verticales y horizontales en forma de “cesta de alambres”, comparándola con muros reforzados por cabillas cuyo diámetro es equivalente a la sumatoria de los alambres. Se demostró que el comportamiento era similar pero con ventajas, especialmente respecto a la posibilidad de tener un mayor recubrimiento de mortero en el acero, lo que favorece la durabilidad y disminuye la patología del muro.

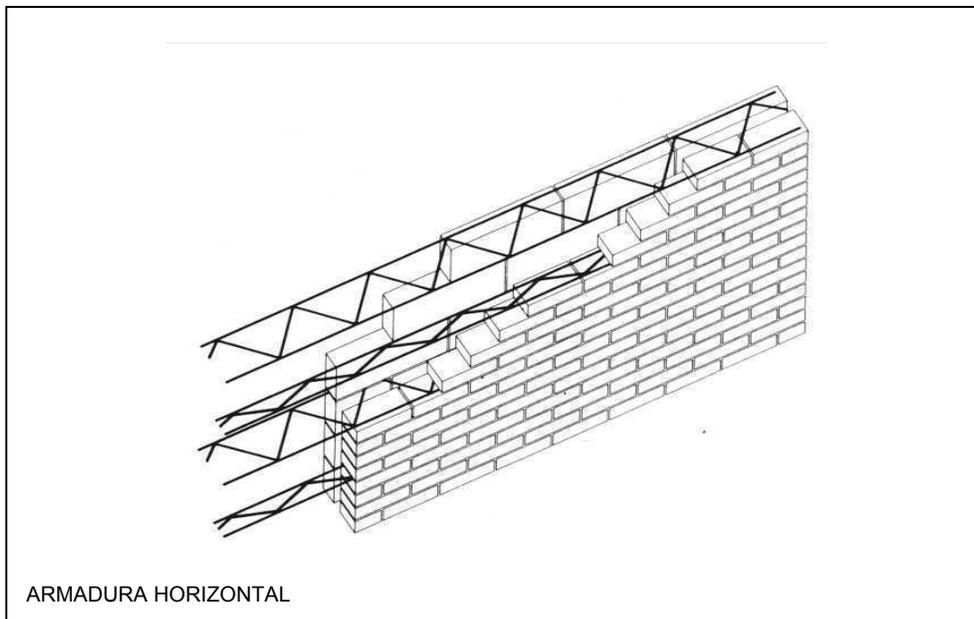
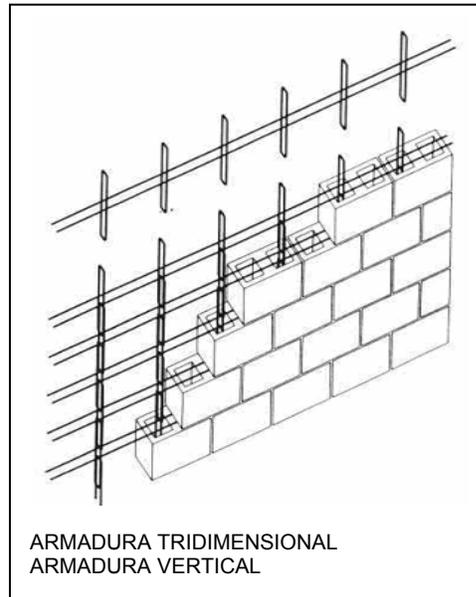
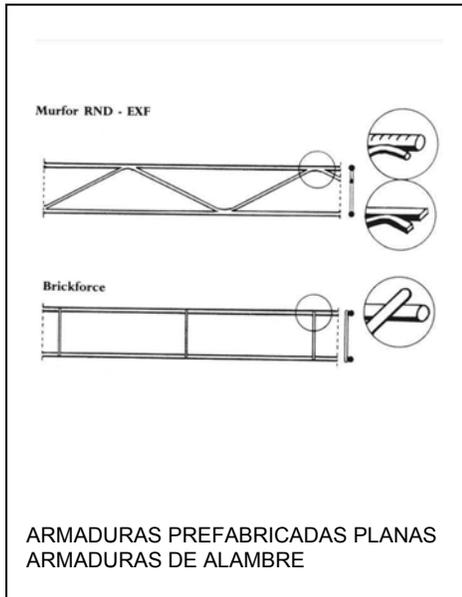
Un capítulo aparte corresponde a la mampostería armada post tensada, que fue utilizada por primera vez en Londres en 1825, en la construcción puentes. Consiste en colocar guayas o tirantes de acero ubicados dentro de la mampostería y aplicarle una fuerza de tensión para su alargamiento, aprovechando su coeficiente de estiramiento y su relación favorable entre resistencia y masa lineal. Los tirantes deben ser colocados en las cavidades verticales del muro, dentro de camisas que impiden su adherencia al concreto que ocupa dichas cavidades,

Algunos autores han investigado experiencias que proponen la utilización de bambú como alternativa de menor costo para el refuerzo de paredes de bloques. El bambú ha sido empleado como refuerzo para el concreto desde principios del siglo XX (Sosa, 1996), siendo los chinos los primeros en realizar investigaciones en este campo. Con la producción industrial del acero, disminuyó el interés en el Bambú como elemento de refuerzo, hasta que en 1935 el investigador K. Datta estableció que el Bambú aporta resistencia a la compresión, al concreto. A título ilustrativo es interesante señalar que el bambú tiene una resistencia a la tracción de 775 a 3772 kg/cm², su resistencia a la compresión va de 225 a 1000 kg/cm² y la resistencia a flexión, de 350 a 2500 kg/cm². (De Yabrosky 1991, citado en Sosa 1996). (GRÁFICO 16)

ACERO DE REFUERZO EN MUROS

Cerchas planas como refuerzo interior

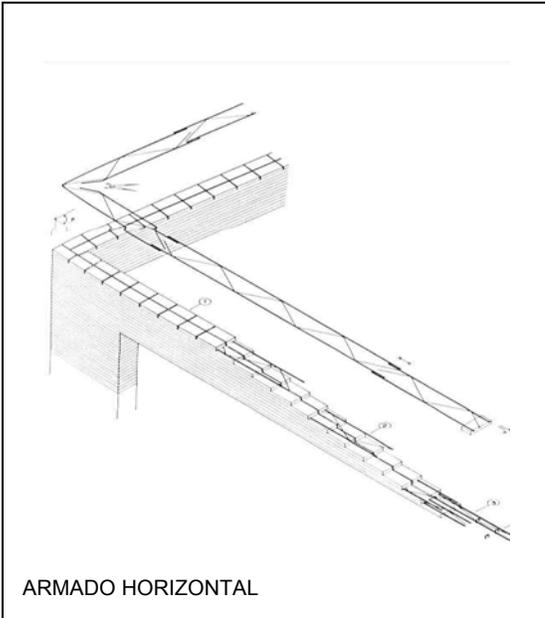
CAPITULO I
GRAFICO:14



FUENTE:
Adell, Joseph Ma. 1992. RAZON Y SER DE LA FABRICA ARMADA.

ACERO DE REFUERZO EN MUROS
Exploraciones formales con cerchas planas

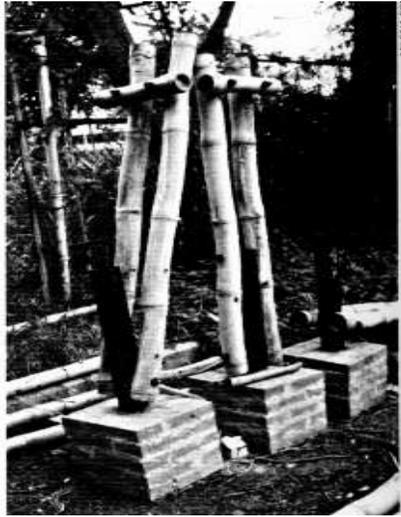
CAPITULO I
GRAFICO:15



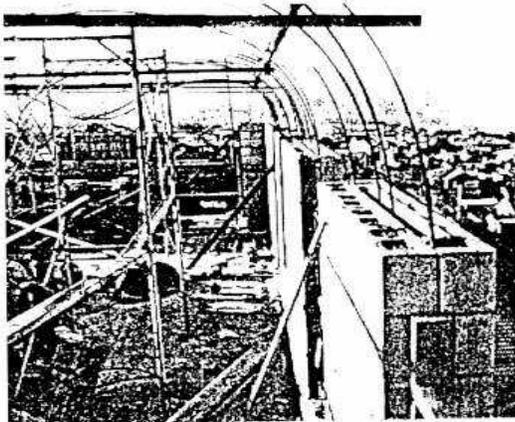
FUENTE:
Adell Joseph Ma. 1992 b. ARQUITECTURA E INVESTIGACION CON FABRICA ARMADA.

OPCIONES DE REFUERZO EN MUROS
Materiales alternativos

CAPITULO I
GRAFICO:16



BLOQUES REFORZADOS CON BAMBÚ



REFUERZOS POSTENSADOS

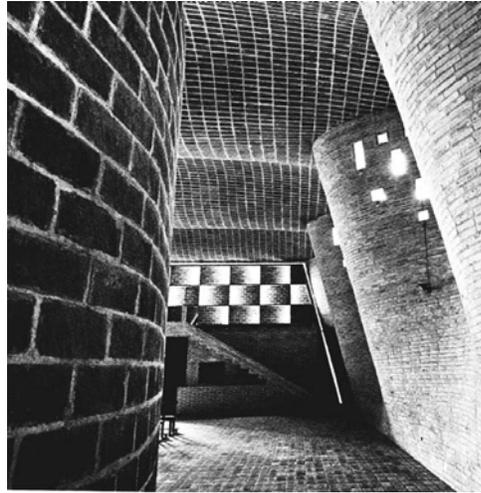
FUENTE:
Sosa, 1996. EL BAMBU EN LA CONSTRUCCIÓN
Hanlon, 1970. PRESTRESSED CONCRETE MASONRY

1.3.- ASPECTOS PROYECTUALES.-

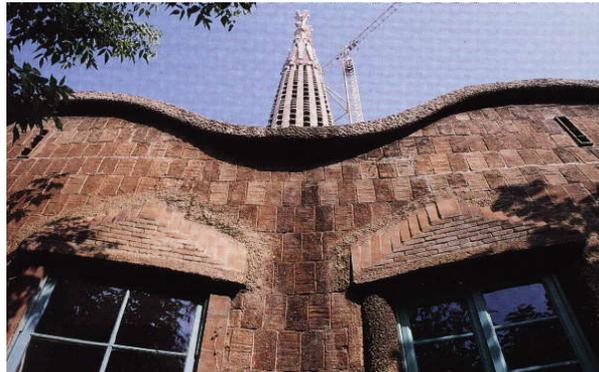
Existe una gran diferencia entre el proceso proyectual de una edificación con mampostería estructural y una de esqueleto resistente. En el primer caso, la configuración del edificio y la determinación de las relaciones exterior interior, deben estar intrínsecamente comprometidas con la función estática-resistente. En el segundo caso, existe un condicionamiento más flexible, al tener diferenciados los componentes responsables del cerramiento y de la estructura. El proceso proyectual de la mampostería estructural requiere la obtención del equilibrio de las formas y espacios de la edificación, pues de esto depende su desempeño estructural. La disposición y proporciones de llenos y vacíos, deben tomar en cuenta las propiedades portantes del cerramiento, de manera de contribuir a la distribución de las cargas. Desde el punto de vista morfológico constructivo, la mampostería estructural es una envolvente continua, capaz de resistir compresiones simples o compuestas y con poca resistencia a la tracción, por lo que requiere ser reforzada con elementos de acero, para asegurar una adecuada respuesta a los esfuerzos laterales. El proceso proyectual implica una composición basada en la coordinación modular y regularidad compositiva, y en la interdependencia de los aspectos morfológicos y espaciales, tal como podemos apreciar en las obras de Antonio Gaudí y de Eladio Dieste (GRÁFICO 17), que manteniendo la lógica constructiva que impone el material, exploraron configuraciones de alto valor plástico.

ASPECTOS PROYECTUALES
Planos resistentes por la forma

CAPITULO I
GRAFICO:17



ELADIO DIESTE IGLESIA DE ATLANTIDA



ANTONIO GAUDÍ. ESCUELA DE LA SAGRADA FAMILIA

FUENTE:
Dieste, 1987. LA ESTRUCTURA CERÁMICA
Adell, 1992 b. INFORMES DE LA CONSTRUCCIÓN,

Las decisiones proyectuales determinan la sostenibilidad de la construcción, los errores de proyecto constituyen el 30% de las causas de lesiones durante los diez primeros años de vida del edificio (Huete, 2000). Esto depende de dos factores, unos referidos a la técnica y otros a su contexto de aplicación. En relación a los aspectos referidos a la mampostería, se parte de la consideración del *concepto que sustenta el proyecto fundamentado en la teoría tectónica de la arquitectura*; la utilización de la *coordinación modular*; el conocimiento de la *lógica estructural de la mampostería*; y el manejo de criterios proyectuales de las instalaciones, en forma coherente con las limitaciones de las obras de MEBCM.

1.3.1.- La configuración.-

Se ha explicado la importancia del conocimiento de las potencialidades y limitaciones de las técnicas constructivas, para efectos del logro de una aplicación eficiente de las tecnologías. La configuración de edificaciones con MEBCM parte de este fundamento que asume la teoría tectónica como origen de la arquitectura. Como marco de referencia se hace necesario identificar las características de dicha teoría y su relación con otras propuestas. Colmenares (1995), establece la existencia de tres líneas:

- 1.- La *sustantiva*, basada en el concepto greco romano de Tipo como *Eidos*, abordado por Platón en sus Diálogos. Es decir, partiendo de la existencia de *arquetipos estéticos*, ideales de perfección, que existen en el Mundo del Espíritu. Esta idea da origen a los “Ordenes” en arquitectura.
- 2.- El concepto de Tipo como *Dynamis*, cuyo origen epistemológico proviene del “*Corpus Aristotélico*”, quien apuntaba hacia un mundo construido *a partir de la experiencia*. Según Aristóteles, los arquetipos deben formularse después de su demostración experimental.

No existe el Eidos, sino el Dynamis, o sea, un continuo movimiento transformador de la materia en formas. En Arquitectura, esta visión ha desarrollado las teorías relacionadas con la acción y la realización, tal como las Teorías de Composición, que se basan en la producción y articulación de formas arquitectónicas. Entre ellas, desde Vitruvio a la actualidad, se busca la definición de referentes históricos y la formulación de reglas operativas de orden práctico. Esta corriente da paso a la idea de Carácter y Estilo en la arquitectura.

3.- El enfoque de Tipo como Tectónica, se origina en el *concepto de la valoración de la estructura y la construcción para el desarrollo de la "poética de la arquitectura"*. La Tectónica se consolida en el siglo XIX y es Gottfried Semper (1803-1879), su mejor exponente, ya que plantea que la arquitectura formaba parte, junto con la música y la danza, del *arte cósmico*, pues *solo sus leyes internas constructivas y las necesidades humanas determinan sus formas*. Según Semper, la Tectónica incluye los conceptos de forma estructural y forma artística.

Contemporáneamente, la Tectónica es planteada por Frampton (1994), como una respuesta frente al planteamiento historicista y decorativista de la arquitectura postmoderna, tal como lo evidencia en su análisis de la obra de Arquitectos como Frank Lloyd Wright, Auguste Perret, Mies van der Rohe, Luis Kahn, Jorn Utzon y Carlo Scarpa.

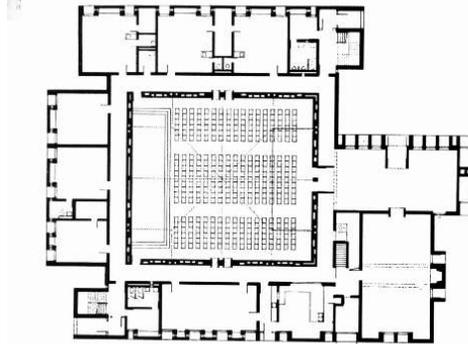
(GRÁFICO 18)

LA TECTÓNICA COMO PRINCIPIO DE DISEÑO
Forma y espacialidad por cerramientos portantes

CAPITULO I
GRAFICO:18



AUGUSTE PERRET. CASSANDRE HOUSE



LUIS KAHN. IGLESIA RONCHESTER

FUENTE:
Frampton, 1994. STUDIES IN TECTONIC CULTURE,

Es especialmente interesante para mostrar esta relación tectónica, observar en obras de Mies van der Rohe (1886 - 1969), cómo la esencia del material empleado influye en las propuestas del mismo arquitecto. Esto se puede apreciar en el caso de proyectos de viviendas de mampostería estructural, como la Wolf House (Guben, 1926), donde se percibe un radical contraste entre la forma en que se maneja el espacio y la volumetría, en relación a como lo hace en sus propuestas para casas construidas con tecnologías mixtas de muros y pórticos, como la Tugendhat House (1928 - 1930). (GRÁFICO 19) La tectónica determina la forma, las aberturas, el espacio, el color y la textura.

1.3.1.1.- La forma.-

Partiendo del enfoque tectónico como origen del Tipo en arquitectura, es imprescindible determinar el concepto estructural correspondiente a la tecnología estudiada, para lo cual adoptaremos la clasificación de Heinrich Engel (1977), expuesta en su libro *Sistemas de Estructuras*. Esta clasificación parte del conocimiento conceptual de las diversas formas que permiten establecer un sistema dinámico para dominar un conjunto de fuerzas de origen gravitatorio, exteriores e internas, con la intención de lograr el equilibrio de acciones y reacciones tanto en cada componente, como en la totalidad del sistema. Los sistemas, según Engel, pueden ser: 1.- de *forma activa*, 2.- de *vector activo*, 3.- de *masa activa*, 4.- de *superficie activa*, y 5.- *sistemas estructurales verticales*.

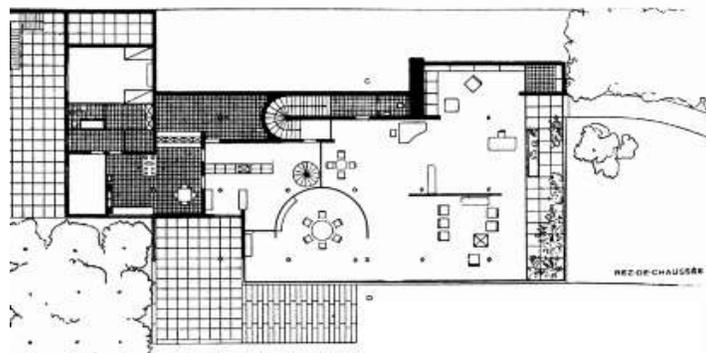
Son de *forma activa*, aquellos que actúan mediante su forma natural a tracción o compresión simples; son de *vector activo*, los que actúan mediante colaboración de los miembros a compresión y a tracción; los de *masa activa*, actúan debido a la masa y continuidad de la materia; los de *superficie activa*, se caracterizan porque actúan mediante su continuidad superficial y los *sistemas estructurales verticales*, actúan por la transmisión vertical de las cargas.

LA TECTONICA COMO PRINCIPIO DE DISEÑO

CAPITULO I
GRAFICO:19



MIES VAN DER ROHE. Wolf House



MIES VAN DER ROHE Tugendhat House

FUENTE:
Frampton, 1994. STUDIES IN TECTONIC CULTURE,

La MEBCM, está incluida en los sistemas de *superficie activa*, en los que las paredes portantes definen el espacio. Las superficies se combinan para formar mecanismos transmisores de fuerzas, siendo necesaria en el caso de la mampostería estructural, una adecuada conexión de los planos y elementos resistentes, que le permita comportarse como un sistema homogéneo, con continuidad estructural en dos direcciones y resistencia superficial. La forma está condicionada por las leyes de la mecánica.

Este compromiso de continuidad condiciona a su vez, otras características de las edificaciones, las cuales han sido estudiadas por diferentes autores (Gallegos, 1989), y que han sido incorporadas a Normas de Cálculo en algunos países, tal como se expondrá más adelante. Las posibilidades del manejo formal, por tanto, están determinadas por la necesaria continuidad de los cerramientos portantes y diafragmas, constituidos por losas de entrepiso y techos. Esta condición requiere que se asuman estrategias de diseño que aborden simultáneamente el problema de la forma, el espacio y la estructura, las cuales pueden agruparse en dos tendencias: diseños de forma por sustracción o diseños por adición.

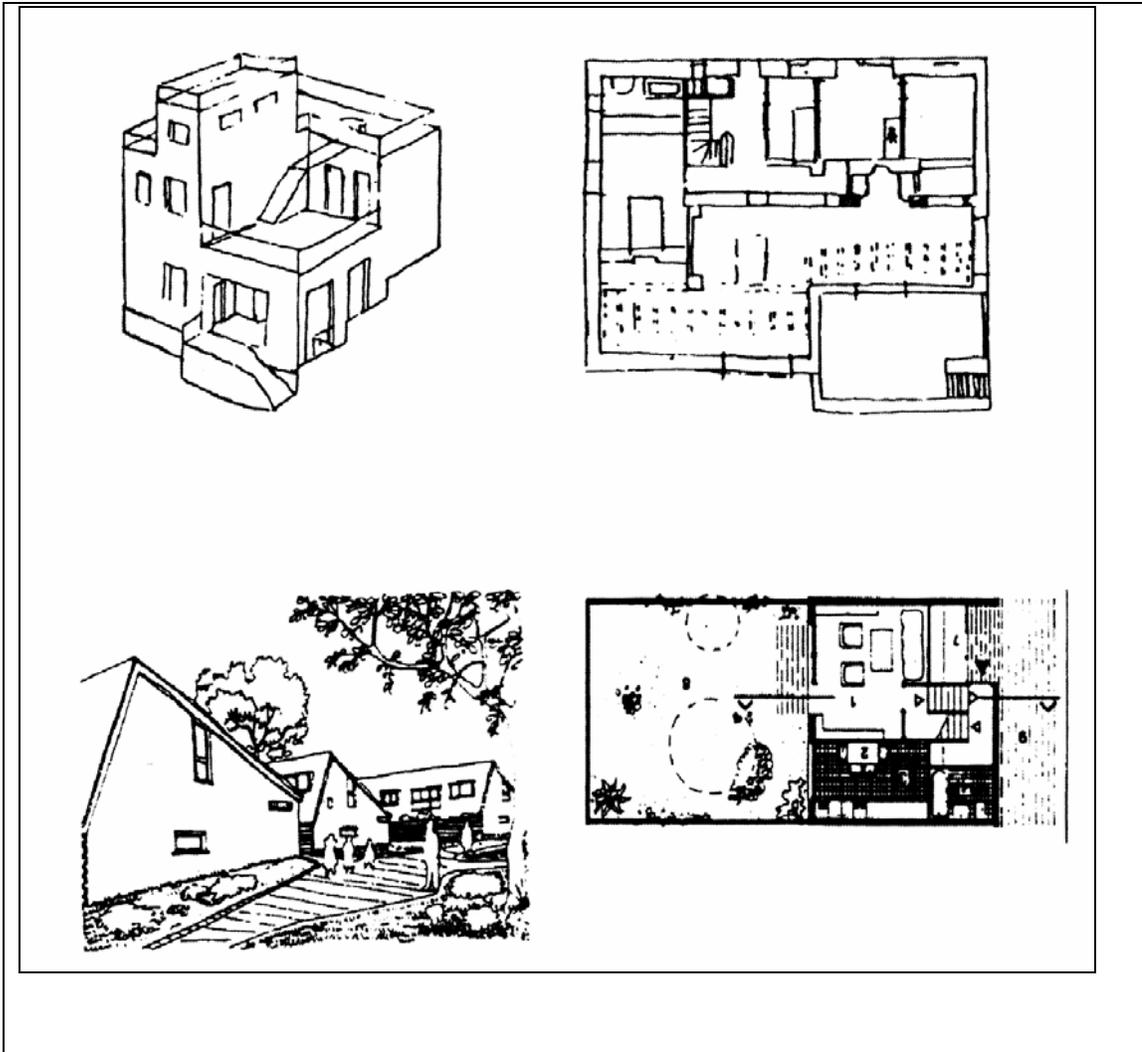
Forma Por Sustracción:

Se obtiene mediante el “tallado” de una forma regular, bien sea eliminando volúmenes ó produciendo el efecto de “hendidura”. El “tallado” supone la previsión de mantener condiciones de equilibrio en la densidad del volumen total y la coincidencia del centro de rigidez y el de masa. Las “hendiduras” son posibles de realizar en un sistema de cerramiento portante siempre y cuando sus proporciones no impidan la rigidez y continuidad de la forma. Es un recuso útil en términos de su posibilidad de contribuir al confort térmico por la generación de áreas de sombra. (GRÁFICO 20)

FORMA POR SUSTRACCIÓN

Equilibrio y continuidad del envolvente

CAPITULO I
GRAFICO:20



FUENTE:

Cambi, 1992. VIVIENDAS UNIFAMILIARES CON PATIO
Hernández León, 1990. LA CASA DE UN SOLO MURO

Forma Por Adición:

Suele ser la más utilizada. Parte de la organización de la forma mediante patrones de ordenamiento, en torno a espacios de circulación, ventilación o condiciones de parcelamiento. Según estos patrones, la adición se realiza en forma *centralizada*, *radial* o *lineal*.

- 1.- Adición centralizada: la organización parte de un punto geométrico interno.
- 2.- Adición radial: se asume uno o varios puntos de ordenamiento externo
- 3.- Adición lineal: la organización se desplaza a lo largo de una generatriz, con o sin desplazamiento de los volúmenes en el sentido perpendicular (GRÁFICO 21).

Una variante de esta generación de formas es la adición *superficial*, que consiste en adosar a la estructura base, elementos no pertenecientes al cerramiento portante.

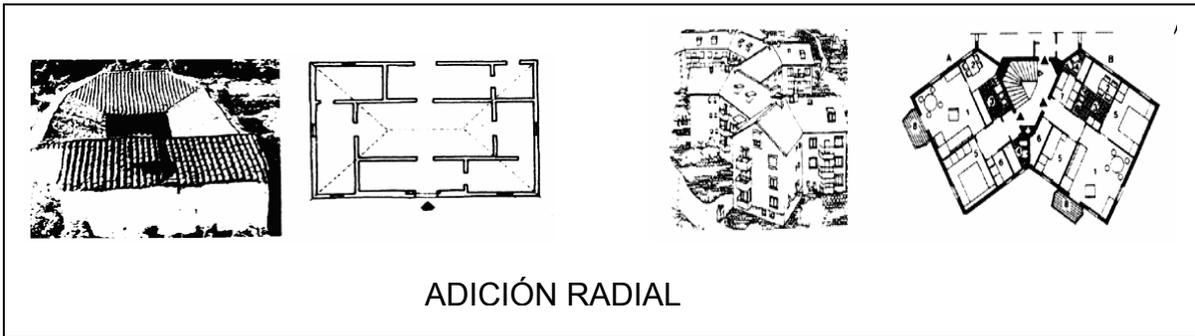
(GRÁFICO 22)

FORMA POR ADICIÓN

Diseño por patrones de ordenamiento

CAPITULO I

GRAFICO:21



FUENTE:

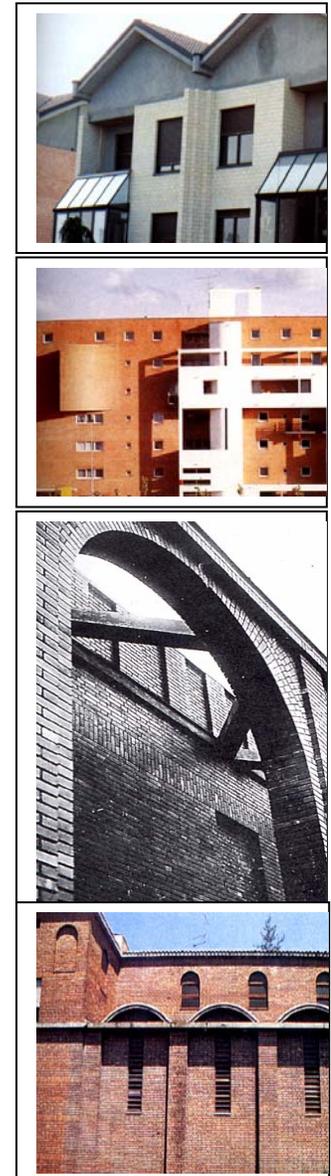
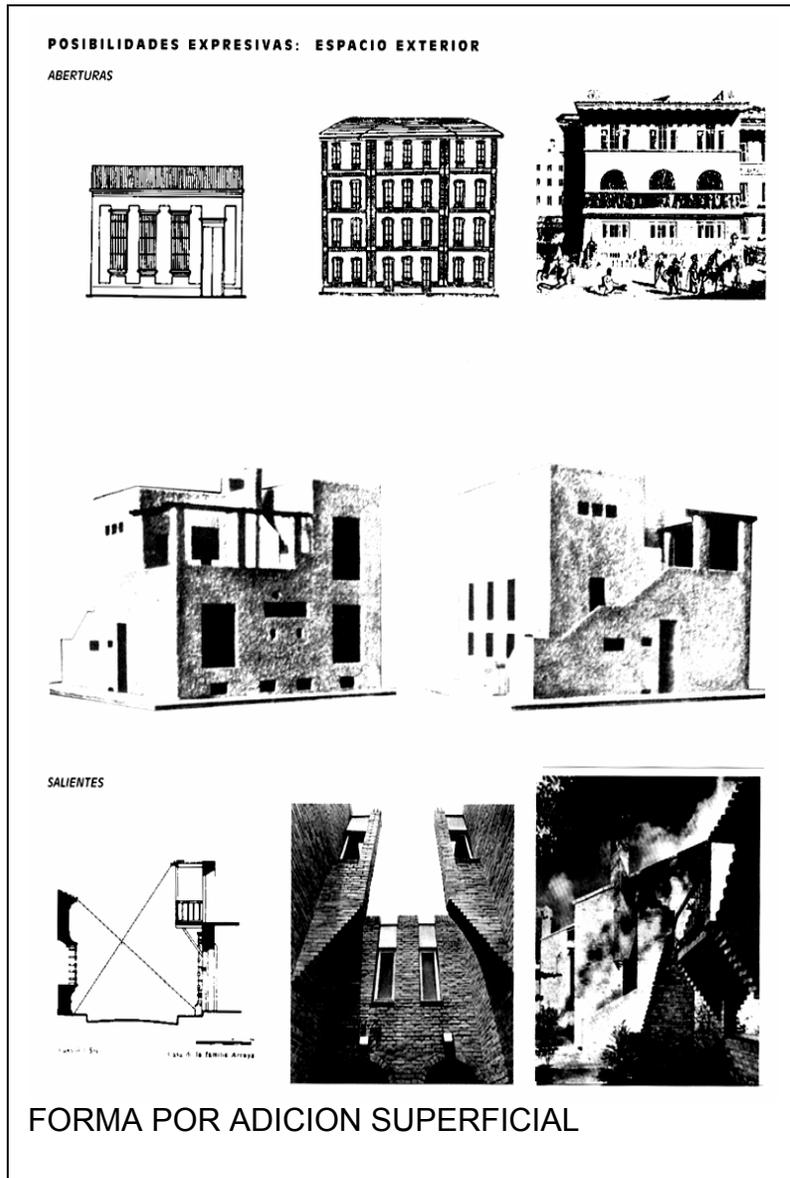
Cambi, 1992. VIVIENDAS EN BLOQUES ALINEADOS

Gasparini, 1986. ARQUITECTURA POPULAR DE VENEZUELA

FORMA POR ADICIÓN SUPERFICIAL

Formas principales y elementos adosados

CAPITULO I
GRAFICO:22



FUENTE:

Hernández, 1990. LA CASA DE UN SOLO MURO
Gasparini, 1986. ARQUITECTURA POPULAR DE VENEZUELA
Frampton, 1994. STUDIES IN TECTONIC CULTURE
Latina 1997. LA MURATURA PORTANTE

1.3.1.2.- Las Aberturas:

El tema de las aberturas en la mampostería estructural es de especial interés, ya que además de su rol de relacionador espacial, fuente de luz, aire y ruido, representan una interrupción de la estructura portante que constituye el cerramiento.

Tanto en los muros como en los diafragmas (losas), las aberturas deben ser cuidadosamente dispuestas para no introducir debilidades en el sistema resistente. La forma recomendada para las aberturas en las que se ubicarán vanos, puertas y ventanas es la alargada en el sentido vertical, su ancho debe ser proporcionalmente menor que el plano en el que está contenida y debe ubicarse separada de los bordes de la pared.

En las losas de entrepiso y techo, también llamados diafragmas, se debe asegurar la rigidización del perímetro como medio de permitir la transición de los esfuerzos a las paredes. Otro aspecto importante a considerar es su dimensionamiento tanto en sentido vertical como horizontal, ya que el mismo debe ser coherente con la retícula de diseño que corresponde a la unidad de mampostería con la que se diseñe el proyecto. De esta forma, pueden disminuirse los desperdicios ocasionados por los ajustes de los bloques para el montaje de los marcos. La consideración de las medidas de los vanos para puertas y ventanas y sobre la fijación de los marcos a las paredes, son a la vez determinantes para el diseño de unidades de mampostería.

Desde el punto de vista constructivo, las aberturas deben preverse desde el proyecto considerando la optimización del uso de los materiales y del tiempo de ejecución, adicionalmente, el estudio de detalles como goteros, juntas, refuerzos perimetrales de los vanos, deben ser incorporados tomando en cuenta las posibles patologías propias de la MEBCM (GRÁFICO 23)

ABERTURAS Y ESTRUCTURA

Continuidad de planos resistentes

CAPITULO I
GRAFICO:23

Simetría

En planta se debe buscar simetría en la ubicación de los muros para evitar torsiones.

Ideal:
disposición totalmente simétrica

Aceptable:
disposición parcialmente simétrica

Mala:
disposición totalmente asimétrica

Vanos

Debe procurarse que los vanos sean coincidentes en ubicación piso a piso para minimizar los cambios bruscos de resistencia y rigidez.

Ideal:

Aceptable:

Malo:

CRITERIOS DE ESTRUCTURACION

Los dinteles constituyen un obstáculo constructivo y tienden a causar concentraciones de esfuerzos en los muros. La mejor práctica es no colocar dinteles y llevar los vanos de las puertas y ventanas de piso a techo.

Mal:

Bien:

Mal:

Bien:

Los alféizares deben ser sólidos de los muros; en caso contrario contribuyen a la rigidez pero resistencia, creando concentraciones de esfuerzos.

CRITERIOS GENERALES



FUENTE:
Gallegos, 1989 a. ALBAÑILERIA ARMADA
Latina 1997. LA MURATURA PORTANTE

Las aberturas como medio de ventilación natural.-

La disposición de la geometría de las aberturas en los planos verticales, tiene ingerencia en su capacidad de ventilación de las mismas. En la bibliografía consultada, se hace referencia a las condiciones térmicas de las paredes de mampostería de bloques de concreto (Panarese 1991, De Llorens 1997) pero no se considera el tema de la ventilación que se obtiene a través de las aberturas, como parte de la edificación. Este es un requerimiento de gran importancia en la MEBCM, pues existen limitaciones estrictas para la disposición de las aberturas. Por ello, se precisaron mediante un estudio analítico y experimental (Anexo 1), las limitaciones y potencialidades que tiene la tipología de aberturas de ventanas y puertas inherentes a la MEBCM para lograr una ventilación adecuada. En dicho estudio se detallan los aspectos más importantes relacionados con el tema del confort térmico para el caso de viviendas de una y cuatro plantas. La fase experimental se realizó con un simulador de vientos, a fin de reproducir un viento atmosférico a escala para observar los flujos de aire en el interior de maquetas de edificaciones de 1 y 4 pisos, a las cuales se les modificaba la geometría de las aberturas.

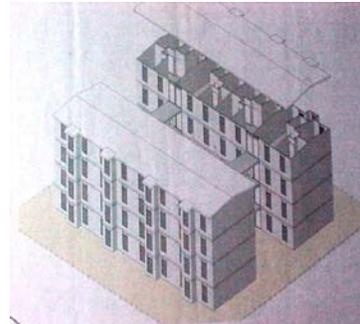
(GRÁFICO 24)

ABERTURAS Y CONFORT

**CAPITULO I
GRAFICO:24**



TUNEL DE VIENTO



MODELO DE REFERENCIA



MAQUETA PARA TUNEL DE VIENTO

FUENTE:

Rosales, Luis. Informe Técnico. En Marrero 2002 (b) TECNOLOGÍA OMNIBLOCK

La fase analítica incluyó el cálculo de caudales de ventilación por medio del programa de computación AIOLOS, desarrollado en el departamento de Física Aplicada de la Universidad de Atenas, por un equipo dirigido por el Profesor Mateos Santamouris (1996). Los resultados evidenciaron que la ventilación natural en el caso de ventanas verticales es aproximadamente un 30 % menos eficiente que en el caso de ventanas cuadradas. Esta situación se produce debido a que el viento atmosférico está estratificado fundamentalmente en planos horizontales, por lo que no penetra con igual fuerza en todo el alto de la abertura y a que los coeficientes de pérdida energética, al atravesar el aire una abertura son más desfavorables (Santamouris 1996, citado por Rosales en Marrero, 2002b). Por otra parte, la forma de las aberturas verticales por ser menos ancha, permite un flujo de aire limitado en el plano horizontal donde se desplazan las personas. Sin embargo es posible mejorar este desempeño mediante decisiones de diseño tales como colocar una reja en la puerta de entrada de modo de poder usar esta última como abertura grande adicional sin que por ello se atente contra la seguridad de los usuarios ni contra el comportamiento estructural de la edificación; utilización de paletas verticales móviles, a fin de ampliar el flujo de aire; colocación de pequeñas aberturas opuestas al plano de las fachadas, en sitios clave como las cocinas; y en definitiva ampliar las recomendaciones de diseño para ventilación natural, para lo cual puede consultar otros autores (Sosa 1999, Allard et. Al. 1998, Rosales 1999, CSTB 1992, citados por Rosales en Marrero 2002).

1.3.2.3.- El Espacio:

El cerramiento portante define una particular manera de manejar el espacio, en particular en zonas de riesgo sísmico. Los requerimientos resistentes exigen continuidad y conexión entre los planos de pared y placa, control de las dimensiones y forma de las aberturas, así como de otros elementos estructurales que puedan ser utilizados en espacios de relación con el exterior, tales como accesos y patios, todo dentro de una retícula de diseño que permita la optimización del proceso constructivo. Según el tipo de requerimientos de las áreas sociales, privadas y de servicio, los criterios de organización de la edificación deben comprenderse más allá de sus obvias relaciones funcionales y espaciales, pues son los elementos tridimensionales que permiten lograr el equilibrio de masas y densidades de la construcción. Entendiendo por densidad la relación entre la cantidad de paredes que limita un espacio y el área de planta que define.

En este sentido, el concepto espacial puede manejarse básicamente con dos tendencias

- 1.- Como un espacio único, que se divide internamente y da origen a las diversas áreas para el desarrollo de las funciones
- 2.- Espacios tipo “celdas” que se agrupan mediante diversas formas de conexión

(GRÁFICO 25):

Entre estos últimos se observan sistemas de organización espacial que incorporan aspectos resistentes y preceptuales, en forma de “patrones” definidos por el tipo de interconexión que proporciona a los espacios. Entre estos tenemos:

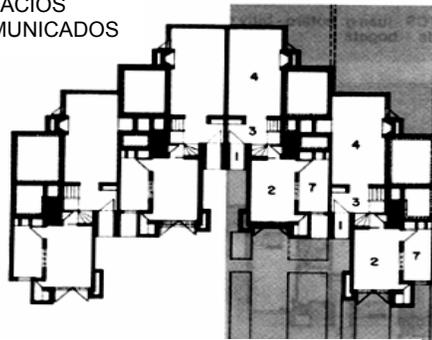
- a) Espacios “comunicados”, por aberturas, a través de un “nodo” de circulación,
- b) Espacios “relacionados”, mediante un corredor aporticado (definido por pórticos)
- c) Espacios “integrados” visualmente en el mismo nivel, o en diferentes pisos y
- d) Espacios “fluidos” con muros desfasados.

EL ESPACIO COMO ORDENADOR

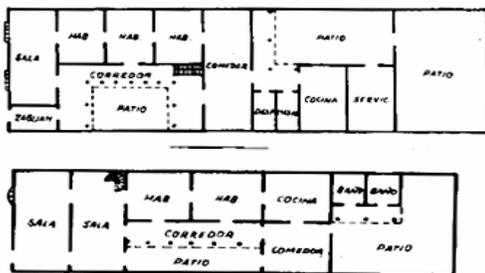
Patrones de organización espacial

CAPITULO I
GRAFICO:25

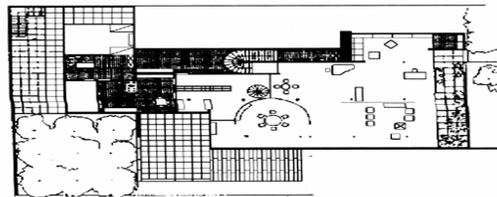
ESPACIOS
COMUNICADOS



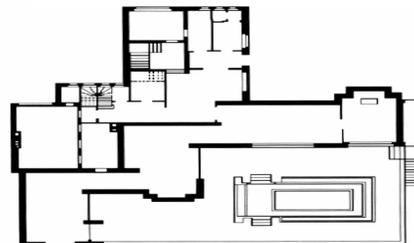
ESPACIOS RELACIONADOS



Mies van der Rohe
Wolf House (1926)



ESPACIOS INTEGRADOS
Mies van der Rohe Wolf House (1926)



ESPACIOS "FLUIDOS"
Mies van der Rohe Tugendath House (1928-)

FUENTE:

Marrero, 1998 en LA MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL DE BLOQUES DE CONCRETO, UNA APROXIMACION TECTONICA A LA VIVIENDA SOCIAL

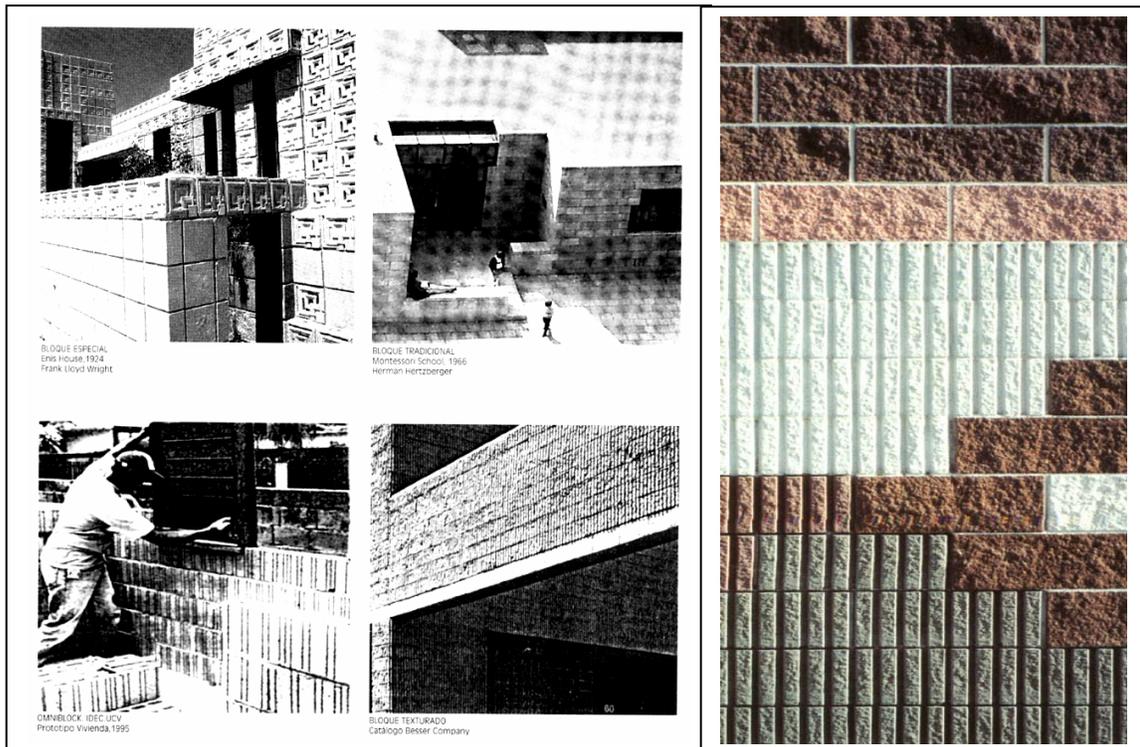
1.3.2.4.- Color y Textura:

Independientemente de las opciones de color y textura mediante la incorporación de acabados de distinta naturaleza, el bloque de concreto posee una potencialidad expresiva intrínseca, dado por las diferentes configuraciones, diseños de mezcla y aparejo de las piezas. La textura puede variarse mediante la utilización de agregados con diferentes propiedades físicas de granulometría, color, absorción o propiedades químicas, separadamente o mezclados. También pueden generarse texturas mediante el diseño de moldes especiales, cortes de piezas compuestas, etc. En el caso de texturas obtenidas por los agregados, éstas se clasifican en forma subjetiva según su tamaño y el de los espacios libres en: *abiertas, cerradas, finas, medias, y áspero* (Panarese 1991).

La tecnología disponible permite obtener concretos con color, mediante la incorporación de óxidos y pigmentos inorgánicos a la mezcla. Sin embargo, la permanencia de las tonalidades en el tiempo está condicionada a su proceso de producción, al tipo de material o aditivo que le otorga el color y a las condiciones del medio donde está la construcción. Por lo general estas condiciones permanecen más tiempo cuando son paredes interiores. En el caso de viviendas de bajo costo, este aspecto permite dar un valor agregado a la percepción de la edificación, si es considerado adecuadamente en el proyecto. (GRÁFICO 26)

COLOR Y TEXTURA

CAPITULO I
GRAFICO:26



FUENTE:

Marrero, 1998. LA MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL DE BLOQUES DE CONCRETO
Maer, 1997. CATALOGO

1.3.2.- Coordinación Modular:

El concepto de *coordinación modular* nace en 1930, cuando el norteamericano Alfred Farwell Bemis instituyó el método modular cúbico en su obra *The Evolving house*, que sirvió de base a los estudios de Europa y América, y que fue asumido posteriormente por la American Standards Association, a partir de 1936. El *Ufficio di Normalizzazione dell'Ordine degli Architetti*, presentó a la Asociación Francesa para la Normalización un proyecto en 1942, que después se convirtió en Norma. En Inglaterra se planteó el problema durante la Guerra y en 1947 el *Building Divisional Council de la British Standard Institution* creó la comisión para elaborar su propuesta. A partir de 1953, se iniciaron los trabajos para la unificación de criterios a nivel internacional (Caporioni, 1971).

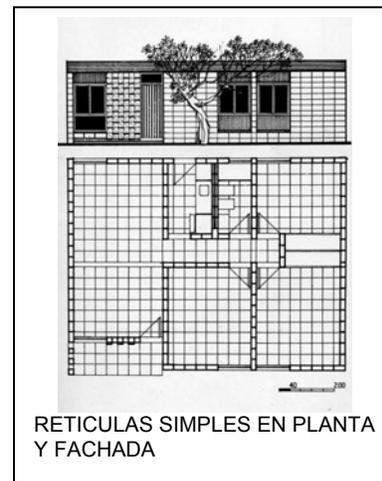
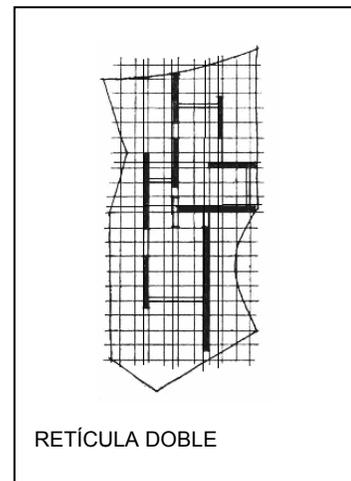
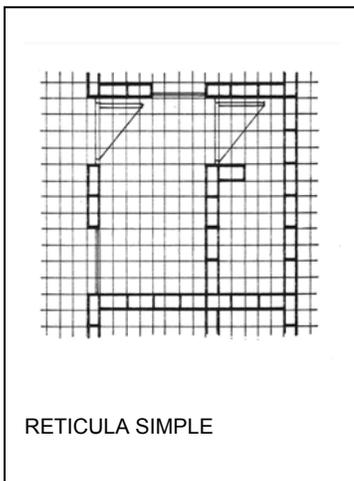
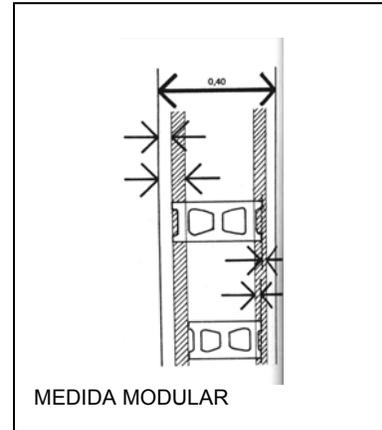
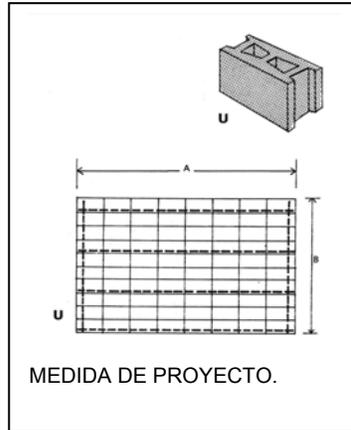
La Coordinación Modular es una técnica que permite relacionar las medidas del proyecto con las medidas modulares, por medio de un reticulado modular de referencia, llamado *Retícula de Proyecto*. (GRÁFICO 27) La coordinación dimensional se basa en:

- 1.- El *Módulo Normal o Básico*, que es la distancia entre dos planos consecutivos del sistema que origina el reticulado espacial de referencia.
- 2.- La *Medida Modular*, que es el módulo o un múltiplo entero de él.
- 3.- La *Medida de Proyecto*, que es la que se determina en proyecto para los componentes de la construcción.
- 4.- La *Medida Real*, que se mide en obra.
- 5.- La *Tolerancia de Fabricación*, que es la diferencia máxima admisible entre la Medida del Proyecto y la Medida Real.
- 6.- La *Retícula del Proyecto* utiliza como base el *Módulo de Proyecto*, que es la distancia preferida por razones antropométricas y constructivas, y es múltiplo del Módulo Normal, puede ser simple, doble, con desplazamiento en uno o dos sentidos. (Banco Obrero, 1967).

En el caso de la MEBC, la coordinación modular se basa en las unidades de mampostería y condiciona las decisiones de diseño formal, espacial, de aberturas, estructuras e instalaciones, así como la selección de materiales y componentes de recubrimiento, cerramiento y servicio.

COORDINACIÓN MODULAR

CAPITULO I GRAFICO:27



FUENTE:
Camarada, 1979. DISEÑO MODULAR
Capioroni, 1971. LA COORDINACION MODULAR.

1.3.3.- La Estructura.-

En la mampostería estructural de bloques de concreto, corresponde a las paredes ejercer la doble función de cerramiento y soporte. Se fundamenta en la existencia de una serie de elementos interconectados, capaces de formar mecanismos transmisores de fuerzas, con continuidad estructural en dos direcciones y resistencia superficial, unidos por techos o entrepisos que actúan como diafragmas rígidos capaces de repartir las fuerzas laterales en proporción a las rigideces de los muros. Por este motivo es imprescindible preservar las características de homogeneidad, continuidad y confinamiento, que garanticen el comportamiento del sistema. (Gallegos 1985; Lafuente, Castilla y Genatios 1995).

1.3.3.1.- Aspectos Conceptuales:

Uno de los factores más importantes para comprender la concepción estática de la mampostería estructural es que su comportamiento estático es tridimensional. Los elementos que la conforman son: los muros portantes, responsables de cargas verticales, los muros de arriostre que atienden cargas horizontales, y las placas que atienden la distribución de las cargas a los muros y funcionan como diafragmas rígidos en su plano. El aspecto fundamental del sistema es la interconexión de sus partes, siendo las deficiencias en este sentido, el aspecto más vulnerable en caso de sismo. Desde el punto de vista morfológico, la continuidad del muro y las placas es imprescindible para garantizar la adecuada transmisión de las cargas. Es importante señalar que se requiere una estrecha relación entre forma y disposición estática en las edificaciones de mampostería estructural. El proyectista no puede concebir la espacialización desligada de la disposición de los elementos estructurales. Esto no debe verse como una limitante, ya que los

avances tecnológicos en cuanto a calidad de producción, resistencia de los materiales, uso de acero de refuerzo, y normalización, permiten su manejo con mayor flexibilidad.

Podemos considerar básicamente dos líneas para la conformación de sistemas de muros estructurales:

- a) Como planos resistentes, cuya capacidad portante depende de su masa.
- b) Como forma resistente, basado en el aumento de la capacidad portante que adquieren los planos mediante su plegado.

Tradicionalmente y a efectos de su cálculo se utiliza fundamentalmente el concepto de planos resistentes, con lo cual se definen diferentes maneras en función del sistema de refuerzo que se utiliza. Algunos autores establecen (García 1985, Castilla 1997), aparte de los *muros diafragma o mampostería simple* utilizados como cerramiento, dos tipos de mampostería estructural: *no reforzada (aceptada sólo en áreas sin amenaza sísmica)*, y *reforzada*. Esta última puede ser *armada interiormente ó confinada*. A esta clasificación añadimos la de *forma resistente* que puede combinarse con los sistemas anteriores para aumentar su eficiencia y que se expone en el artículo “*De los Macizos Excavados a las Laminas Plegadas*”, sobre la obra de Lluís Clotet, (Paricio, 1993). Las características fundamentales de estas tipologías se describen a continuación:

Mampostería Estructural No Reforzada: Se refiere a muros formados por unidades de albañilería, unidas con mortero. Son adecuadas para recibir cargas de compresión, pero no son recomendables en zonas sísmicas, por su poca resistencia a la tracción.

Mampostería Estructural Reforzada.- Formadas por unidades de mampostería y refuerzos. Según su disposición la mampostería puede ser:

Armada Internamente: Se construye colocando acero de refuerzo vertical dentro de las celdas de las unidades y acero de refuerzo horizontal dentro en el mortero entre hiladas, o

en vigas embebidas dentro del muro, además de utilizarse concreto líquido dentro de las cavidades de los bloques.

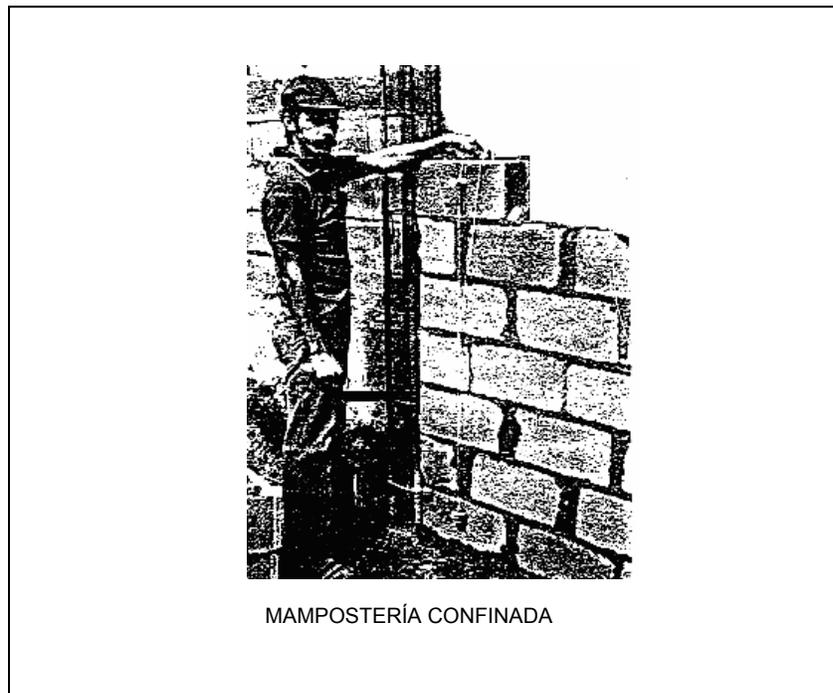
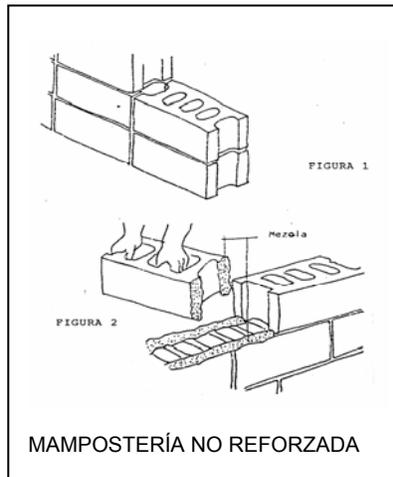
Mampostería Confinada: Es aquella donde el muro está confinado por vigas y machones de amarre que por lo general se construyen después que los muros están hechos. El muro soporta tanto las cargas verticales, como las horizontales.

Estos sistemas pueden combinarse con sistemas estructurales aperticados, a fin de resolver determinados requerimientos espaciales. Un ejemplo de esto lo constituye el tradicional corredor anexo a los patios de las viviendas (GRÁFICO 28).

Mampostería como Forma Resistente: El criterio de planos plegados puede representar economías, pues la forma de los planos resistentes colabora aumentando la inercia de los componentes y minimiza las exigencias del material de refuerzo. Esta opción tiene antecedentes en el manejo de los muros del castillo de Comlogan en Escocia y en las torres de la Alambra de Granada. En ambos casos los llenos son excavados para brindar una maciza forma exterior y fluidez en el espacio interior, lo que podemos apreciar en el restaurante del Parque la Ciudadela de Doménech i Montaner, donde la envolvente del edificio está formada por dos muros esbeltos separados por espacios transitables, lo que representa un sistema estructural de superficie activa. Contemporáneamente, Clotet en el proyecto de la Escuela de Arquitectura del Vallés (Paricio, op.cit), propone muros de fachada formados por láminas esbeltas de mampostería, que encierran espacios habitables, que a su vez colaboran con el control climático. La concepción de estos “silos habitables” parte del concepto de los contrafuertes para absorber los esfuerzos horizontales y permite la iluminación cenital. (GRÁFICO 29)

PLANOS RESISTENTES

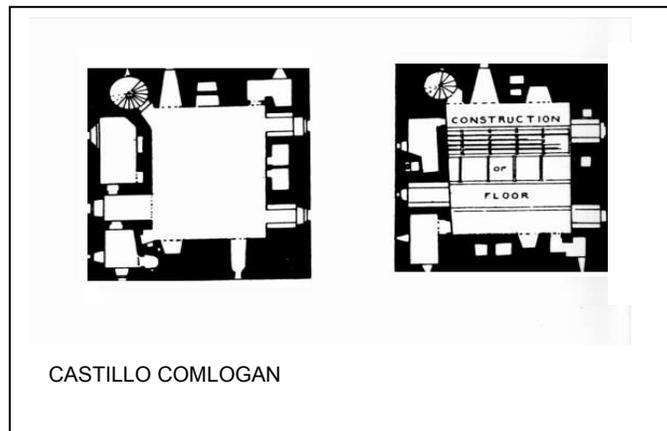
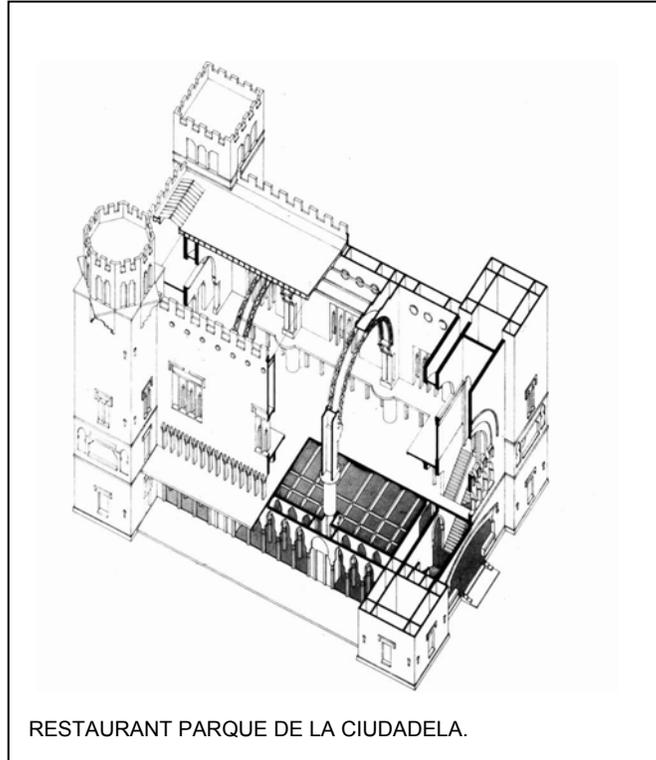
CAPITULO I
GRAFICO:28



FUENTE:
Marrero, 1992. LA MAMPOSTERIA DE BLOQUES DE CONCRETO

FORMA RESISTENTE

**CAPITULO I
GRAFICO:29**



FUENTE:

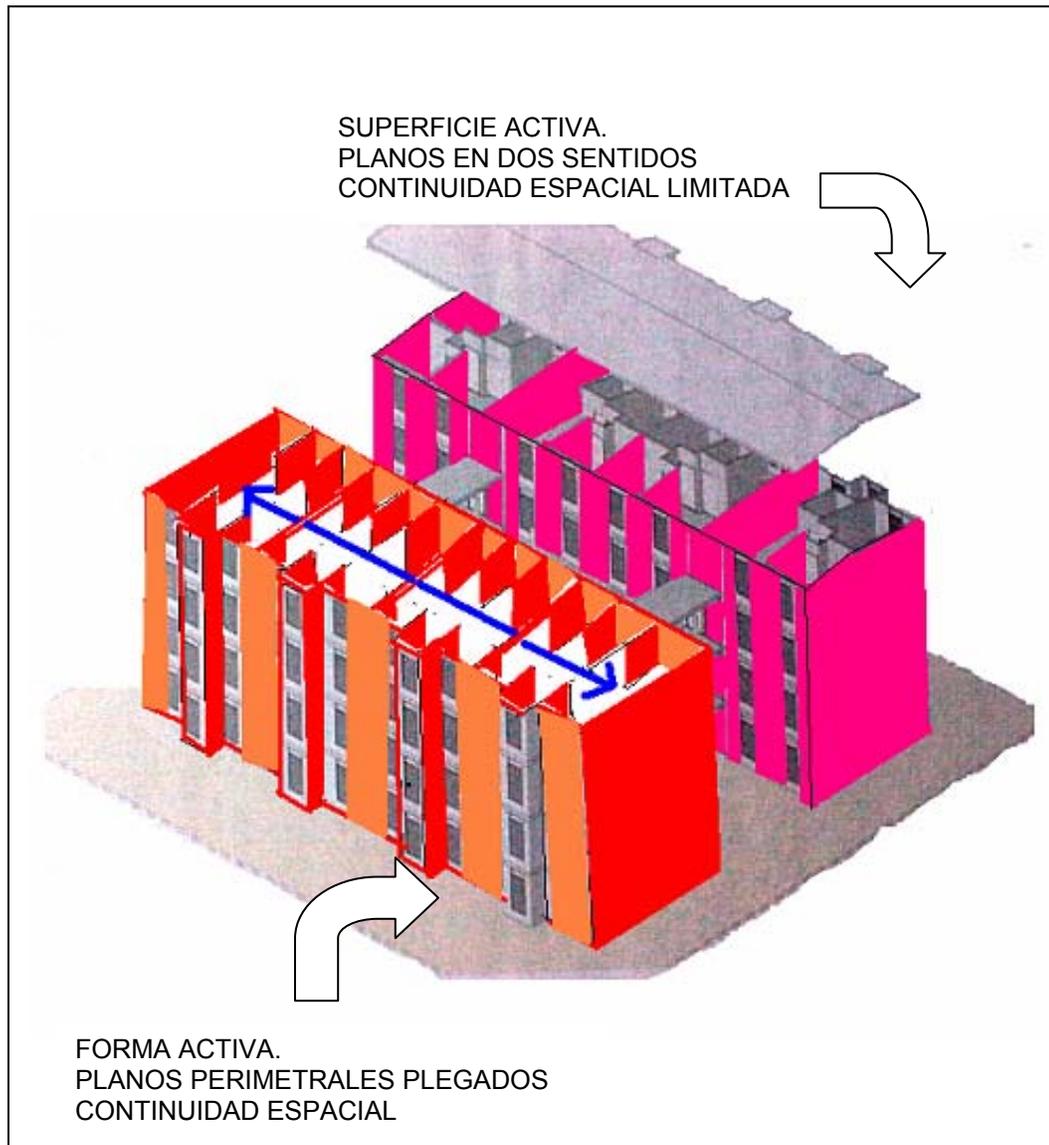
Paricio, 1993. DE LOS MACIZOS EXCAVADOS A LAS LAMINAS PLEGADAS, EN A&V.

Una aproximación de comparación analítica de soluciones de planos y superficies plegadas se propuso como parte de la comprobación de la mampostería Estructural de Bloques de Concreto OMNIBLOCK (Arnal y Neri en Marrero, 2002). El estudio, se realizó para verificar la posibilidad de resolver la estructura de un modelo de vivienda multifamiliar de uso extendido en Venezuela, utilizando dos muros perimetrales plegados de mampostería armada de 9 cms de espesor, como “forma resistente” unidas por vigas, lo que permitiría mayor flexibilidad de planta que el proyecto original planteado con muros portantes transversales. Por razones de la geometría extremadamente alargada (24,40 x 7,40 mts) de la planta, solo fue posible explorar la opción de dos niveles, pero aún en esas condiciones desfavorables y siguiendo cálculos según la Norma Sismo Resistente COVENIN 1756, de concreto armado, se obtuvo como resultado la factibilidad de la aplicación de una doble pared (18 cms en total) para los muros portantes longitudinales. Estimamos que una vez realizadas las pruebas de laboratorio estos cálculos pueden ajustarse, pero, de todas formas se considera que el resultado abre las puertas a una manera de aprovechar la plegadura de los muros de fachada para flexibilizar el espacio interior de las viviendas de bajo costo, por cuanto no se incrementó el número de muros sino que se reubicaron en las fachadas parte de los muros transversales. (GRÁFICO 30)

El logro de la mayor eficiencia del sistema dependerá de una relación intrínseca entre el sistema estructural adoptado y la solución arquitectónica propuesta. Sin embargo, en detrimento de esa eficiencia, pero a fin de lograr otros objetivos, se pueden utilizar en forma sincrética otros componentes, materiales y técnicas disponibles.

PLANOS vs FORMA RESISTENTE

CAPITULO I
GRAFICO:30



FUENTE:
Marrero, Mercedes (b) 1992. TECNOLOGÍA OMNIBLOCK. INFORME FINAL CDCH UCV.

1.3.3.2.- Efecto de las acciones sísmicas en los muros:

La mampostería por ser muy rígida y frágil, es sensible a los sismos, pero se ha comprobado (Castilla 1997, 2003) que con refuerzos y confinamientos adecuados tales estructuras pueden ser capaces de soportar deformaciones apreciables aunque esto implique cierto agrietamiento en los muros. Las propiedades dinámicas de la mampostería ante la acción de un sismo son la rigidez inicial, la resistencia, la capacidad de absorción de energía y el amortiguamiento.

Las acciones sísmicas producen un movimiento repentino de las fundaciones que originan principalmente fuerzas horizontales de tipo inercial, como efecto de la aceleración de la masa del edificio que incluye las cargas propias de la edificación y las cargas vivas (mobiliario, personas, equipo, etc.). El comportamiento del edificio puede estudiarse considerando varios parámetros, uno de ellos es el período de oscilación, que consiste en el tiempo, medido en segundos, en que una edificación realiza una oscilación completa. El período varía según la altura y el tipo de deformabilidad de la estructura.

En el caso de la mampostería estructural, el comportamiento es rígido en edificaciones bajas hasta 4 pisos, y el período de su oscilación es mínimo, solo algunas décimas de segundo. En caso de edificaciones flexibles, tipo aporricadas y de mayor altura, el período puede ser de 1 a 2 segundos. Obviamente este es un parámetro teórico, ya que son muchas las variables que participan en el hecho real. La edificación sometida al efecto dinámico de las cargas tiende a abandonar su efecto elástico disipando energías por fracturas locales, deslizamientos, etc., que modifican la oscilación teórica. La acción sísmica de los edificios está condicionada por el tipo de suelo donde está fundada la construcción. Los suelos blandos amortiguan las vibraciones de período corto y amplifican las de período largo. En el terremoto de Ciudad de México de 1957, se produjeron cuantiosos daños en

edificios altos, y las construcciones bajas, no sufrieron. La profundidad del foco del sismo también afecta los daños, siendo los de foco superficial más destructivos para las ciudades cercanas, debido a que hay más energía disponible por unidad de área, aunque su radio de influencia sea reducido.

La mampostería permite deformaciones no lineales, asimilables al comportamiento elasto plástico, lo que contribuye a disminuir la rigidez del sistema.

Las solicitaciones sísmicas en un edificio de cerramiento portante se transmiten principalmente: a) en el sentido longitudinal o transversal, de una pared a la otra, en el mismo plano, b) del plano de la pared a la losa en la que se apoya, c) de losa a la pared del plano sustentante. Es importante la conexión muro-losa para la resistencia a las acciones sísmicas y la rigidez de la losa para la mejor transmisión de las fuerzas al muro portante.

Los estados tensionales derivados de las acciones horizontales en la pared portante pueden ser de flexión, de corte o torsionales. Según estudios realizados (Latina 1994), una pared puede sostener una fuerza horizontal ortogonal a su plano que produzca solicitaciones de flexión, porque soporta una carga axial vertical. Superado el límite de flexión, se crea el de la tracción y la resistencia al efecto de la deformación debe ser transferido a la armadura metálica. Las solicitaciones de corte, dependen de la resistencia y adherencia del mortero y de la disposición de los componentes del muro. Los efectos torsionales por su parte, dependen de la distribución de las rigideces del muro y de la coincidencia de su centro con el centro geométrico del edificio.

Otro aspecto importante se refiere a la homogeneidad de los materiales utilizados en el muro, de forma de obtener una estructura que no sea más débil o más fuerte en unos sectores que otros. No es conveniente utilizar combinaciones de bloques de concreto con bloques de arcilla ni bloques de diferentes tamaños o con distintos números de celdas.

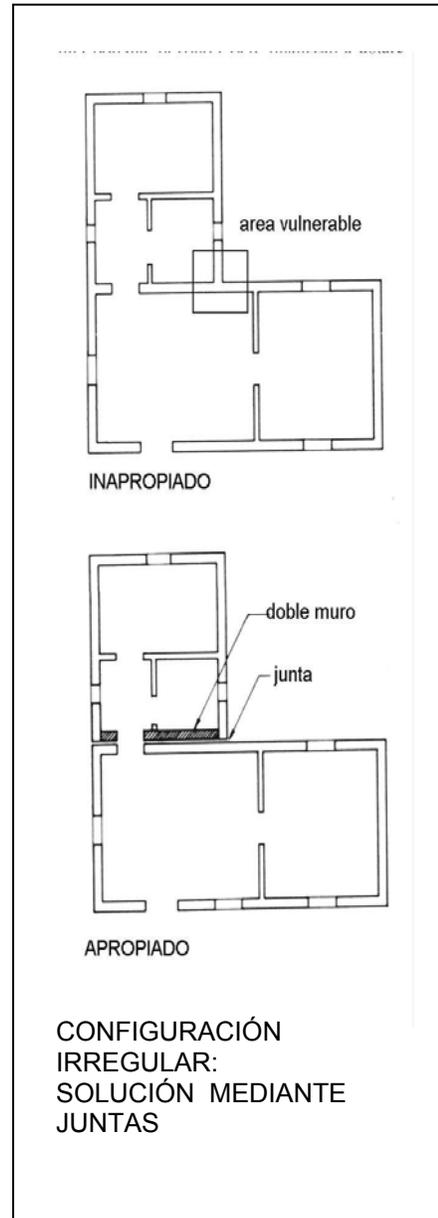
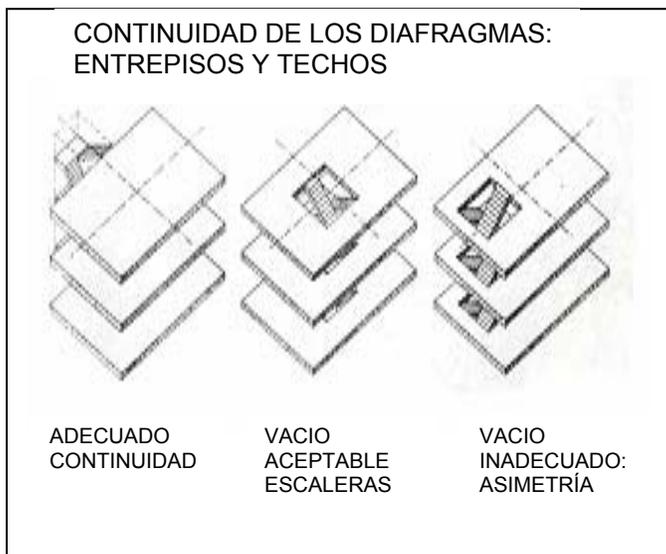
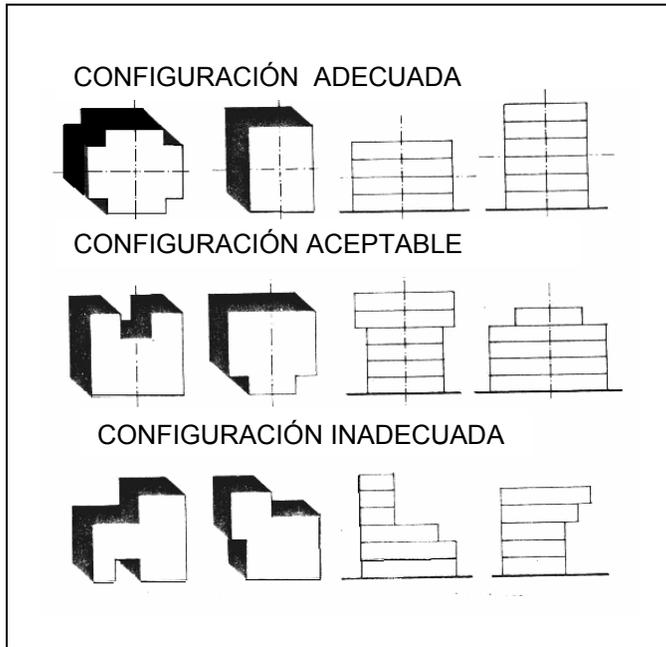
1.3.3.3.- Configuración de la edificación:

Especialmente en zonas sísmicas, deberá mantenerse una organización que tienda a la simetría, tanto en planta como en elevación, evitando los efectos de torsión que origina el desplazamiento del centro de masa y el centro de rigidez de la edificación.

Geométricamente la simetría puede establecerse según los ejes que pasan por el centro de la planta, pero en el caso de la mampostería portante lo más importante es la simetría estructural, ya que es determinante para garantizar la coincidencia del centro de rigidez y el centro de masa. Sin embargo, no sólo la asimetría geométrica es capaz de producir torsiones, también la distribución irregular de cargas y los entrantes en las configuraciones aparentemente simétricas. Los vacíos para escalera y ascensores dispuestos asimétricamente, también generan torsiones, aún cuando la configuración geométrica y estructural del edificio sean simétricas. Esto representa una falsa simetría. En cuanto a la rigidez del volumen total, es importante que esté equilibrada. Deberá evitarse que el largo de la edificación, sea mayor al ancho más de 4 veces. De igual forma, la altura no deberá sobre pasar 3 veces el ancho (Gallegos , 1989 a). (GRÁFICO 31)

CRITERIOS DE CONFIGURACIÓN

**CAPITULO I
GRAFICO:31**



FUENTE:
Gallegos, 1989. ALBAÑILERÍA ARMADA,
Latina, 1997. MURATURA PORTANTE IN LATERIZIO

1.3.3.4.- Normas:

El siguiente resumen de los aspectos relevantes de normas de mampostería estructural sismoresistente, corresponde a una selección de países con riesgo sísmico conformada por Colombia, Perú, Argentina, y México. El criterio de selección de los aspectos incluidos, es su utilidad como guía para establecer los límites de las propuestas de diseño arquitectónico. La información se incluye en los cuadros-resumen, en el Apéndice.

A partir del análisis de las normas estudiadas se pueden realizar las siguientes recomendaciones para el trabajo con mampostería.

- Los edificios como un todo y sus diferentes cuerpos deben ser lo más simétricos posibles respecto a ambos ejes para evitar esfuerzos de torsión. La simetría también es deseable en la ubicación y el tamaño de las aberturas para puertas y ventanas, tanto como sea posible.
- La planta del edificio debe ser lo más regular posible. Un rectángulo simple se comporta mejor ante un sismo que otras formas como L, U, etc., debiendo controlarse que los posibles salientes en la planta sean pequeños.
- Si el edificio requiere necesariamente de cierta asimetría o de secciones alargadas con longitudes mayores a tres veces su ancho se recomienda dividir el mismo en bloques, mediante juntas, con suficiente separación entre sí (3 a 4 cms.).
- La simplicidad en el diseño de la edificación es aconsejable para un mejor comportamiento sísmico. La necesaria ornamentación que se le de al edificio debe contar con el refuerzo de acero requerido según sea el caso.
- Las edificaciones que se conforman por áreas cerradas como “cajas rígidas” se comportan bien ante el sismo por eso debe tenderse a colocar muros transversales en los edificios largos de manera que conformen esas “cajas”.

- Los muros resistentes se dispondrán, en planta, de modo que garanticen un sistema estructural sismoresistente en dos direcciones ortogonales.
- Según cada una de las dos direcciones ortogonales deberá contarse con una densidad de muros suficiente para resistir las acciones sísmicas.
- Para que un muro soporte adecuadamente las fuerzas sísmicas debe tener continuidad en su desarrollo vertical desde su punto más alto hasta la base de la edificación.
- Los entrepisos y techos en construcciones de más de una planta deberán conformar diafragmas rígidos y resistentes en su plano para transmitir adecuadamente los esfuerzos de corte a los muros resistentes.
- Todos los elementos estructurales deben estar bien conectados para transmitir adecuadamente las fuerzas sísmicas.
- Las armaduras de refuerzo del piso superior deberán ser continuación de las armaduras del piso inferior, para lo cual deberán estar bien empalmadas entre sí.
- No es conveniente mezclar sistemas estructurales con diferente capacidad de disipación de energía.
- Se evitarán variaciones bruscas de resistencia, rigidez y masa, tanto en planta como en elevación.
- Se procurará en lo posible que los muros apoyen en sus cuatro bordes a fin de soportar mejor los esfuerzos perpendiculares a su plano.
- Los muros perpendiculares deben estar bien vinculados entre sí, garantizando una adecuada trabazón.

1.3.4.-Las instalaciones.-

Uno de los principales inconvenientes 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 insuficiencia del sistema, lo que origina una gran cantidad de residuos, remiendos y modificaciones que complican y encarecen la solución. Las instalaciones deben ser diseñadas de tal manera que la distancia hasta el exterior sean mínimas. Su recorrido vertical debe ser propuesto de la manera menos agresiva, bien sea superficial, en ductos, o en elementos no estructurales. Se han realizado estudios acerca de las instalaciones que pretenden solventar este problema (Gallegos, 1989 b; Marrero 1992,) que fundamentalmente establecen que se debe seguir la geometría y naturaleza de los bloques para la incorporación de las tuberías en las paredes portantes (GRAFICO 32). Otras investigaciones (López de Luzuriaga, 2002) analizan los riesgos asociados a las instalaciones de las edificaciones de mampostería estructural. Por una parte, en función de criterios de sostenibilidad, se señala la necesidad de adoptar técnicas que reduzcan los desperdicios originados por las roturas de los muros, también se señala que no es recomendable utilizar tuberías de PVC no confinadas en paredes, debido a los efectos nocivos que producen en caso de incendio y a fin de evitar el deterioro temprano de las mismas. Otras investigaciones (Márquez en Marrero, 2002), establecen como prioritario considerar la Interacción de las Instalaciones en sus diferentes modalidades, con la mampostería estructural, para definir los criterios para orientar la selección. El uso de instalaciones embutidas 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 e la aparición de daños por solicitudes

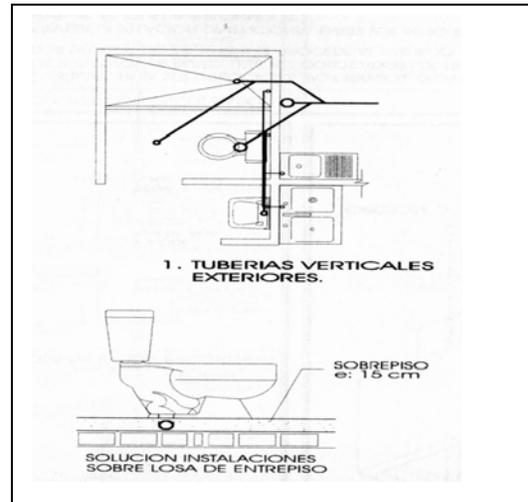
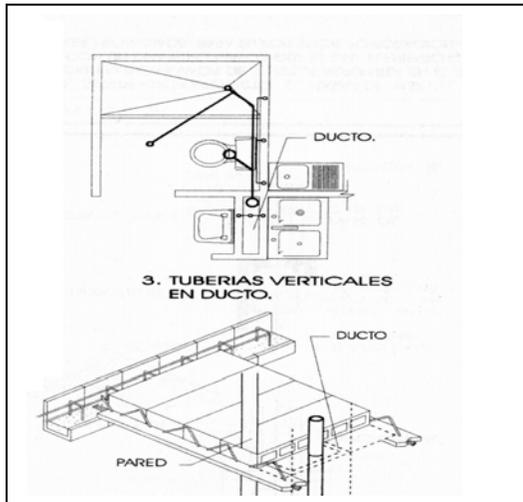
de carga dinámica. Las tuberías también pueden ubicarse en paredes en las paredes no estructurales, lo cual es una determinante para el proyecto de edificaciones con MEBCM. Se concluye que la opción de instalaciones superficiales ofrece una serie de ventajas comparativas, por no producir discontinuidad en los planos resistentes y contribuir a minimizar las patologías, tanto de las instalaciones como de la mampostería.

En el estudio se señala que es necesario incluir en el proyecto un nivel de detalle que permita orientar la ejecución estética y eficiente de las instalaciones, particularmente en el caso de instalaciones superficiales, así como propiciar la agrupación de espacios servidos, concentración de redes, reducción de recorridos, empleo de ventilaciones cloacales húmedas y otros, que no menoscaben la capacidad portante de los cerramientos portantes, lo que además de optimizar el funcionamiento de las instalaciones, incide directamente en la estructura de costos. Otro aspecto importante se refiere a los materiales. 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.

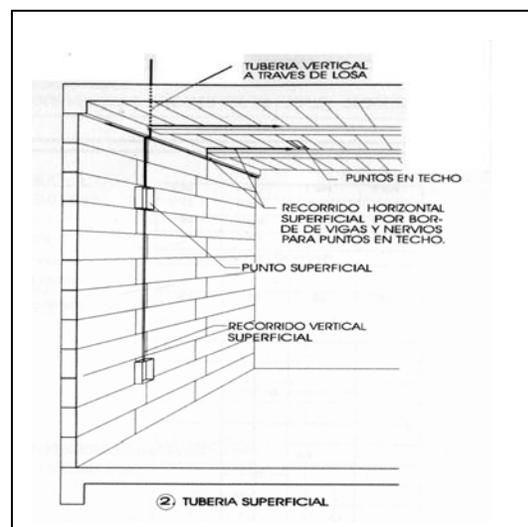
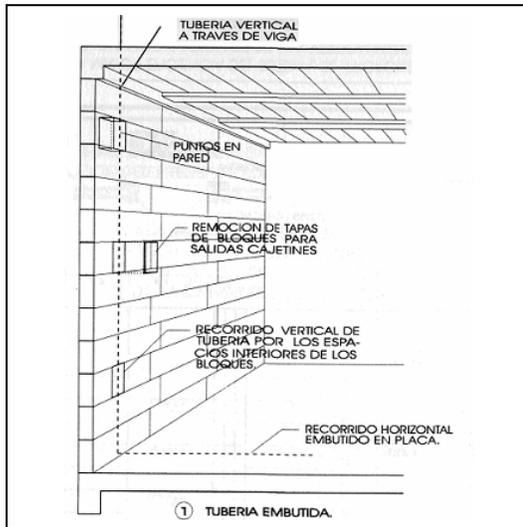
Sin embargo, deben considerarse tanto en la etapa de diseño como de ejecución de obra, sus limitaciones en cuanto a la fragilidad a los esfuerzos de compresión e impacto, su vulnerabilidad ante los rayos ultravioleta, los cuales lo degradan haciéndolo perder su elasticidad y volviéndolo quebradizo y sobre todo, su condición de material combustible y generador de gases tóxicos y sus propiedades como material no biodegradable y altamente contaminante.

CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES

CAPITULO I GRAFICO:32



INSTALACIONES SANITARIAS



INSTALACIONES ELECTRICAS

FUENTE:
Marrero, 1994 FOLLETO OMNIBLOCK,

Respecto al costo de la mano de obra, se señala que las condiciones exógenas 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 artefactos sanitarios contribuyen a organizar y mimetizar la construcción y su presencia se circunscribe a sólo parte de la edificación.

En el caso de las instalaciones eléctricas superficiales, su presencia en toda la edificación 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.

En cuanto al 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 experticia del personal un factor que incide con menor peso.

En el caso de las instalaciones superficiales, la experticia del personal es determinante, debido a la menor dependencia que éstas tienen con respecto a otros 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.

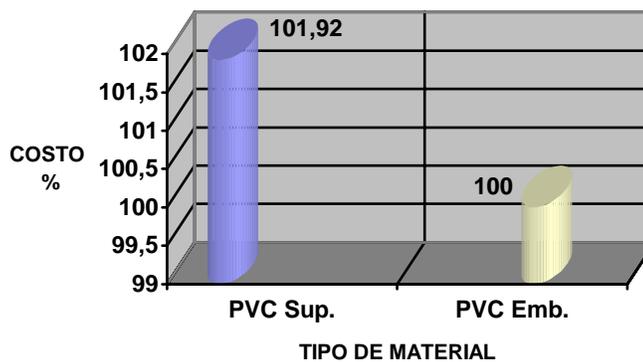
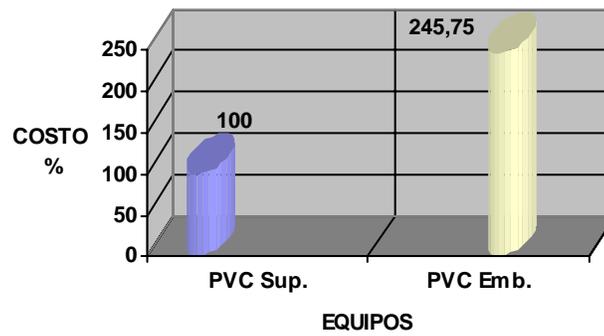
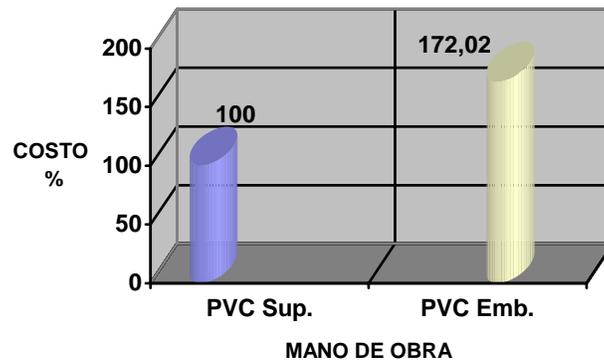
(GRÁFICOS 33/34/35)

El Mantenimiento es otro factor determinante, en especial si consideramos el Ciclo de Vida de la obra. En ese sentido se observa que 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 y facilitan su reparación o sustitución.

COSTOS COMPARATIVOS INSTALACIONES SANITARIAS

**CAPITULO I
GRAFICO:33**

COSTOS COMPARATIVOS INSTALACIONES AGUAS BLANCAS EN TUBERIAS DE PVC SUPERFICIAL Y EMBUTIDA

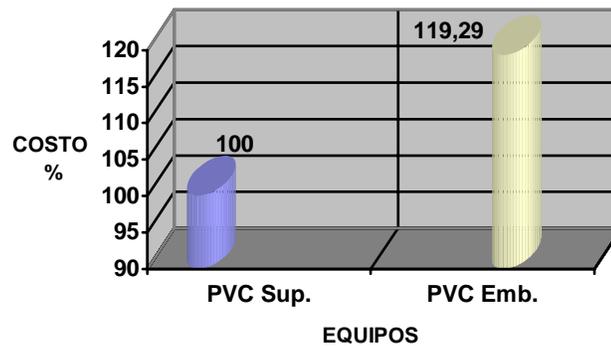
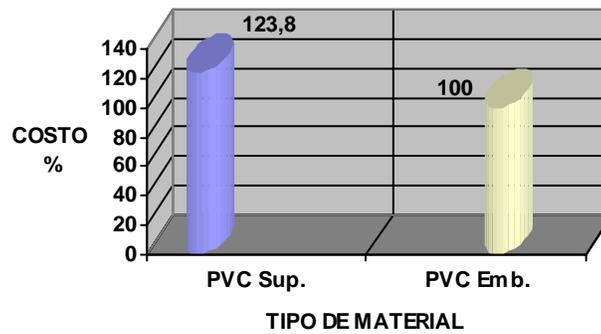
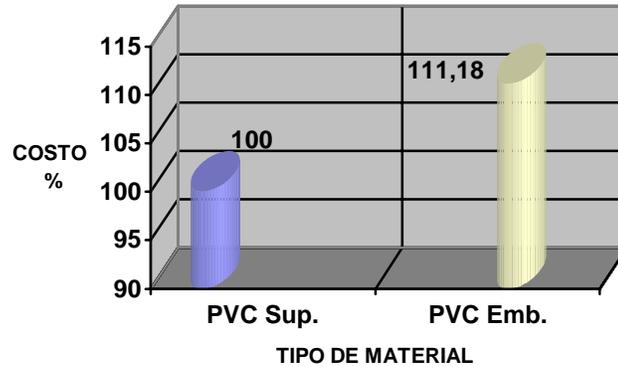


FUENTE:
Márquez, Informe Técnico en Marrero 2002. (b) TECNOLOGÍA OMNIBLOCK

COSTOS COMPARATIVOS INSTALACIONES SANITARIAS

**CAPITULO I
GRAFICO:34**

COSTOS COMPARATIVOS DE INSTALACIONES AGUAS NEGRAS EN PVC SUPERFICIAL Y EMBUTIDA

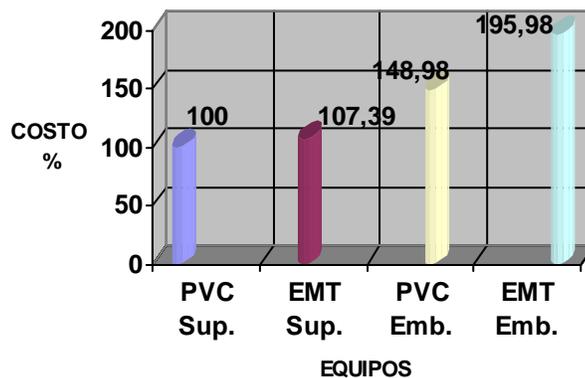
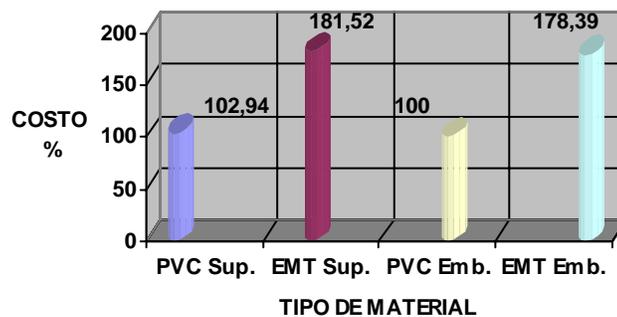
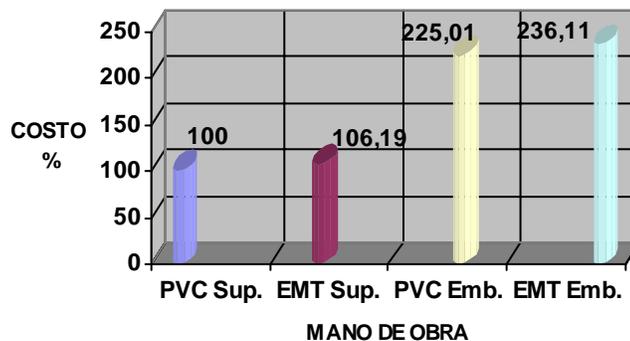


FUENTE:
Márquez, Informe Técnico en Marrero 2002. (b) TECNOLOGÍA OMNIBLOCK

COSTOS COMPARATIVOS INSTALACIONES ELECTRICAS

**CAPITULO I
GRAFICO:35**

COSTOS COMPARATIVOS INSTALACIONES ELECTRICAS EN PVC Y EMT SUPERFICIALES Y EMBUTIDAS



FUENTE:
Márquez, Informe Técnico en Marrero 2002. (b) TECNOLOGÍA OMNIBLOCK

1.4.- ASPECTOS CONSTRUCTIVOS.-

Los aspectos constructivos de la MEBCM se consideran en el marco de la construcción sostenible, debido a que tal como se expuso en la formulación del problema se parte de la hipótesis de optimizar la aplicación de la técnica considerando la interacción de sus fases de producción, proyecto, construcción y su contexto de aplicación, para definir las estrategias y lineamientos correspondientes.

1.4.1.- Sostenibilidad y Ciclo de Vida.-

La sostenibilidad del medio construido en armonía con el natural, es un valor agregado que solo recientemente ha sido reinsertado en la conciencia del ser humano, que en los inicios de su evolución se había caracterizado por establecer un intercambio responsable entre su intervención y la naturaleza. La construcción, funcionamiento y mantenimiento de las edificaciones es una de las actividades de mayor impacto ambiental debido a su importante consumo de recursos naturales (minerales, vegetales, agua, energía, etc.) y a las alteraciones que se introducen en el paisaje inmediato (alteraciones de la topografía, de los suelos, de la vegetación, de los microclimas) depositando en el ambiente residuos y emanaciones durante y final de su ciclo de vida. Por otra parte el uso inadecuado de los materiales, el mantenimiento deficiente y el diseño inapropiado puede tener efectos nocivos sobre la población y el ambiente. Esta nueva preocupación ha encontrado en el reciclaje una de sus expresiones con mayor auge.

Históricamente, el reciclaje fue concebido como una respuesta a la escasez de materiales de construcción y a los gastos de evacuación. Después de la Segunda Guerra Mundial Europa lideriza el reciclaje de escombros debido a las grandes cantidades de material (escombros) para la manipulación y disposición final. Luego EEUU se une a esta línea debido a la introducción de la incineración y la recuperación de los recursos. A medida que

la tecnología se ha ido desarrollando, se ha establecido una diferencia entre el medio natural y el producido por el hombre, donde se concibe a uno como detractor del otro originándose, en el mejor de los casos, medidas correctivas. A partir de 1992 (Cilento,1997), cuando se incluye en el Capítulo 7, sección G de la Agenda 21, de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (UNCED) el tema de la construcción sostenible, se comienza a valorar sus posibilidades de contribuir al desarrollo sostenible, es decir al logro de las necesidades de la población para mejorar calidad de vida, sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para lograr las que les corresponden. Sin embargo, en la práctica esta visión no se ha incorporado a los paradigmas aceptados en el ámbito de los diversos actores involucrados en el sector Construcción, aún cuando “una décima parte de la economía global está dedicada a la construcción, operación y equipamiento de hogares y oficinas y esta actividad contabiliza aproximadamente un 40% del flujo de materiales que entran a la economía del mundo” (Roodman y Lenssen, 1994. Citados por Cilento, 1997).

Es importante señalar que la cultura de la construcción como parte del desarrollo sostenible es una excentricidad aún en países desarrollados (Huete, 2000), según datos de la European Demolition Associations, el destino de los residuos de la construcción es mayoritariamente en vertederos (Alemania 82%, Dinamarca 70%, España 95%, Holanda 39%), en baja proporción en reciclado (Alemania 16%, Dinamarca 23%, España 5%, Holanda 60%) e incinerado (Alemania 2%, Dinamarca 7%, España 0%, Holanda 1%). Por tanto se requiere estudiar el Ciclo de Vida de la Construcción para conocer y regular la relación de intercambio de los distintos procesos de la construcción en todas sus fases, con el ambiente.

Ciclo de vida de la construcción.-

Los productos de la construcción tienen un largo *ciclo de vida*, desde su concepción hasta su obsolescencia y desaparición. La variable ambiental es afectada en todo el ciclo, desde la extracción de materia prima, pasando por los procesos de producción de materiales básicos y materiales de construcción, la producción de componentes y accesorios, la construcción en sitio, el mantenimiento, ampliaciones, reparaciones, reconstrucciones, demoliciones, derrumbes, reciclado y bote de escombros; la producción y operación de maquinaria y equipos de construcción y de transporte, incluyendo el consumo de combustibles, electricidad y agua (Cilento,1996).

Bajo este enfoque se requiere reducir los flujos de entrada del ambiente y reutilizar los flujos de salida de los subprocesos de la construcción, e igualmente disminuir los flujos económicos de entrada y optimizar la productividad de los procesos y por tanto, los flujos económicos de salida.

Ciclo de vida de la MEBCM:

En el caso de la mampostería estructural de bloques de concreto, resulta sencillo detectar y contribuir al logro de la sostenibilidad por su esencia misma, ya que es una tecnología que cumple con las siguientes condiciones:

- 1.- Construir bien desde el inicio y reducir los desperdicios: Por estar constituida por pequeños componentes modulares que facilitan proyectar utilizando coordinación dimensional para reducir los desperdicios.
- 2.- Reducción del consumo energético y producción local y flexible; ya que tienen un proceso de producción sin cocción que puede ser realizada en grande o pequeñas plantas. Aún cuando el cemento tiene altos valores de energía incorporada, su uso en bloques es menos intensivo que en estructuras de concreto.

3.- Reducción del consumo de recursos; pues permiten la construcción progresiva (crecimiento y consolidación mediante mejoras de acabados) acorde con las posibilidades económicas de los usuarios, sin tener que demoler las etapas iniciales construidas.

4.- Reducción de la contaminación y peligros para la salud; debido a que brindan confort térmico desde la fase inicial de su utilización tanto por las características de conductividad del material, como por su cámara interna de aire, son materiales de gran durabilidad, higiénicos, resistentes ante el fuego, y a la intemperie.

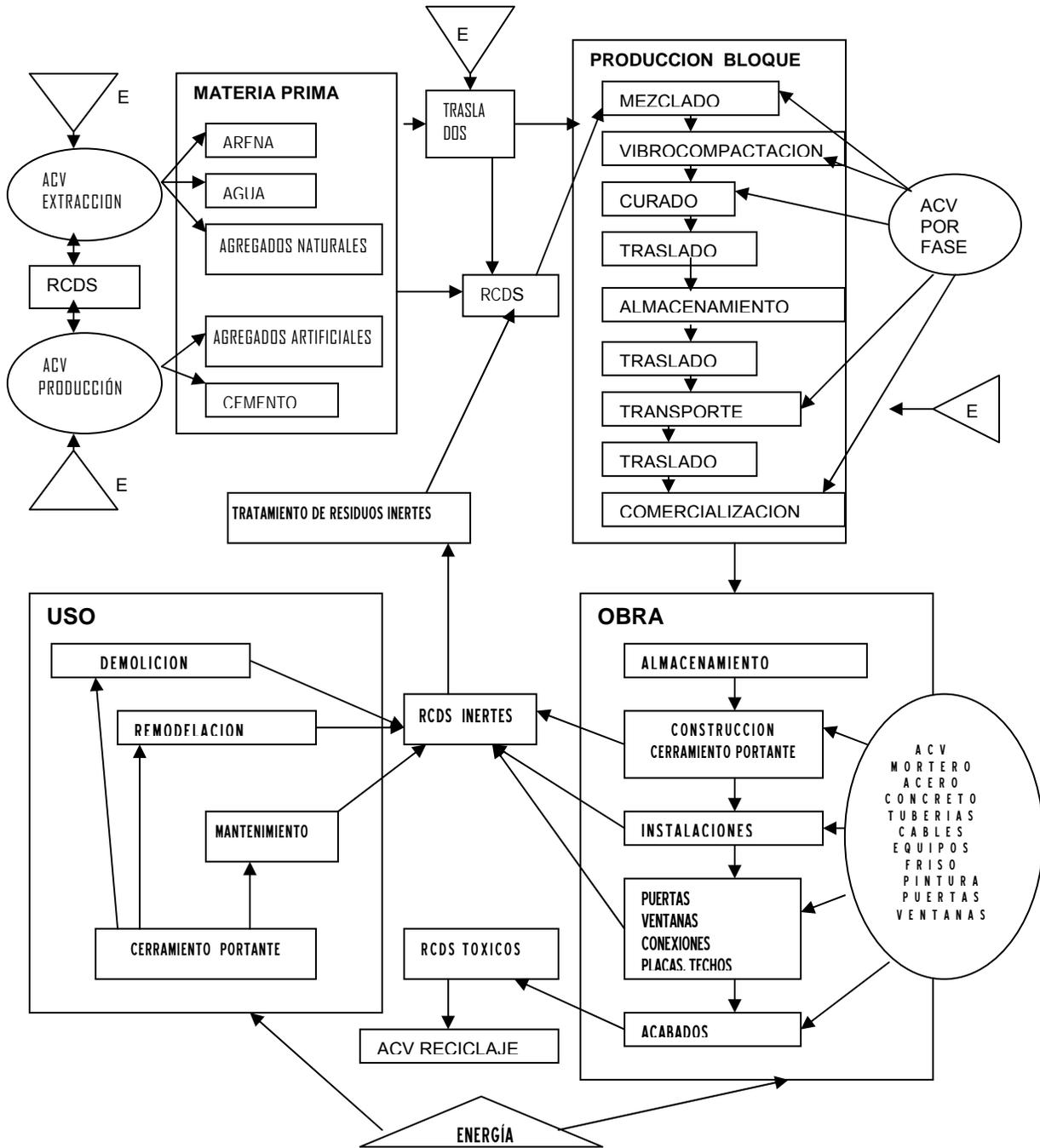
Este tipo de construcción tiene sentido bajo el criterio de permanencia en el tiempo, para lo cual se requiere capacitación para optimizar su proyecto, construcción y mantenimiento, así como normas y controles para construir con calidad. El proyecto debe prever la coordinación modular y la solución de situaciones de consolidación, crecimiento, mantenimiento y modificación, e incluso el reciclaje de los productos de la demolición, tal como se evidencia en el esquema del Análisis del Ciclo de Vida (ACV) de la MEBCM.

Este planteamiento podemos intentar demostrarlo tomando como base el ciclo de los materiales y las construcciones, planteado por Cilento (1998), para realizar el análisis de las posibilidades de la mampostería estructural de bloques de concreto (MEBC), para contribuir al desarrollo sostenible las actividades del sector y el medio ambiente.

(GRÁFICO 36)

CICLO DE VIDA DE LA MEBCM

**CAPITULO I
GRAFICO:36**



FUENTE:
Elaboración propia a partir de Cilento, 1996

Se describen en primer término, los sub procesos del ciclo de vida en una edificación y seguidamente, se señala cómo la MEBCM representa una opción apropiada en término de la sustentabilidad del ambiente. Se puede descomponer en los siguientes sub procesos:

1. *De la extracción o cosecha, preparación y distribución de materia prima.* Incluye el procesamiento de minerales metálicos y no metálicos, hidrocarburos y especies vegetales, que constituyan la entrada al proceso subsiguiente de materiales de construcción. Los materiales que se utilizan para la producción de bloques de concreto son arena, cemento, agregados livianos (según el caso) y agua (en una baja proporción por ser mezclas secas, con una relación agua – cemento 0,27 – 0,30). La mayor proporción el volumen corresponde a la arena (entre 8 y 11 partes por cada parte de cemento en bloques pesados), que proviene de canteras cuyo método de extracción es simple. El cemento es un material cuyo proceso es contaminante. A pesar de su baja incidencia, se requiere establecer controles de tipo ambiental. La MEBCM permite la eliminación de encofrados de madera, debido a que los bloques de concreto presentan canales interiores que permiten su uso como encofrado perdido.
2. *De la producción y distribución de materiales de construcción:* rama de la producción que incluye una gama muy amplia de productos y empresas de muy distintos niveles tecnológicos y ubicación geográfica.- El proceso de producción consiste en: transporte de los materiales, mezclado, moldeado del concreto fresco, secado, curado, y almacenaje. La producción de bloques de concreto, a diferencia de los bloques de arcilla, puede ser realizada tanto en pequeñas plantas con maquinaria accionada manualmente, como en plantas de tecnología intermedia (ponedoras), y con alto grado de tecnología (tolvas, dosificadores, vibro compactadoras, cámaras de humedad para efectuar el curado, rodillos transportadores, montacargas, etc). Esta flexibilidad es una

de sus mayores ventajas, por cuanto permite la adecuación de la escala de la demanda a la escala de producción y su correspondiente inversión, así como la utilización de fuentes de energía alternativas adecuadas a cada caso. De igual modo, permite condicionar la ubicación de las plantas de manera de reducir los costos de distribución del producto y del acarreo de la materia prima, lo que es especialmente importante, debido a su elevado peso e incidencia en los costos y factores insustentables del transporte. La producción de bloques de concreto permite la utilización del reciclaje de residuos de otros procesos productivos para mezcla, así mismo, posibilita el uso de desechos en la producción de bloques, como por ejemplo la Copra del Coco cuyas fibras son “imputrecibles e incombustibles” (Sosa, 1998). La corteza de coco representa un 35 % del total de la fruta. Este subproducto es utilizado en un 50% para producir escobas, aceites, mecates y el resto es considerado como desecho. Un estudio realizado por Centro de Investigaciones de Materiales CIM del Instituto de Ingeniería de la UNAM (México) obtuvo un concreto a base de fibra de coco, tratándolo con sales e hidróxido, soluciones de creosota, petróleo con pentaclofenol y pentaclorofenato de sodio (usado bajo condiciones de tipo latex, azufre). El Forest Product Research and Development Institute (Filipinas) desarrolló un bloque de cemento aligerado con médula de coco. Otra opción es la cascarilla de arroz, pues una tonelada de arroz produce 256 Kg de residuos que contienen un alto contenido de Sílice (93% de SiO_2), En este sentido es necesario reseñar el trabajo de tesis de grado realizada en el Instituto de Desarrollo Tecnológico de la Construcción IDEC UCV “Tecnología alternativa de producción de cemento puzolánico con ceniza de cascarilla de arroz” (Aguila 1999, 2001). El Indian Institute of Technology en Kanpur, India (Sosa, 1998), ha desarrollado un cemento hidráulico, denominado Ashmon fabricado a partir de la

mezcla de la ceniza de la cascarilla de arroz con cal y de un aditivo, cuya resistencia a la compresión a los 28 días es de 250 Kg/cm². Otros autores (Ortega, 1989) se refieren a el uso residuos siderúrgicos, escorias y azufre, lo cual no solo permiten reinsertar en el proceso productivo los desechos de procesos industriales, sino que le confieren propiedades de resistencia y acabado que hacen posible la producción de bloques machihembrados. El diseño de mezclas para elevar resistencia, a fin de reducir el área de componentes para obtener mayor área útil, así como la incorporación de elementos que permitan la reducción del peso y aumenten la capacidad de resistencia a la flexión para reducir el riesgo sísmico, son criterios que protegen al ambiente por potenciar la durabilidad del producto. Algunos autores (Acosta, 2000 a) realizaron un estudio comparativo de unidades de mampostería de tres tipos de bloque: 1) bloque macizo de suelo cemento, 2) bloque aligerado de suelo cemento y 3) bloque de concreto. Los resultados señalan que el bloque de concreto consume 7,59 m³ de material suelto y 0,91 m³ de cemento por vivienda (45 m²), con una resistencia entre 40 y 50 Kg/cm², mientras que el bloque aligerado de suelo cemento 16,25 m³ de material suelto y 1,35 m³ de cemento por vivienda (45 m²), con la misma resistencia. El bloque macizo de suelo cemento consume 44,52 m³ de material suelto y 1,93 m³ de cemento por vivienda (45 m²), con una resistencia entre 80 y 90 Kg/cm², Esta relación evidencia un posicionamiento ventajoso del bloque de concreto en cuanto al uso de materia prima, para la elaboración de las piezas, lo que contribuye a la sostenibilidad de la construcción.

Por ultimo es importante señalar que por la forma sencilla de producción del bloque, se puede incorporar acabados de textura y color que significan ahorro de recursos y energía en la obra.

3. *De la construcción en sitio.*- Esta es la fase que caracteriza al proceso de construcción del medio ambiente construido e implica el ensamblaje en sitio de materiales y componentes provenientes de los subprocesos anteriores. La mampostería estructural de bloques de concreto por partir de componentes modulares permite el diseño de edificaciones utilizando la coordinación modular, lo cual permite optimizar el aparejo de los bloques y reduce los desperdicios y sus costos. El control de calidad, la capacitación y la asistencia técnica, son claves para asegurar un mejor intercambio de la mampostería estructural con el ambiente. Ello implica incorporar al plan de la obra la recolección y comercialización de residuos para su reciclaje en forma de agregados para nuevos componentes, el uso mano de obra bajo una gerencia productiva que incluya la organización sistemática de las secuencias y tipos de trabajo, así como de los flujos de entrada y salida de materiales, cuadrillas, y el uso racional de maquinarias, a fin de lograr ahorro energético en la construcción.
4. *Del consumo y mantenimiento de las edificaciones.*- Se trata del uso de las edificaciones después de su construcción, cuando albergan las actividades de los usuarios. *De las ampliaciones y transformaciones de las edificaciones.* Abarca las actividades de construcción relacionadas con remodelaciones, ampliaciones, y transformaciones posteriores. Es importante que a nivel de proyecto se incluyan conceptos de crecimiento, consolidación, mantenimiento y cambio, que permitan orientar a los usuarios en la mayor eficiencia de la obra a lo largo de su vida útil. En este sentido deben preverse a nivel de proyecto la construcción de procesos independientes de montaje del envolvente, las instalaciones, los cerramiento y acabados, aplicando el criterio de sincretismo tecnológico (Cilento, 1996) al combinar componentes producidos localmente con componentes provenientes de la industria.

Otra ventaja es la cámara de aire incorporada al bloque, lo que propicia el logro de confort térmico en la edificación y el consiguiente ahorro de energía desde su primera etapa de consolidación.

5. *Del reciclaje y disposición final de desechos y residuos.*- Actividades que cierran el ciclo de vida de los productos intermedios y de la edificación. La mampostería estructural de bloques de concreto permite el reciclaje y / o reutilización de elementos desmontados o demolidos (agregados para concreto). Según Huete (2000), los residuos de pétreos y de concreto, alcanzan un 44,2% del volumen total de residuos por demolición. La aplicación de estos residuos seleccionados y triturados, es apropiada en rellenos; si adicionalmente se criba, podría servir en algunos casos como agregado de concreto, para rellenos y rellenos compactados. Este material reciclado tiene una forma más irregular y mayor tamaño que los naturales, su densidad es más baja, tienen mayor capacidad de absorción, sus valores mecánicos son 60-80% menores y en cuanto a la durabilidad y trabajabilidad del concreto, los realizados con áridos reciclados, tienen un comportamiento similar a los realizados con áridos naturales. Sin embargo, hasta el momento, existe poca investigación y reglamentación al respecto y los costos del reciclaje suelen ser elevados frente a la materia prima natural. Un estudio avanzado del ciclo de vida de la construcción de muros de mampostería de bloques de concreto debería permitir calcular detalladamente todos los intercambios producidos en el medio ambiente. Es decir, un detallado análisis de los desperdicios y los desechos, así como del consumo energético producido en cada subproceso a lo largo del ciclo de vida. De esta manera se determinaría el impacto sobre el ambiente y las cantidades de material susceptible a ser reciclado o reutilizado.

1.4.2.- Componentes de la edificación de mampostería estructural.-

La construcción de edificaciones de MEBCM requiere que el proyecto sea considerado en forma integral, a fin de preservar las mayores condiciones de eficiencia y durabilidad para lograr la sostenibilidad requerida. La coordinación modular y la comprensión de las potencialidades y limitaciones técnicas producirán la disminución de desperdicios y el ahorro de componentes superfluos, así como una adecuada práctica constructiva. Además, la previsión de mantenimiento y posibles cambios morfológicos, permiten mantener la calidad en el tiempo. Los lineamientos para optimizar la construcción con MEBCM se exponen a continuación:

Fundaciones: Debe asegurarse la adecuada cohesión rigidez de la mampostería. Preferiblemente se utiliza la losa fundación (Gallegos, 1989). Sin embargo, es posible utilizar vigas fundación, en caso de terreno que por sus condiciones aseguren la ausencia de asentamientos diferenciales. Es especialmente importante para la selección de las fundaciones, el conocimiento del suelo, ya que por su rigidez, la mampostería estructural requiere de un apoyo homogéneo y estable, a fin de evitar el agrietamiento, por lo que debe estudiarse soluciones para disipar los empujes que se generan en caso de suelos arcillosos. En cuanto a los costos como uno de los criterios de selección, se ha establecido en algunas investigaciones (Márquez en Marrero, 2002) que tanto para la vivienda unifamiliar como para la multifamiliar la alternativa de menor costo es la *losa de fundación*, la cual varió aproximadamente entre un 36% y un 55% por debajo del costo de la alternativa de *fundación directa* (GRÁFICOS 37, 38, 39).

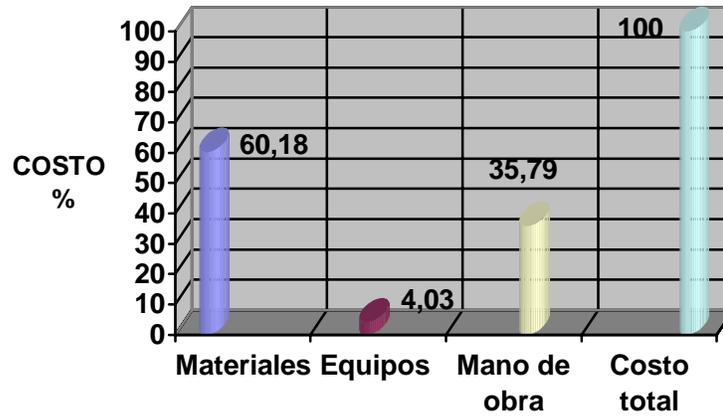
Muros: Los bloques, morteros y refuerzos conforman los muros. Estos deben ser construidos para garantizar su comportamiento como un todo homogéneo, para lo cual es imprescindible la adherencia entre el mortero y las piezas. Se ha demostrado (López,

Castilla y otros, 1986) que la presencia de la cal es significativa para la adherencia del mortero. Otro aspecto importante es evitar el humedecimiento de las piezas y aplicar el mortero en capas pequeñas de no más de 1 cm., ya que su excesivo espesor produce la aparición de grietas a lo largo de las juntas, debido a diferencias en los módulos de elasticidad. La forma de disposición de los bloques, representa una condición fundamental para el comportamiento homogéneo de la mampostería. En los ensayos de laboratorio realizados sobre muros a escala natural (Castilla, 1995; Marrero, 2002 b) se evidencia como condición típica de los muros sometidos a esfuerzos de tracción, la línea de ruptura en las juntas, debido a que los módulos de elasticidad de los bloques y morteros son diferentes. Por ello, se recomienda construir las paredes colocando los bloques a junta perdida⁴, a fin de evitar la continuidad de las líneas de corte.

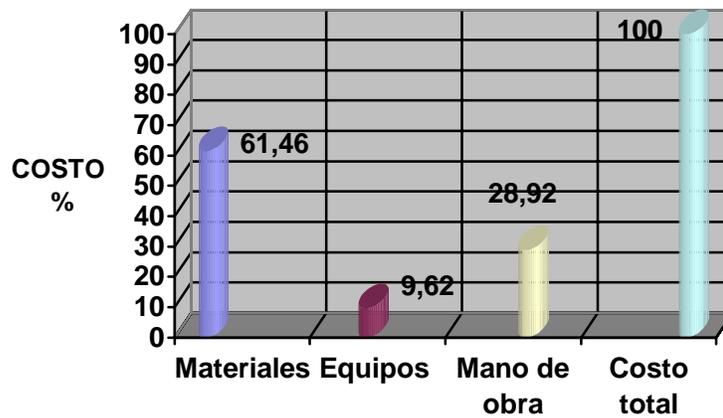
⁴ Se entiende como “*a junta perdida*”, cuando existe discontinuidad en la junta vertical, entre las unidades de mampostería que conforman una pared o un muro.

COSTOS COMPARATIVOS DE FUNDACIONES EN VIVIENDA UNIFAMILIAR

**CAPITULO I
GRAFICO:37**



Fundación directa VU



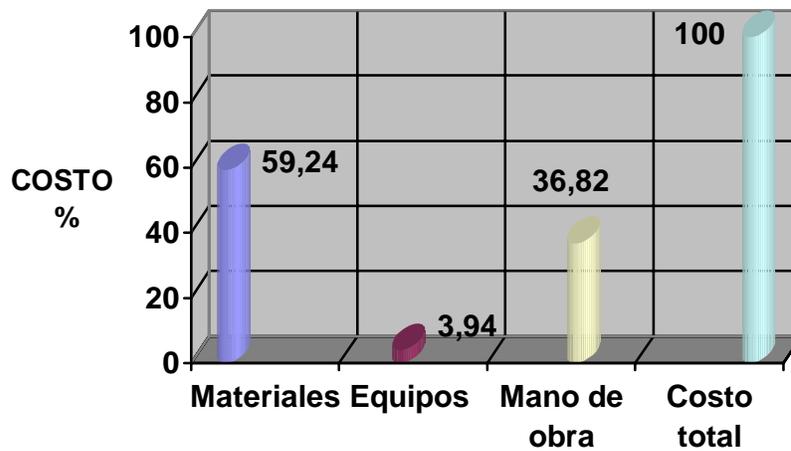
Losa fundación VU

COSTO COMPARATIVOS DE FUNDACIONES EN VIVIENDA UNIFAMILIAR

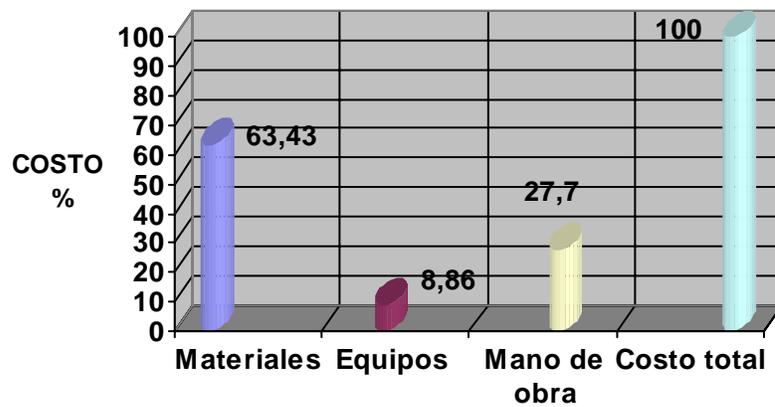
FUENTE:
Márquez, Informe Técnico en Marrero 2002. (b) TECNOLOGÍA OMNIBLOCK

COSTOS COMPARATIVOS DE FUNDACIONES EN VIVIENDA MULTIFAMILIAR

**CAPITULO I
GRAFICO:38**



Fundación directa VM



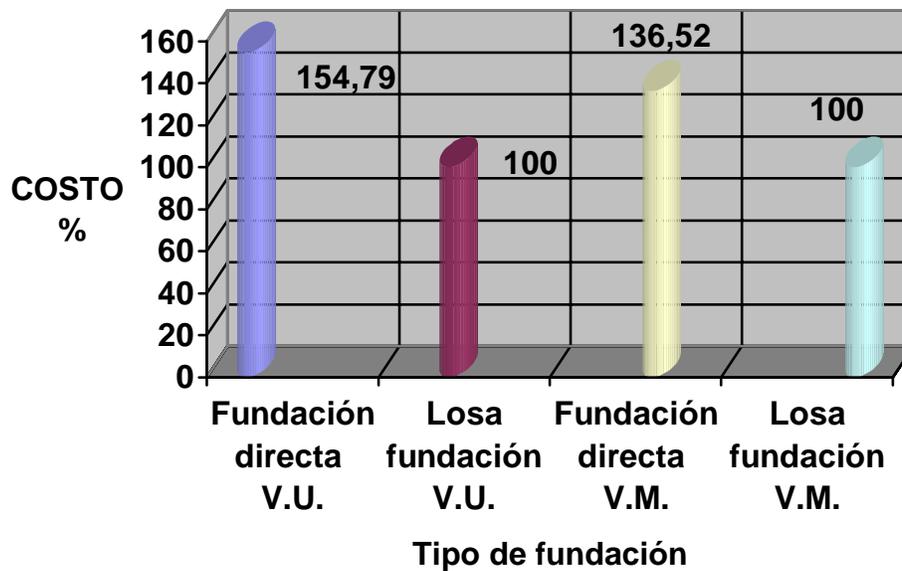
Losa fundación VM

COSTO COMPARATIVOS DE FUNDACIONES EN VIVIENDA MULTIFAMILIAR

FUENTE:
Márquez, Informe Técnico en Marrero 2002. (b) TECNOLOGÍA OMNIBLOCK

**COSTOS COMPARATIVOS DE FUNDACIONES
EN VIVIENDA UNIFAMILIAR Y MULTIFAMILIAR**

**CAPITULO I
GRAFICO:39**



**Costo comparativo de fundaciones en vivienda de bajo costo:
(VU=VIVIENDA UNIFAMILIAR / VM= VIVIENDA MULTIFAMILIAR)**

FUENTE:
Márquez, Informe Técnico en Marrero 2002. (b) TECNOLOGÍA OMNIBLOCK

Otro aspecto importante investigado (Castilla, 1997) se refiere a la necesidad e recurrir a mecanismos estables de disipación de energía inelástica para el control de daños de estructuras sismorresistentes. En este sentido, se identifican las zonas vulnerables y los materiales que pueden cumplir con dicho control. El acero de refuerzo vertical en mampostería armada internamente permite disipar la energía que se produce cuando la mampostería cede ante el volcamiento producido por las fuerzas laterales, pero esta zona coincide, por mala práctica constructiva, con el solape de los aceros de refuerzo vertical y el acero que proviene de las fundaciones. El estudio evaluó experimentalmente la incidencia de las variables fundamentales tales como el tamaño del bloque, el diámetro de las barras de acero, la resistencia del concreto líquido y el recubrimiento efectivo de las barras. Se concluye, para las especificaciones de los elementos evaluados, con una expresión válida para el cálculo del detalle del solape.

L_s = longitud solape (cm)
 f_y = límite elástico acero de refuerzo
 k /cm²
 db = diámetro de la barra (cm)
 t = ancho del bloque (cm)

$$L_s = \frac{0.14 f_y db^2}{t - 2e}$$

donde $(t - 2e)/db > 4$
 $db \leq \sqrt{(t - 2e)/2}$

En general el criterio debe ser la preservación de la continuidad de las superficies que transmiten las fuerzas, así como el equilibrio en cuanto a su disposición en dos direcciones. Se han establecido (Gallegos, 1989), algunas proporciones que permitan evaluar la validez de los diseños (GRÁFICO 40):

1. Proporciones en elevación de los muros: H/L , siendo H la altura total del muro y L la longitud, los valores comprendidos entre 2 y 4, son ideales, y los valores entre 1 y 2, y entre 4 y 5, son aceptables.
2. Longitud total de los muros: lo ideal sería que la suma de la longitud de los muros en una dirección, sea la misma que en la otra dirección. Al sumar la longitud de

todos los muros ubicados en *cada dirección*, debe alcanzarse una cifra mínima expresada en ml, según la siguiente fórmula:

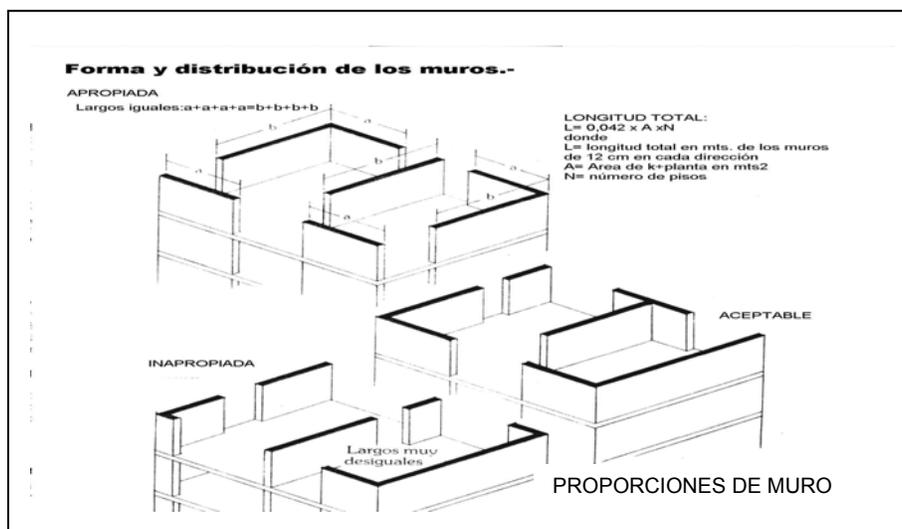
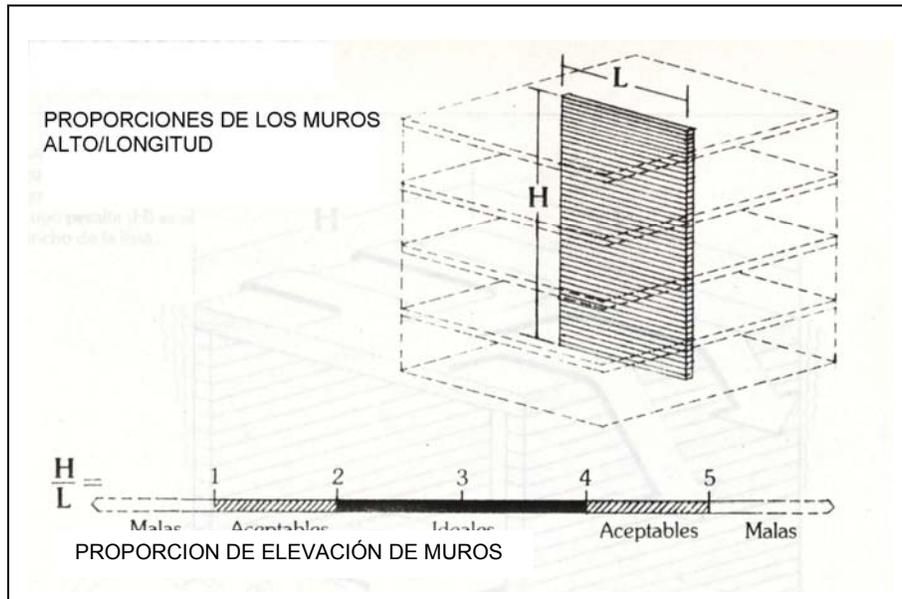
$L = 0,042 \times A \times N$, donde L es la longitud total de muros ($e=12$ cm) en cada dirección, expresada en ml, A es el área de planta en m^2 y N es el número de pisos.

En zonas sísmicas, es imprescindible la existencia de vigas de corona y refuerzos que aseguren la resistencia de la edificación ante cargas laterales.

En cuanto a la rigidez de los muros, la mayoría de las normas estudiadas, coinciden en la necesidad de refuerzos en las trabas de pared los cuales no deben estar mas distantes que 1,5 veces la altura. En caso de espacios menores, se colocará un refuerzo intermedio y se podrá aumentar la rigidez de la pared utilizando planos perpendiculares al muro que actúen como contrafuerte.

PROPORCIONES PARA CONSTRUCCIÓN DE MUROS

CAPITULO I
GRAFICO:41



FUENTE:
Gallegos, 1989. ALBAÑILERÍA ARMADA.

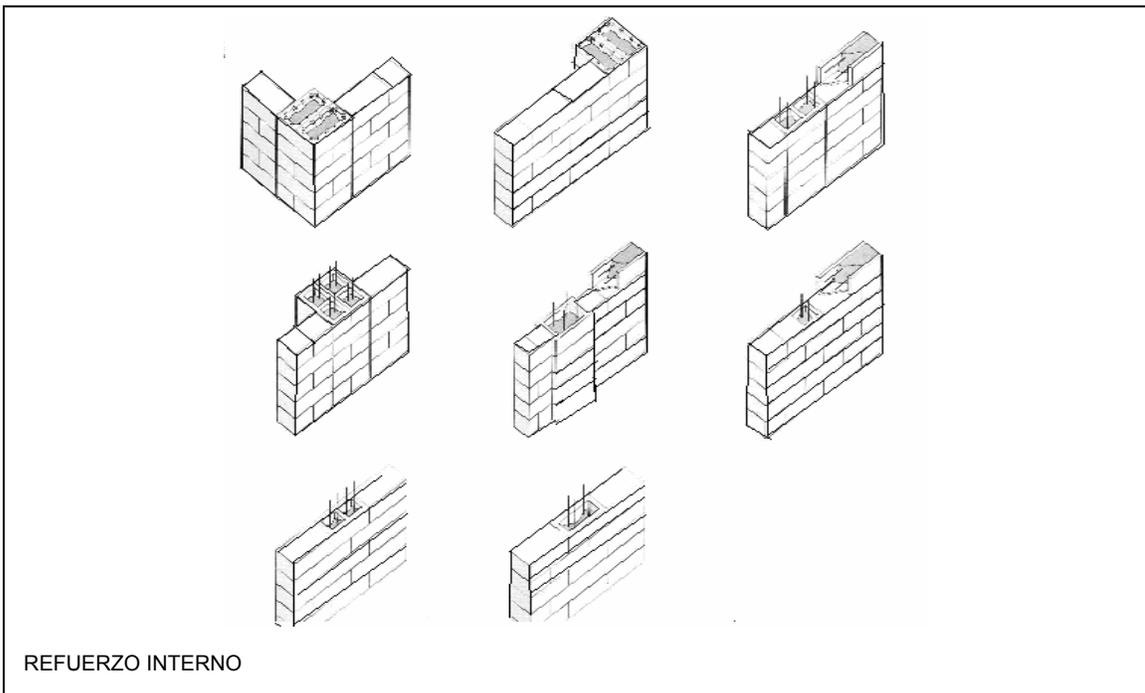
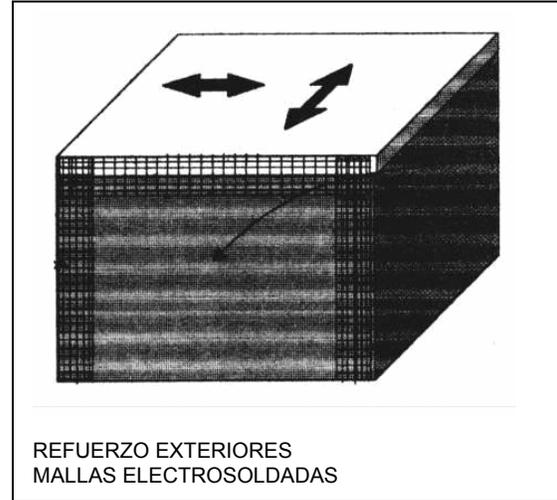
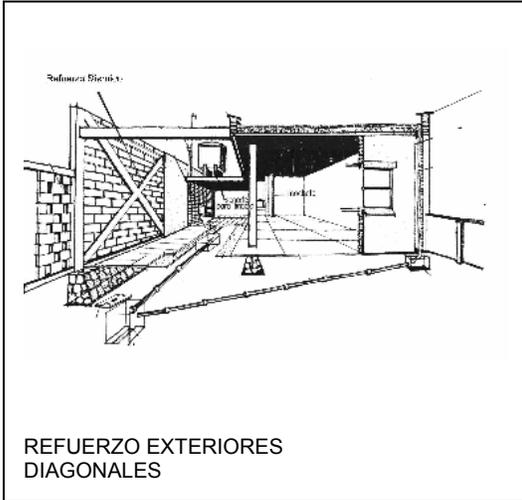
Los Procedimientos constructivos varían según el concepto estructural adoptado y según la ejecución misma de las paredes. Sobre el primer aspecto, podemos diferenciar en la mampostería reforzada, procedimientos que disponen los refuerzos exteriormente, mediante diagonales de vigas metálicas, mallas y friso, y procedimientos con refuerzos interiores aprovechando las aberturas de los bloques para ubicar las cabillas cada cierto intervalo. En la mampostería confinada, los métodos para construir los marcos de las paredes son mediante elementos prefabricados de concreto, metálicos, o vaciados en sitio con encofrados perdidos de bloques. (GRÁFICO 41).

Losas.-

Como diafragmas rigidizantes en el sistema de superficie activa, deben mantener las características de simetría, continuidad, robustez y competencia torsional requerida para los elementos verticales. En caso de requerirse una abertura interna, la relación área de abertura / área total, deberá ser menor o igual a 0,3 y deberá ubicarse de forma que no impida el adecuado arriostramiento de los muros. (GRÁFICO 42).

OPCIONES DE REFUERZOS

CAPITULO I
GRAFICO:41



FUENTE:

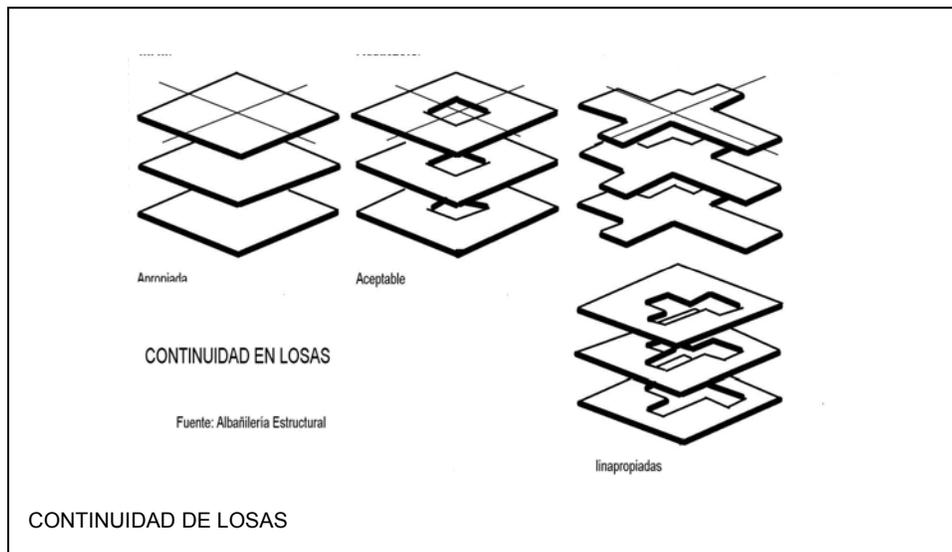
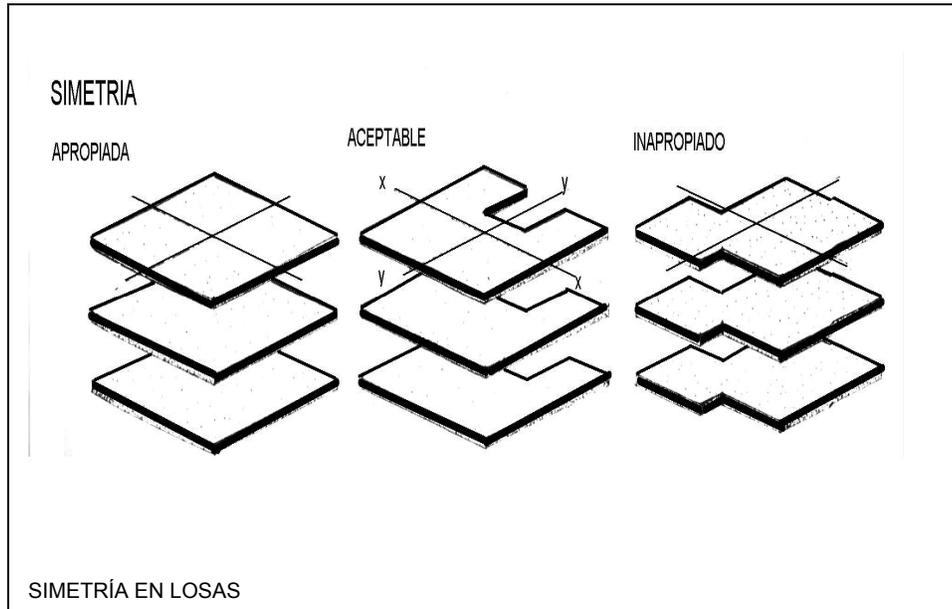
Dirección de Ingeniería, 1980. MANUAL DE SANEAMIENTO.

Klingner, 2000. ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO EN SEMINARIO 2000 DESASTRES SISMICOS.

Pinchetti, 1984. PROGETTARE E COSTRUIRE CON MURATURA IN LECABLUCCHI.

CONFIGURACIÓN DE LOSAS

CAPITULO I
GRAFICO:42



FUENTE:
Gallegos, 1989. ALBAÑILERÍA ARMADA.

1.4.3.- Patología.-

Bajo el enfoque de la Sostenibilidad, el estudio de la patología de la edificación adquiere especial relevancia, por cuanto permite que su Ciclo de Vida se extienda, al preservar la construcción en buenas condiciones por mayor tiempo, lo que incide en la optimización de los recursos invertidos y posibilita el reciclaje o reutilización de sus materiales, reduciendo la producción de desechos. En el caso de la mampostería estructural de bloques de concreto, los problemas más habituales que se presentan están relacionados con las deficiencias estructurales, los movimientos, la permeabilidad y la apariencia. Estos dependen de la calidad de los bloques, del mortero, deficiencias en el proyecto (detalles, especificaciones) y mala práctica constructiva (De Llorens, 1997).

Deficiencias estructurales:

Los muros de mampostería requieren estabilidad y homogeneidad en su superficie de apoyo, ya que por ser elementos rígidos, son vulnerables ante las deformaciones producidas por el tipo y resistencia del suelo, y las condiciones de las vigas y losas de los entrepisos. En este sentido merecen especial interés el diseño de fundaciones y detalles apropiados, que garanticen su estabilidad. Otro aspecto importante es la calidad de los bloques y del mortero que deben fusionarse para conformar piezas monolíticas. De igual forma, es importante mantener control sobre el espesor del mortero, los elementos de refuerzo y de confinamiento, los recubrimientos de las barras de acero, su anclaje y su solape.

Los movimientos

Muchos de los daños en los muros se producen como consecuencia de movimientos originados por cargas laterales de viento o de sismo, lo que hace indispensable la disposición de elementos de refuerzo que permitan disipar la energía inelástica producida. Estos refuerzos requieren fundamentalmente de un adecuado diseño de los anclajes para asegurar la unión de los planos verticales y horizontales. En caso de edificaciones ya construidas, algunos estudios (Government of India. 2001) proponen soluciones de refuerzo externo para mejorar sus condiciones de respuesta. Otro tipo de movimiento son las retracciones por efecto térmico o por humedad, lo cual puede afectar las superficies de contacto entre materiales diferentes, tales como marcos, perfiles metálicos, por lo cual se debe prever la ejecución de uniones apropiadas

La permeabilidad

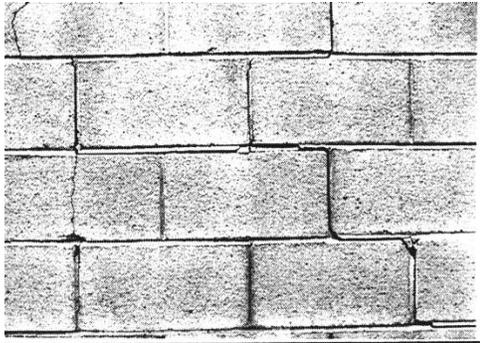
Se ha demostrado (Pfefferman, 1992), en ensayos realizados con muros de ladrillo cerámico hueco y bloques de concreto reforzados con acero entre las hiladas horizontales, que luego de ocho meses de observación, las paredes de arcilla mostraron corrosión inicial en la armadura, mientras que las de bloques de concreto no mostraron ninguna traza de corrosión, debido a las características de absorción de los bloques y del mortero. Los problemas de permeabilidad al aire y al agua, se produce por fallas de ejecución del mortero, filtraciones de las instalaciones, humedad del suelo y por oxidación de los elementos de refuerzo. Como en los otros casos estos problemas deben preverse en la etapa de proyecto y mediante la supervisión de la obra, pero en caso de que se presenten, debe removerse el material y aplicar productos impermeabilizantes o sellantes y reparar las filtraciones.

La apariencia

En este aspecto debe considerarse el acabado de la superficie de la pared y su agrietamiento. El primer factor depende de la calidad del bloque y del mortero, que deben tener homogeneidad de color, textura, absorción y resistencia. El agrietamiento, se produce debido a la deformación del apoyo del muro, surgido por las deformaciones elásticas de la losa. Inicialmente el muro, debido a su rigidez, no sigue las deformaciones de la losa, porque actúa con un mecanismo de arco autoportante. Cuando el material no soporta las tracciones de la parte inferior del muro, por lo general se producen fisuras verticales en la parte inferior central del muro, fisuras horizontales debajo del arco de compresión y fisuras diagonales sobre el arco. Para evitar este efecto se debe contar con losas rígidas. Otras recomendaciones, como la alineación de los planos verticales de los muros y la utilización de refuerzos horizontales entre las hiladas de bloques, sobre todo en la parte inferior, refuerza el mecanismo de arco. (GRÁFICO 43)

PATOLOGIAS

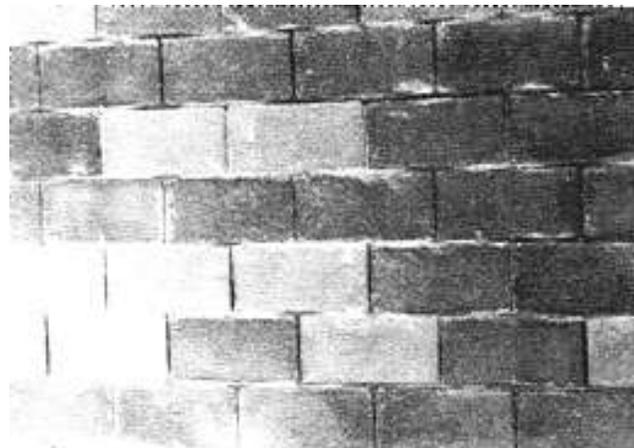
CAPITULO I
GRAFICO:43



PATOLOGÍA FISURA



PATOLOGÍA MORTERO



PATOLOGÍA DE COLORES

FUENTE:
De Llorens, 1997. CONSTRUCCIO AMB BLOC FORMIGO.

1.5.- CONCLUSIONES.-

El presente capítulo tuvo como objetivo conocer las características de los aspectos productivos, proyectuales y constructivos de la MEBC y explorar las posibilidades formales espaciales, estructurales y de instalaciones que pudiesen servir de referencia para su reinterpretación o aplicación en muros de viviendas de bajo costo, de carácter progresivo. Se evidenció en el estudio de la evolución del uso de la mampostería a través de la historia, la necesidad de la comprensión de la esencia de la mampostería como resultado de *un sistema modular*, que es referencia obligada para la incorporación de nuevos materiales o técnicas constructivas que puedan contribuir a optimizar su utilización y a potenciar sus posibilidades como material apropiado para la sostenibilidad.

En la bibliografía consultada no se plantea la interacción entre las propiedades de los bloques con su sistema productivo, con los medios de construcción de muros y con los criterios proyectuales. La comprensión y consideración del proceso global de producción de viviendas con MEBC influye en la disminución de desperdicios y evita las patologías constructivas.

La concepción tectónica de la arquitectura, asumida como principio en esta investigación y los aspectos proyectuales estudiados que parten de la consideración de la coordinación modular, condicionan el diseño de formas y espacios.

Los Aspectos Constructivos deben entenderse no solo como la descripción y prescripción de las características de los componentes de la edificación, sino como parte del ciclo de vida de las edificaciones, lo que permite contribuir al logro de la sostenibilidad del proceso de producción de viviendas de bajo costo. Finalmente, es importante establecer que aún cuando la mampostería de bloques de concreto podría considerarse como un sistema que contribuye a la sostenibilidad de la construcción por sus características de producción de

bajo consumo energético, utilización preponderante de mano de obra para su montaje y durabilidad, se requiere una mayor capacitación y controles de calidad a nivel de proyecto y construcción, previendo la posibilidad de resolver situaciones de crecimiento, consolidación y reducción de desperdicios, desechos y productos de demolición.

En conclusión, la selección y síntesis del conocimiento de la MEBCM en sus tres fases, obtenido mediante la revisión de las fuentes bibliográficas, constituye un aporte para su manejo adecuado por parte de los actores involucrados y permitió establecer consideraciones técnicas para la optimización de su aplicación. En las fuentes consultadas se excluye la dimensión social y ambiental requerida para la identificación de lineamientos apropiados para cada contexto de aplicación, lo cual es el objeto del Capítulo II, en el que se establecerán las potencialidades y limitaciones de la MEBCM para su aplicación en la construcción de viviendas de interés social en Venezuela.

Referencias

- ACOSTA, DOMINGO. (2000 a). “La mampostería de bloques de suelo cemento ¿tecnología apropiada para la construcción masiva de viviendas de interés social?”. *Tecnología y Construcción No.16*. FAU. UCV. Caracas.
- ACOSTA SIERRA, CARLOS. (1987). “Edificaciones con mampostería simple y armada”. *Mimeo*. Caracas.
- ADELL, JOSEPH MA. (1992 a). “Razón y Ser de la Fabrica Armada”. *Informes de la Construcción. Vol. 44. N° 412*. Instituto Torroja. Madrid.
- AGUILA, IDALBERTO. (1999). “Tecnología alternativa de producción de cemento puzolánico con ceniza de cascarilla de arroz”. *Tesis Maestría Desarrollo Tecnológico de la Construcción*. Mimeo. IDEC /FAU/UCV. Caracas.
- AGUILA, IDALBERTO. (2001). “Cementos puzolánicos. Una alternativa para Venezuela”. *Tecnología y Construcción N° 17-III*. IDEC /FAU. Caracas.
- BANCO OBRERO. Centro de Información y Documentación. (1967). *Manual de Coordinación Modular*. Mimeo. Caracas.
- CAMBI, DI CRISTINA, STEINER. (1992). *Viviendas unifamiliares con patio*. Gustavo Gili, México.
- CAMBI, DI CRISTINA, STEINER. (1992). *Viviendas en bloques alineados*. Gustavo Gili, México.
- CAPORTIONI, GARLATI. (1971). *La coordinación modular*. Gustavo Gili. Madrid.
- CASTILLA, ENRIQUE Y POSE, MANUEL. (1995). “Evaluación de muros de mampostería de concreto ante carga horizontal”. *Boletín Técnico Instituto de Materiales y Modelos Estructurales IMME UCV. Volumen 33, N° 1*. Publicidad Gráficas León SRL. Caracas.
- CASTILLA, ENRIQUE Y VILLALOBOS FERNANDO. (1997). “Evaluación de solape de acero de refuerzo vertical en mampostería armada internamente bajo acciones sísmicas.” *Boletín Técnico Instituto de Materiales y Modelos Estructurales IMME UCV. Volumen 35, N° 3*. Publicidad Gráficas León SRL. Caracas.
- CASTILLA, ENRIQUE Y MARINILLI, ANGELO. 2003. “Experiencias recientes en Mampostería confinada de bloques de concreto”. *IMME. [online], vol.41, no.2-3* [citado 23 Agosto 2005], p.28-39. <http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0376-723X2003000200002&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0376-723X.
- CILENTO, ALFREDO. (1985). “La racionalización del proceso de producción y circulación de la vivienda”. *Artículo en Revista Tecnología y Construcción N° 1*, UCV, Caracas.
- CILENTO, ALFREDO. (1996). “Sincretismo e innovación tecnológica en la producción de viviendas”. *Artículo en Revista Tecnología y Construcción N° 12-I*, UCV, LUZ, Caracas.
- CILENTO, ALFREDO. (1997). “Construcción sostenible, de las declaraciones a la acción”. *Artículo Revista Tribuna del Investigador, Vol.4, N° 2*, APIU, UCV. Caracas.
- CILENTO, ALFREDO. (1998). “Tendencias tecnológicas en la producción de viviendas”. *Interciencia. Vol. 23, N° 1*. Caracas.
- COLMENARES, ABNER. (1995). “El concepto de tipo en las teorías de la arquitectura”. *Revista De Arquitectura*. Caracas.

- COMUNIDAD DE MADRID. (1993). *Manual de edificaciones con tierra armada*. Mimeo. Madrid.
- COTUGNO, ELVIRA. (1997). *Evoluzione delle structure in muratura portante*. Tesi di Laurea. Politécnico di Torino. Facoltà di Architettura. Torino. Italia.
- COVENIN. (1982). *Norma 42-82. Bloques huecos de concreto*. FONDONORMA. Caracas.
- DE LLORENS, JOSEPH I. Y SOVEDILLA, ALFONSO. (1997). *Construició amb bloc de formigó*. Ediciones Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona.
- DE OTEIZA, IGNACIO. (1997). “Posibilidades del yeso en la construcción de viviendas de bajo costo”. *Artículo Revista Tecnología y Construcción 13-I*. IDEC. FAU. UCV.
- DIESTE, ELADIO. (1987). *La estructura cerámica*. Editorial Escala. Bogotá.
- ENGEL, HEINRICH. (1977). *Sistemas de estructuras*. Editorial Blume. Madrid.
- FRAMPTON, KENNETH. (1994). *Studies in tectonic cultura*. John Cava. The MIT Press. Cambridge. Massachussets. .
- GALLEGOS, HÉCTOR. (1985). “Diseño sismo resistente de edificios de albañilería”. IMME. *Normativa y Seguridad de Construcciones en zonas sísmicas*. Julio. Caracas.
- GALLEGOS, HÉCTOR. (1989 a). *Albañilería armada*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Fondo Editorial Perú.
- GALLEGOS, HÉCTOR. (1989 b). *Albañilería estructural*. Editorial La Casa. Perú.
- GARCÍA, LUIS. (1985). “Mampostería estructural en Colombia”. *Taller normativa y seguridad en zonas sísmicas*. IMME/SOCVIS/OEA. Caracas.
- GASPARINI, GRAZIANO. (1986). *Arquitectura popular de Venezuela*. Armitano. Caracas.
- GOVERNMENT OF INDIA. (2001). *Guidelines for damage assessment and post earthquake action*. BMTPC. Nueva Deli.
- HABRAKEN, N.J. ET.AL. (1979) *El diseño de soportes*. Editorial Gustavo Gili
- HERNÁNDEZ, JUÁN. (1990). *La casa de un solo muro*. Madrid.
- HUETE, RICARDO. (2000). “Aproximación a un modelo de construcción sostenible”. *Material curso: Sostenibilidad en la Construcción*. IDEC. FAU. UCV. Caracas.
- INSTITUTO ARGENTINO DE INVESTIGACIONES DE HISTORIA DE LA ARQUITECTURA Y EL URBANISMO. (1988). *Vivienda, ideas y contradicciones 1916-1950. De las casas baratas a la erradicación de las villas de emergencia*. Buenos Aires.
- KLINGNER, RICHARD. (2000). “Análisis costo – beneficio de la adecuación sísmica de las autoconstrucciones”. *Desastres sísmicos en desarrollo*. Centro de Ingeniería Sísmica CESIS IMME UCV Caracas
- LAHUERTA, JAVIER. (1992). “Cálculo de la fabrica armada”. *Artículo en Informes de la Construcción, Vol. 4, N° 421*. Instituto Eduardo Torrojas. Madrid.
- LAFUENTE, M. CASTILLA, E. Y GENATIOS C. (2000). “Experiencias sobre el comportamiento sísmico de muros de mampostería”. *Desastres Sísmicos en Desarrollo. Centro de Ingeniería Sísmica, IMME, FI, UCV*. Caracas.
- LATINA, CORRADO. (1994). *Muratura portante en laterizio*. Edizioni. Italia
- LAQUIAN, APRODICIO. (1985). *Vivienda básica. Políticas sobre lotes urbanos, servicios y vivienda en los países en desarrollo*. Otawa.
- LÓPEZ DE LUZURIAGA, JORGE. (2002). *Niveles de riesgo manejados en el diseño de instalaciones y servicios*. Mimeo. Trabajo Final Cátedra Diseño y Riesgos. IDEC. FAU UCV. Caracas.

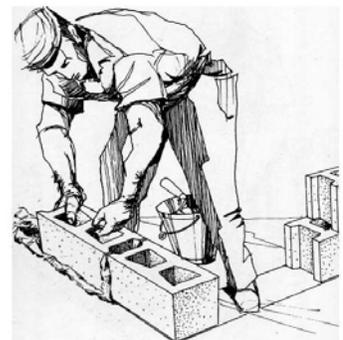
- LÓPEZ, OSCAR, CASTILLA, HENRIQUE Y OTROS. (1986). *Estudios de Mampostería Estructural*. Vivienda 86.
- MARRERO, MERCEDES. (1992). *La mampostería estructural de bloques de concreto*. Tesis de Maestría. IDEC/FAU/UCV.
- MARRERO, MERCEDES. (2002 b). *Tecnología Omniblock. Mampostería estructural de bloques de concreto para la construcción progresiva*. Informe Final Investigación financiada por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CDCH) de la Universidad Central de Venezuela UCV. Mimeo. Caracas.
- MORÍN, EDGAR (1999). *La cabeza bien puesta*. Ediciones Nueva Visión. Buenos Aires.
- MORÍN, EDGAR (2000). *Los siete saberes necesarios a la educación del futuro* FACES UCV / IESALC UNESCO. Caracas
- ORTEGA, ALVARO. (1989). *Prearquitectura del bienestar*. Editorial Escala. Colombia.
- PANARESE, W.C., Kosmatka, S.H. y Randall Jr., F.A. (1991). *Concrete masonry handbook*. Portland Cement Association. USA.
- PARICIO, IGNACIO. (1993). “Armaduras isotropas y chapas de cubiertas”. *Artículo en Revista A&V. No 43*. Madrid.
- PINCHETTI, LUIGI. (1984). *Progettare e costruire con murature in lecablocchi*. Laterlite. Milán..
- SALAS SERRANO, JULIÁN. (1992). *Tecnologías para viviendas de interés social*. Ediciones Escala. Tomo IV. Bogotá. Colombia.
- SÁNCHEZ, CLARA Y OSPINA, Clara. (1990). *Construir con tierra*. Fondo Rotatorio Editorial. Bogotá.
- SOSA, MILENA. (1998). “Uso de materias primas vegetales para la producción de materiales de construcción”. *Artículo Revista Información Tecnológica. Vol. 9 N° 2*. La Serena. Chile.
- URDANETA, ENRIQUE. (1994). *Hábitat para todos*. Fundación de la vivienda popular FVP. Caracas.

PÁGINAS WEB:

- <http://www.bancomundial.org/temas/cities/datos.htm>
- <http://www.cideiber.com/infopaises/Venezuela>

CAPITULO II

De las potencialidades y limitaciones en Venezuela



CAPITULO II.- De las Potencialidades y Limitaciones en Venezuela.-

INTRODUCCIÓN:

Las condiciones generales del contexto de aplicación son complejas, incluyen aspectos culturales, tecnológicos, históricos, económicos, políticos, etc. Para efectos del presente trabajo, se han seleccionado los aspectos particulares que condicionan la aplicación de la MEBCM en Venezuela y permiten la formulación de lineamientos pertinentes y flexibles para su optimización.

En el Capítulo I se expuso el *conocimiento esencial* que caracteriza a la MEBCM, a fin de fundamentar los lineamientos para incrementar la aplicación de la técnica e identificar las interacciones que tienen sus fases de producción, proyecto y construcción. El presente Capítulo, corresponde a su *contexto de aplicación* y tiene por objeto la determinación de las potencialidades y limitaciones que existen en Venezuela para utilizar dicha técnica en la construcción de viviendas de bajo costo. Se desarrolla en cuatro partes: La primera, corresponde a las condiciones generales del contexto de aplicación, incluye aspectos referidos a factores culturales, geoclimáticos y políticas de vivienda. La segunda, se refiere a los elementos determinantes para la producción, tales como características de la industria, normas y mercados. La tercera parte trata lo concerniente al proyecto, incluye la formación profesional, tipos de vivienda y normas. La cuarta parte se refiere a la construcción y estudia los procesos formales, informales y costos comparativos.

De este conocimiento se infieren recomendaciones para el establecimiento de lineamientos dirigidos a los *actores sociales* involucrados en sus procesos, referidos a las fases del ciclo de vida de la MEBCM.

Los lineamientos del contexto de aplicación, condicionan los lineamientos referidos a la técnica, que se desarrollaron en el Capítulo I, y forman parte de la propuesta integral, que se desarrolla en el Capítulo III.

2.1.- CONTEXTO DE APLICACIÓN.-

2.1.1.- Tipo, Tradición Constructiva y Tecnología.-

Las propuestas de materiales y tecnologías para la construcción, además de sus condiciones técnicas, deben incorporar las restricciones inherentes a su coherencia con características culturales, sociales, económicas, del lugar y del uso de las edificaciones. Uno de los factores importantes para la definición de lineamientos para optimizar la aplicación de la MEBCM en cada región, es su compatibilidad con el tipo de vivienda culturalmente aceptada.

La tectónica de la mampostería estructural de bloques de concreto en Venezuela debe ser manejada conforme a la caracterización e identidad de cada región. La idea del *Carácter* conceptualmente, persigue la estructuración de un conjunto de conocimientos que se han venido manejando desde la antigüedad bajo el nombre de *Tipo*, a fin de permitir *entender el principio, esencia, origen* de la arquitectura. Venezuela, por sus condiciones históricas y culturales no pertenece al grupo de países latinoamericanos cuyo legado indígena o colonial representa una fuerte condicionante para su desarrollo posterior, tal como sucede en México, Perú, Cuba, parte del Brasil, etc. Adicionalmente, por su posición frente al Mar Caribe y al Norte de la América del Sur, ha sido punto de encuentro de diferentes culturas, lo que ha marcado el carácter de su nacionalidad, produciendo un absoluto desarraigo a las escasas manifestaciones de su arquitectura tal como se evidencia en la desaparición

de edificaciones con valores históricos que sucumben a una insaciable búsqueda de lucro a través de nuevos desarrollos. Es pertinente resaltar que nuestro país, dentro del continente fue uno de los últimos en constituirse como Capitanía General, ya que las Provincias mantuvieron serios enfrentamientos por mantener su autonomía, y posteriormente volvieron a insistir en la búsqueda de destinos individuales.

Hoy en día la aldea global se hace patente en los medios de comunicación, y las discusiones vía internet, propician un acercamiento a la cultura universal aún mas fuerte que dentro de nuestras fronteras. Sin desconocer el inmenso valor de la cultura universal, se hace necesario establecer un cedazo intelectual que permita hacer uso de un “eclectisismo apropiado” en búsqueda de soluciones pertinentes, de una arquitectura integral provista de sentido común y en respuesta clara a necesidades humanas. Entendiendo por “eclectisismo” el concepto de Diderot en 1775 (Posani, 1966): *“Un ecléctico es un filósofo que menosprecia prejuicios, tradiciones, ancianidad, consenso universal, autoridad y todo lo que subyuga a la opinión de la masa. Es el que se atreve a pensar por si mismo, el que regresa a los principios generales más definidos, los examina, los discute y no acepta sino lo que es evidente para la razón y para su experiencia. Es el que, de todas las filosofías que ha analizado, sin dejarse impresionar por las personalidades y sin parcialidad, se hace una filosofía exclusivamente suya”* esta acepción requiere ser acotada con “apropiada”, en los términos que la maneja Cristian Fernández Cox (1992), como una coherencia espacio/tiempo desagregada, para lograr diversas combinaciones y no congelada dogmáticamente. En el caso de la vivienda de bajo costo, el manejo adecuado de los recursos para proponer soluciones capaces de contribuir a elevar la calidad de vida de los usuarios, es un asunto sustantivo y obligante. La

caracterización de esta arquitectura pasa ineludiblemente por las ópticas del pensamiento universal, nacional y regional, pues en nuestro país pueden apreciarse marcadas diferencias geográficas, climáticas y culturales. Asumiendo la clasificación de caracterización propuesta por Julient Guadet (Comas, 1992), las modalidades genérica estarían constituidas por todos aquellos contenidos simbólicos capaces de trascender las circunstancias particulares de programa y sitio lo cual se realiza por la repetición de soluciones arquitectónicas consideradas emblemáticas, tales como elementos materiales o esquemas compositivos abstractos, y por la reiteración de atributos distintivos del temperamento, paisaje, clima, o modo de vida nacional, teniendo como telón de fondo las capacidades técnicas y los recursos naturales disponibles. Según Guedet, las soluciones emblemáticas son sustantivas y los atributos son complementarios, o adjetivos. Estos factores permiten la obtención de patrones de referencia válidos para propuestas arquitectónicas y tecnológicas con aceptación cultural, que superen la resistencia al cambio. La caracterización también puede conducir a caricaturizar las soluciones propuestas basadas en una apreciación superficial de los atributos de referencia seleccionados sin la necesaria interpretación, ejemplo de ello nos muestra las soluciones de viviendas que adoptan la utilización de columnas prefabricadas tipo colonial en una espacialización fuera de escala, o la minimización de espacios de corredores y porches que suponen una respuesta climática apropiada. El reconocimiento de lo que ha sido denominado “espíritu de la época” y “espíritu del lugar”, en definitiva no es más que la *pertinencia* reclamada por el sentido común y presente en los antecedentes históricos.

El origen de la vivienda en Venezuela, parte de los grupos sedentarios del período prehispánico que se asentaron en los valles centrales, región occidental y área andina,

donde se inició el uso de la tierra como material de construcción. En el período colonial se mezclaron las raíces prehispánicas con los aportes hispanos y africanos. De la Península Ibérica, se recibió la técnica de la tapia, proveniente de los árabes y de África se conoció el bahareque. El uso del ladrillo en sus inicios fue escaso por desconocimiento de la técnica por parte de la mano de obra indígena y negra (Caraballo, 1990).

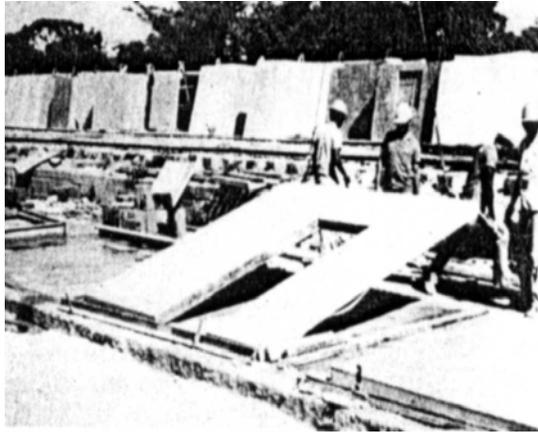
Otra variante, el sistema mixto de tapia con machones o rafas de ladrillo, fue muy utilizado en zonas sísmicas para casas hasta de 2 pisos e iglesias; posteriormente, este sistema fue prohibido en Caracas en 1926, por la Ordenanza de Policía Urbana y Rural, al igual que en otras ciudades, pero tal prohibición tuvo poco efecto. En el siglo XIX aparecieron nuevas tecnologías en la capital, pero se mantuvo el predominio de las construcciones de tierra. A principios del siglo XX, con la introducción de las máquinas para la producción de ladrillos y las mejoras de las vías de comunicación, se popularizó la utilización de este material; sin embargo, continuó utilizándose el adobe. Esta técnica, que tiene sus orígenes aproximadamente 4000 a.C. en la isla de Creta, Mesopotamia, Egipto y el Valle del Indo, se ha encontrado en construcciones alrededor de 3500 a.C. al norte de Perú (Gasparini, 1986). También en México y Centro América, a pesar de su vulnerabilidad sísmica, se utiliza en la actualidad. En Venezuela no se ha registrado su existencia prehispánica. A partir de mediados del siglo XIX, el adobe se utilizó en construcciones de Lara, Aragua, Carabobo, Cojedes, Guárico, Yaracuy, Portuguesa y Falcón. No fue tan frecuente en los Andes, Caracas y la Región Oriental debido al temor a los sismos. Durante el siglo XIX y principios del XX, el adobe fue utilizado en construcciones urbanas de un piso, hasta la aparición del cemento y los bloques de arcilla y de concreto, los cuales comienzan a generalizarse pues, a pesar de su costo, permiten construir cerramientos en

menor tiempo y con mínimo mantenimiento. En Venezuela, ladrillo y adobe son, en cuanto a práctica constructiva y concepto estructural, el antecedente más directo del bloque de concreto estructural industrializado. Éste fue impulsado por la experiencia del Banco Obrero (1920) y del Ministerio de Asistencia Social, que mediante el Programa Nacional de Vivienda Rural (creado en 1958), produjeron cambios en la práctica constructiva que llevaron a la aceptación de nuevos materiales y tipologías.

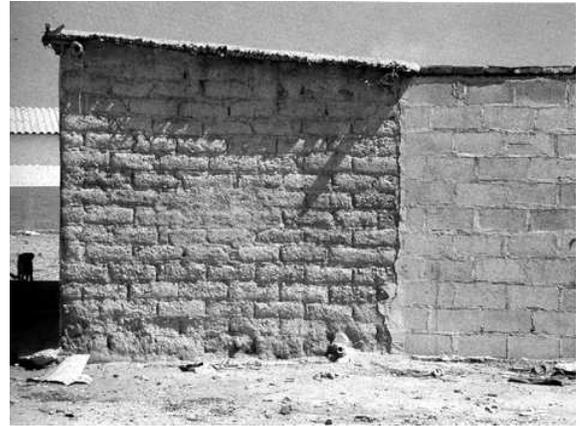
En el caso de la vivienda rural, como lo señala Gasparini (1985), “Todos los habitantes de las viviendas construidas con materiales de recolección que hemos visitado a lo largo y ancho del país, nos manifestaron, sin excepción, la aspiración de tener algún día una casa nueva de bloques. Quienes no la tienen es porque no han podido”. Esta preferencia se debe a que los insumos fueron asociados al elemento ideológico de status social, lo que privilegió la construcción con bloques frente a las tradicionales técnicas de tierra, imponiéndose culturalmente. Sin embargo la tipología no respondía a las diferencias climáticas, al igual que las viviendas urbanas construidas en los años 70, con sistemas prefabricados a base de paneles de concreto. Los procedimientos constructivos de viviendas de finales del siglo XX e inicios del XXI en Venezuela se realizan fundamentalmente con sistemas aporticados de concreto y cerramiento de bloques de arcilla. (GRÁFICO 44)

EVOLUCIÓN DE LA VIVIENDA VENEZOLANA

CAPITULO II
GRAFICO: 44



SISTEMA PREFABRICADO



CONSTRUCCIÓN MIXTA
ADOBE Y BLOQUES DE CONCRETO



VIVIENDA RURAL



VIVIENDA PARAMERA

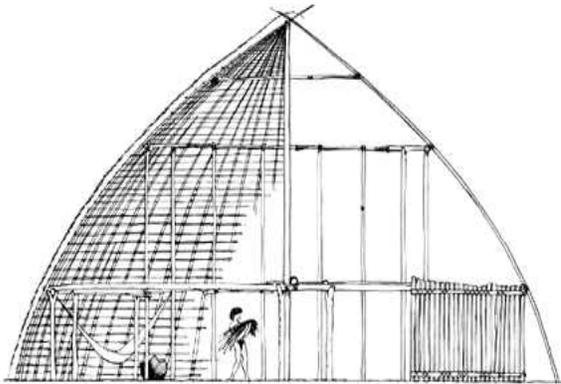
FUENTE: Revista ARQUITECTURA E INGENIERIA. 1972
Gasparini 1982. ARQUITECTURA POPULAR VENEZOLANA
Revista SVA. Nº 19
CONAVI 1993. ENFOQUES DE VIVIENDA

En cuanto a la configuración de la vivienda, la más utilizada en casi toda nuestra geografía, es la de origen hispánico. Entre ellas, las casas con patio han sido construidas en distintas regiones, convirtiéndolo en el recurso más versátil, puesto que permite resolver diferentes problemas tales como la ventilación e iluminación de viviendas en hilera realizadas en parcelas de poco frente, típico del medio urbano. También el patio es utilizado en los climas de altas temperaturas, como fuente de ventilación cruzada, al combinar su efecto con aberturas ubicadas en el perímetro, o tal como lo señala Gerardo Luengo (1985), como fuente recolectora de calor en las casas parameras, debido a que al combinarlo con perímetros cerrados, se forma una burbuja de aire caliente, que al no poder ser sustituida por flujos de aire, contribuye al calentamiento interior de la vivienda.

El patio es el protagonista, por razones culturales, sociales, constructivas y climáticas. Las casas con patio se caracterizan por la disposición de ambientes alrededor de espacios descubiertos privados. Su referencia más antigua son las casas itálicas y los domus de Pompeya y Herculano. Otros tipos semejantes se encuentran en países mediterráneos, de cultura musulmana, India, China, América, donde las condiciones climáticas y sociales han garantizado su permanencia en el tiempo. Otra tipología la constituye la arquitectura indígena, cuyas técnicas, espacialización y respuesta al clima, constituyen un capítulo aparte que se ha mantenido vigente en su lugar de origen y han sido tomados como elementos meramente decorativos cuando son trasladados a otros ámbitos. (GRÁFICO 45)

TIPOLOGÍAS Y CLIMA

CAPITULO II
GRAFICO:45



ARQUITECTURA INDIGENA



CASA TIPICA DEL PARAMO



EL PATIO, ORDENADOR ESPACIAL Y CLAVE CLIMATICA

FUENTE:
Gasparini 1982. VIVIENDA POPULAR VENEZOLANA

2.1.2.- Vivienda y clima.

Así como es importante conocer los antecedentes culturales de las tipologías utilizadas históricamente en cada región de Venezuela como determinante para el diseño de viviendas, sistemas y materiales que puedan ser aceptadas por la población, se requiere conocer las características climatológicas básicas de dichas regiones, para determinar las posibilidades de la MEBC para responder a dichas características. En la Ley de Régimen Prestacional de vivienda y hábitat (2005), se definen en el Art. 13 los parámetros para la vivienda y hábitat dignos, entre los cuales se encuentran el diseño en función del sitio geográfico y lugar cultural, según particularidades locales y la participación de la comunidad en su determinación; la inserción de la vivienda y del asentamiento en la trama urbana; además del cumplimiento de requisitos mínimos de habitabilidad, sanidad, seguridad ambiental, social y estructural constructivo.

Para la determinación de estas particularidades del sitio, se tomó como referencia una clasificación climática (Curiel, 1982) con tres climas extremos, los que sintetizan los rangos de tres tipos de relación entre temperaturas efectivas (TE) y Zonas de Confort (ZC). Entendiendo por TE, las escalas que integran los efectos de temperatura, humedad, variación de aire y radiación y lo refiere a la sensación de frío o calor que siente el cuerpo humano (Wakely en Curiel,op.cit.) y por ZC, el rango de TE donde un alto porcentaje de sujetos manifiesta no sentir frío o calor. Estos rangos permitieron determinar las localidades calurosas, confortables o frías, en función de su temperatura media anual y su relación con la ZC. Con este criterio Curiel define las zonas de de Clima tropical seco, Clima tropical húmedo y Clima montano y señala recomendaciones para el diseño en cada una de ellas que como veremos más adelante, están presentes en las viviendas populares de dichas regiones.

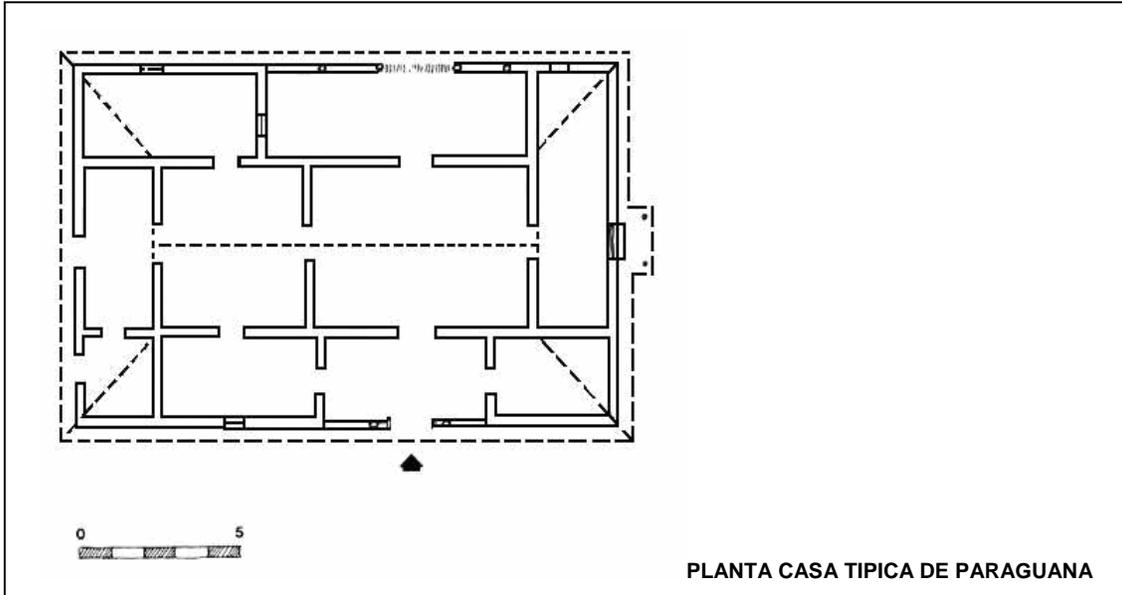
Clima tropical seco (altitud 0-600 m.s.n.m.)

Incluye la Península de Paraguaná, Península de Araya, el Estado Nueva Esparta, Península de la Guajira, islas de Coche y Cubagua, se caracteriza por tener altas temperaturas con rápidas corrientes de aire salitrosas cargadas de partículas de polvo. Su humedad relativa es elevada, y tiene escasa nubosidad, lo que determina una fuerte radiación solar y temperaturas efectivas comúnmente por encima de las zonas de confort, con oscilaciones diarias muy reducidas. La configuración de las edificaciones apropiadas a estas condiciones es la de volúmenes cerrados hacia el exterior y abiertos hacia adentro, con espacios abiertos, sombreados y ventilados. La orientación preferente para las fachadas de mayor longitud es la norte-sur. Se recomienda utilizar elementos para generar sombra sobre techo y paredes, superficies exteriores lisas y blancas, techos altos con aleros, aberturas exteriores escasas, pequeñas y altas y aberturas interiores amplias, bajas y numerosas.

La casa *aislada*, por lo general tiene patio interno con corredores, el cual es tratado como fuente de ventilación, cual se logra con un adecuado tratamiento del perímetro, con extensos corredores en zonas cálidas. Un caso especial en relación a las características espaciales y formales, puede observarse en la arquitectura de Paraguaná, donde además de lo hispánico se asimiló también la cultura holandesa. La organización espacial, está constituida por dos rectángulos, uno inscrito en el otro, con techo a dos o a cuatro aguas, lo que permite la existencia de espacios mayores en el centro y espacios de menor dimensión en el perímetro. En algunos casos, se le agrega un patio rodeado de espacios seccionados dispuestos en torno a él, lo que está relacionado con los antecedentes hispanos. Como respuesta local al clima aparece el corredor perimetral, el cual es utilizado como un filtro, formado por paredes con pequeñas aberturas. (GRÁFICO 46)

VIVIENDA PARA CLIMA TROPICAL SECO
Control climático en viviendas aisladas

CAPITULO II
GRAFICO: 46



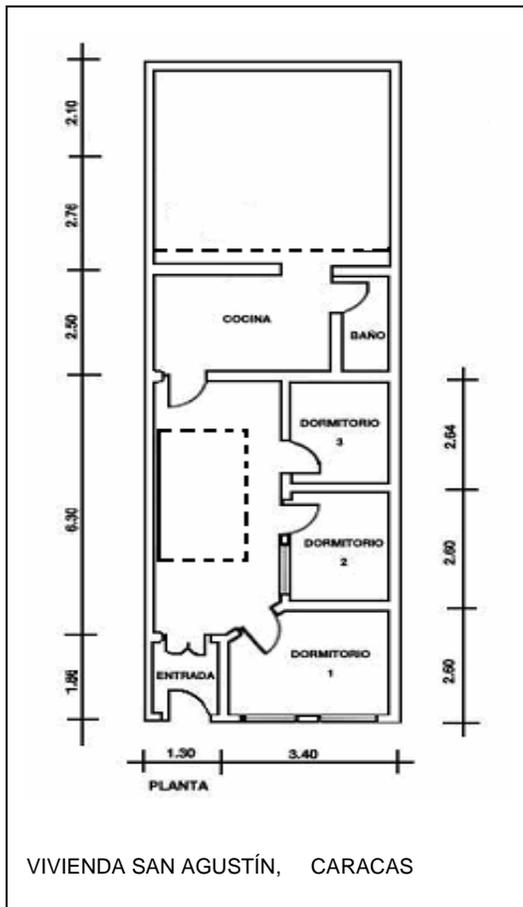
FUENTE:
Gasparini, 1982. ARQUITECTURA POPULAR DE VENEZUELA
CASA EN PARAGUANA <http://images.google.co.ve/>

Clima tropical húmedo (altitud 600 - 1500 m.s.n.m.)

Incluye el sur del lago de Maracaibo, zonas del Estado Amazonas, pie de la Cordillera Andina, Barlovento, parte de los Estados centrales y Estado Bolívar. Tiene altos promedios de precipitación, altas temperaturas, baja velocidad del viento, y elevada humedad relativa. El cielo predominantemente nublado, con temperaturas efectivas dentro o sobre la zona de confort, con variaciones diarias más o menos pronunciadas. Las edificaciones apropiadas son volúmenes abiertos, con continuidad de espacios exteriores e interiores, utilización de elementos que generen abundante sombra y que propicien la adecuada ventilación. Se recomienda el diseño de edificaciones elevadas del suelo, con balcones, corredores, galerías, aleros pronunciados, paredes perimetrales muy permeables, y aberturas a ambos lados de los ambientes. También se utiliza la *vivienda continua*, que se caracteriza por una organización lineal de los espacios, que pueden ser construidos como cerramientos portantes. Estos se relacionan con el exterior a través de uno o dos patios, vinculados con los espacios cerrados mediante el uso de corredores interiores, resueltos con sistema aporticado o aleros para protección ante el clima. Entre las primeras manifestaciones de las propuestas del Banco Obrero, las viviendas de San Agustín (Caracas, 1928), mantienen el esquema tradicional con dos patios y el uso de cerramientos portantes, llevados a dimensiones que permiten su construcción a bajo costo, en forma coherente con su contexto. Otras viviendas de esa época realizadas en el interior del país, no presentan diferencias en su diseño a pesar de las variaciones climáticas; mantienen el esquema de espacios divididos por cerramientos portantes, pero utilizan la modalidad de casa compacta, con patio perimetral o posterior. Las diferencias de clima, solo se evidencian en la ubicación y tipo de las ventanas y en el tipo de materiales tal como vemos en dos proyectos realizados en Maracay, uno con aleros y porche (El Ciruelito) y otro con fachada plana (Urb. Alayón). (GRÁFICO 47)

VIVIENDAS PARA CLIMA TROPICAL HÚMEDO
Control climático en viviendas continuas

CAPITULO II
GRAFICO:47



VIVIENDA URB. EL CIRUELITO, MARACAY



VIVIENDA URB. ALAYON, MARACAY

FUENTE:
INAVI, 1989. 60 AÑOS DE EXPERIENCIA EN DESARROLLOS URBANÍSTICOS EN VENEZUELA

En otros ejemplos ubicados en Maracaibo, se evidencian dos tendencias conceptuales para la respuesta al clima: el partido volumétrico-espacial, utilizado en las viviendas en Bella Vista (1937), y el tratamiento de las aberturas presente en el diseño de las casas de la Urb. Pomona (1954). (GRÁFICO 48)

Clima montano (Altitud 1500-2500 m.s.n.m.).

Incluye la Cordillera de Los Andes, la Cordillera Central, la Sierra de Perijá, Sierras del Estado Amazonas, del Estado Bolívar, montañas en la confluencia de los estados Sucre, Anzoátegui y Monagas. Se caracteriza por tener bajas temperaturas de aire, alta humedad relativa, vientos con velocidad y dirección variable, radiación escasa, nubosidad y temperaturas efectivas por debajo del límite inferior de la zona de confort, con oscilaciones diarias muy pronunciadas. Se recomienda edificaciones constituidas por volúmenes compactos, a fin de reducir la ganancia de calor durante el día y la pérdida de calor durante la noche, los límites de espacios exteriores e interiores deben ser bien definidos, las paredes exteriores deben ser gruesas, rugosas, de color oscuro, para mayor absorción de radiación solar en espacios de uso nocturno, menor altura de techos, las aberturas no requieren de protección solar hacia el este, deben ser pequeñas y altas.

TIPOLOGÍAS PARA EL CONTROL DEL CLIMA

CAPITULO II
GRAFICO: 48



VIVIENDA URB. BELLA VISTA - MARACAIBO



VIVIENDA URB. POMONA, MARACAIBO

FUENTE:

INAVI 1989. 60 AÑOS DE EXPERIENCIAS EN DESARROLLOS URBANÍSTICOS DE VENEZUELA
L.U.Z. APUNTES PARA LA HISTORIA DE LA ARQUITECTURA Y URBANISMO EN MARACAIB
Gasparini, 1982. ARQUITECTURA POPULAR VENEZOLANA

Un comentario aparte lo requiere la *vivienda informal*, en especial en los barrios de ranchos, en las áreas urbanas de las diversas regiones de Venezuela, las cuales se construyen basadas el aprovechamiento máximo de los recursos disponibles, incluyendo la adaptación del terreno para resolver configuraciones poco estructuradas, que pueden generar más de una vivienda, la cual es utilizada en muchos casos para generar una segunda vivienda que puede ser fuente de ingresos. La construcción sigue las prácticas comúnmente desarrolladas en el lugar, con materiales precarios, adaptados al clima mediante métodos intuitivos y sin ningún tipo de asesoría o control de la normativa, lo que representa una de las mayores condiciones de vulnerabilidad ante sismos y deslizamientos, especialmente cuando las áreas se desarrollan en terrenos con pendientes pronunciadas, o con fallas geomorfológicas potenciales como por ejemplo en el caso de Caracas. En este ámbito y dado el arraigo de la mampostería en las formas populares de construcción, se propone la capacitación de la población con relación a la importancia de las normas que garanticen el control de calidad y la sustentabilidad, a las potencialidades y limitaciones de la técnica para la construcción y transformaciones, la adecuada práctica constructiva, en especial en zonas de alto riesgo y las opciones para obtener el asesoramiento previsto en la Ley de Vivienda y Hábitat. Con relación a la producción, el Estado y las empresas productoras deben propiciar la utilización de la capacidad instalada en las regiones que tienen potencialidad y tradición de uso de la mampostería a fin de ofrecer productos de calidad adecuados al uso estructural, que incluya estrategias de comercialización, financiamiento, y transporte que impulse esta actividad productiva. De igual forma, las comunidades organizadas podrán ser capacitadas para manejar pequeñas plantas productoras, siempre y cuando se garantice el adecuado control de calidad a través de programas de asistencia técnica.

En conclusión, valorar la relación cultura / región / tipo, con la tecnología proporciona un medio para la comprobación de la coherencia necesaria entre la producción humana, el lugar en que se inserta y los actores involucrados en los procesos.

En el caso de la MEBCM existe mayor factibilidad de optimizar su aplicación en aquellas regiones de la tradición constructiva de cerramientos portantes iniciada por las tribus sedentarias, que evolucionó y se extendió a lo largo de la geografía, con excepción de las comunidades indígenas aisladas en Zulia y al sur del país.

En cuanto a la tipología de edificaciones como respuesta climática en las diferentes regiones, los recursos volumétricos y espaciales identificados pueden ser construidos conforme a las potencialidades técnicas de la MEBC, y debe incorporar no solo los aspectos de producción del material y la tecnología, sino estrategias que impulsen la utilización de la mano de obra y parque productor de materiales, además de la definición de políticas de vivienda para en las diversas regiones del país que culturalmente tienen tradición de construcción de viviendas con mampostería.

En Venezuela, tanto en la construcción formal como en la informal, es una constante el rol del patio como organizador espacial, la utilización de cerramientos portantes, el uso de mampostería y la consideración del riesgo sísmico, lo que representa una plataforma favorable para la optimización de la aplicación de la MEBCM. Las políticas de incentivo industrial, proyecto y construcción en las regiones cuya tipología arquitectónica y constructiva es coherente con la MEBC, tienen mayor posibilidad de obtener la receptividad de los actores involucrados.

2.1.3.- Consideraciones en zonas de riesgos.-

A lo largo de las últimas tres décadas, la frecuencia y el impacto de los desastres naturales se ha incrementado. Controlar o detener esta tendencia no es fácil, las normas de construcción no se respetan, ni las leyes y ordenanzas de ordenamiento urbano y territorial. Las autoridades y la presión social generada por la pobreza, hace que se instalen y/o expandan comunidades en zonas propensas a terremotos, inundaciones, deslizamientos de tierra, u otros fenómenos naturales. Más de un 80% de la población vive en zonas de riesgo sísmico. Un 45% de las viviendas de bajo costo que se construyen anualmente, son realizadas por el sector informal, sin ningún soporte técnico que garantice su seguridad.

En Venezuela, frecuentemente hacemos abstracción de las condiciones de riesgo del país al realizar reflexiones, leyes, estudios y proyecciones en distintos ámbitos. Sin embargo, las amenazas de origen hidrometeorológico (tormentas, inundaciones), geológico (terremotos, deslizamientos), epidemiológico (cólera, dengue), antrópico (tecnológicos, desórdenes públicos) son recurrentes. (GRÁFICO 49.)

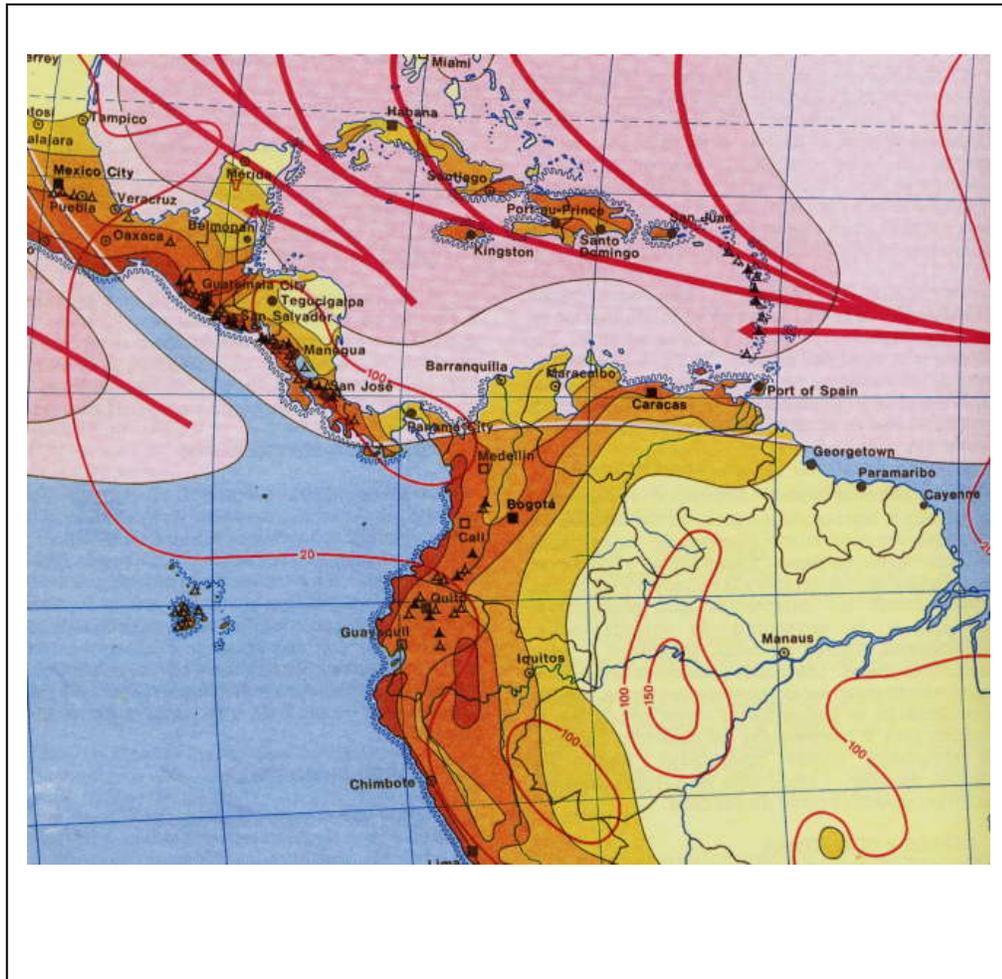
El riesgo de tormentas e inundaciones se origina porque al norte de Venezuela llegan las masas de aire frío que producen lluvias moderadas en enero y febrero. A partir de mayo se desplaza hacia el norte la convergencia inter tropical y a partir de junio, y en especial entre agosto y octubre, existe la posibilidad de ser afectados por los huracanes de la zona del Caribe. *“La recurrencia de grandes tormentas tropicales en las costas de Venezuela es de 15 a 20 años. Una de cada 4 a 6 tormentas, puede alcanzar velocidades de viento tipo huracanado. (118 km/hora o más), éstas tienen períodos de retorno entre 60 y 120 años”.* (Grases, 1994) El riesgo geológico de mayor actividad son los derrumbes y

deslizamientos. Tal como lo señala el informe presentado en Yokohama, Japón en las áreas de población marginal de Caracas los deslizamientos de tierra y derrumbe producen un promedio de 25 muertes/año. Esta cifra de víctimas anuales en Caracas, es equivalente a la cantidad de víctimas en el mismo lapso en todo el territorio de los Estados Unidos (Shangrey, 1985, en DIRN 1994). En cuanto a los terremotos, Venezuela es un país de moderada actividad sísmica. Sin embargo, 1/3 del territorio está sujeto a ella. La sismicidad se concentra en una faja estrecha que conforma el contexto geodinámico del Norte de Venezuela, el 80% de la población vive en zonas de riesgo. La región de la Costa Norte y la Occidental, están incluidas en la zonificación sísmica como Zonas de Alto Riesgo, y en efecto, han sufrido los rigores de muchos terremotos cuyas consecuencias sobre las construcciones y la población se han registrado históricamente. Durante los últimos cinco siglos, la región de los Andes y Occidente, y la Costa Norte, han sido afectadas por numerosos eventos sísmicos, algunos de los cuales han sido sumamente destructivos, causando daños sobre las edificaciones y pérdida de las vidas humanas. En Venezuela, la mayoría de las veces, los daños originados por los desastres naturales sobre las edificaciones provienen de la actividad sísmica.

Los riesgos epidemiológicos vienen dados por las inundaciones que están asociadas a epidemias tales como dengue, paludismo, etc., el inadecuado manejo de la basura y en general, condiciones de insalubridad. Por último, el riesgo antrópico incluye tanto aspectos tecnológicos producto de una inadecuada planificación urbana y medidas de control, como el de los brotes de violencia social típicos de las situaciones conflictivas de nuestros países.

AMENAZAS HIDROMETEOROLÓGICAS Y SÍSMICAS

CAPITULO II
GRAFICO:49



FUENTE:
Munchener, 1978 en OEA 1993. MANUAL SOBRE EL MANEJO DE PELIGROS NATURALES EN LA PLANIFICACIÓN PARA EL DESARROLLO REGIONAL INTEGRADO

El mayor impacto de los terremotos ocurre sobre las edificaciones de construcción precaria, esto se debe principalmente a que son edificaciones frágiles, construidas generalmente en terrenos inestables con sistemas constructivos sin refuerzos estructurales. Esta condición es particularmente importante si consideramos que el proceso de urbanización de Venezuela ha sido violento y actualmente, cerca de un 45% las viviendas de bajo costo que se construyen anualmente, son realizadas por el sector informal, lo que aumenta los riesgos. (GRÁFICO 50)

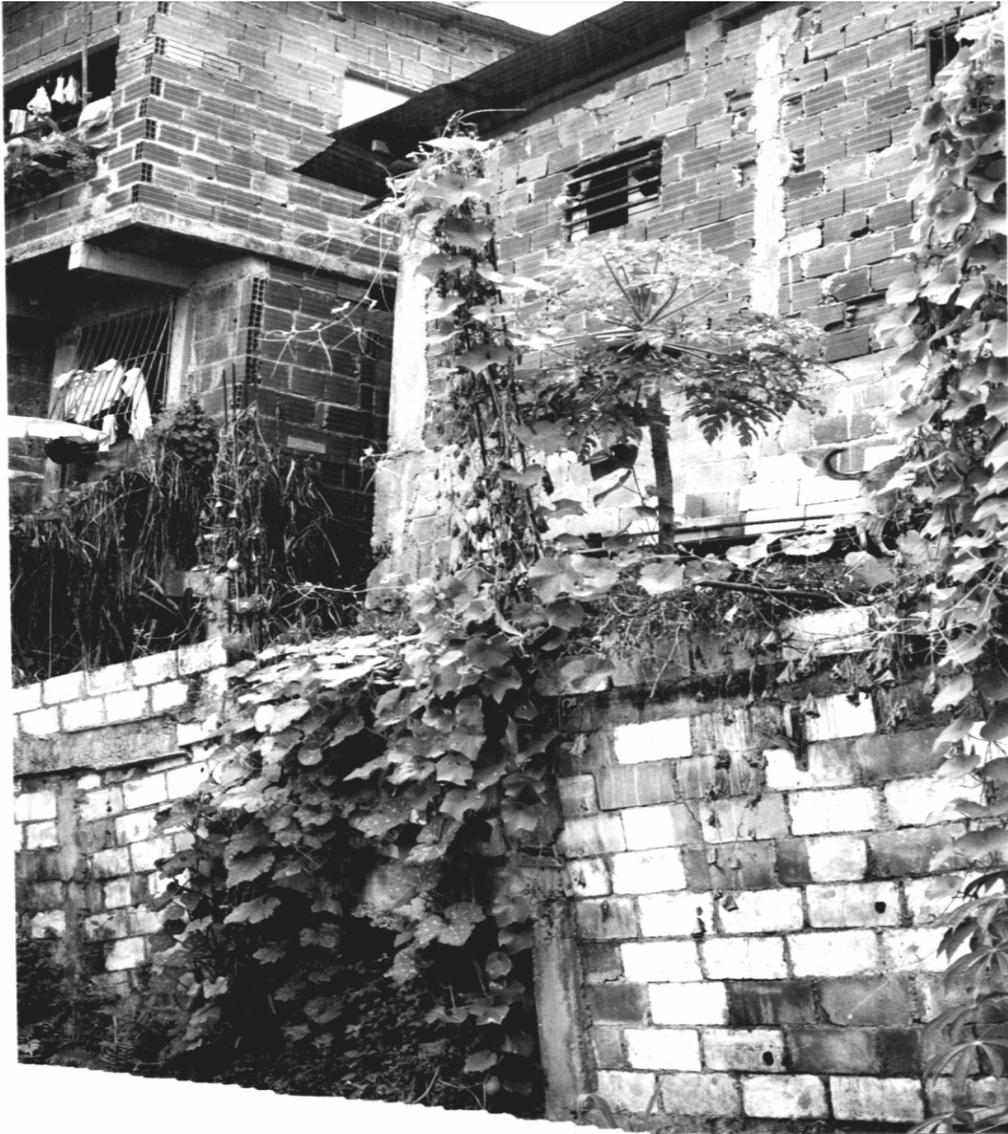
Es importante señalar que la Ley del Régimen Prestacional de Vivienda y Hábitat, (2005), incluye en la descripción de los requerimientos de las viviendas *la seguridad y la sustentabilidad* y que en el Art. 232, que corresponde a los *Tipos de actuaciones de carácter habitacional*, se establece *la Atención habitacional para situaciones de contingencias. y el Tratamiento correctivo o preventivo en zonas de riesgo*. También el Art. 233 se refiere a las actuaciones habitacionales para situaciones de contingencias. En él se define que El Ministerio de Vivienda y Hábitat es el órgano responsable de planificar, dirigir y coordinar todas las actuaciones habitacionales orientadas a suministrar alojamiento a damnificados por desastres naturales o emergencias derivadas de otras causas, cuyas dimensiones en sus consecuencias rebasen las posibilidades de los organismos locales. Otro elemento importante señalado en el mismo Artículo es que se evaluará la factibilidad de diseñar y construir edificaciones destinadas al albergue provisional de familias damnificadas. Previéndose que las edificaciones serán de arquitectura sencilla y estarán dotadas de los servicios mínimos requeridos, pudiéndosele dar una utilidad de servicios públicos, cuando no sea necesaria su utilización.

VIVIENDAS Y RIESGO

Prácticas constructivas fuera de control y normativa

CAPITULO II

GRAFICO: 50



FUENTE:

Marrero M., Márquez A. (2004) CARTILLA TECNOLOGÍAS PARA PREVENIR Y MITIGAR DESASTRES EN ZONAS DE ALTO RIESGO. I

Sin embargo el Art. 235 referido a los Parámetros de la vivienda y hábitat dignos, no menciona las amenazas como parámetros de diseño, incluyéndose sólo la consideración de las condiciones físico naturales del emplazamiento, geología estructural y litología, clima, geomorfología y las del ambiente modificado, derivado de la identidad cultural e histórica del sitio. Todos estos aspectos pueden contribuir a establecer estrategias de prevención y mitigación como parte de la planificación general de viviendas, en forma concertada con el sistema de Protección Civil Nacional y los demás organismos involucrados con el hábitat, la educación y la salud.

2.1.4.1.- Las amenazas como variables de diseño:

Las amenazas y la vulnerabilidad son variables ineludibles de diseño. Para evaluar las amenazas, no se cuenta con métodos precisos, ya que la complejidad de los sistemas hace imposible su modelaje. Por tanto, se recurre a métodos probabilísticos y a análisis del comportamiento físico de la fuente generadora, realizando investigaciones históricas que permitan algún tipo de modelado, tal como la estimación de períodos de retorno y características del evento. Estos datos permiten orientar la toma de decisiones en cuanto al establecimiento de umbrales de riesgo aceptables y no aceptables, en función de la relación costo beneficio que implica la mitigación de riesgos. Para evaluar la vulnerabilidad nos encontramos con dos escenarios, uno menos complejo, referido a la vulnerabilidad técnica, y otro referido a la vulnerabilidad social, conformado por las personas, recursos y servicios que pudieran ser afectados. Las evaluaciones corresponden a equipos multidisciplinarios que por ejemplo estén en capacidad de evaluar la capacidad de una edificación para soportar un terremoto y el conocimiento y capacidad de una comunidad para actuar en caso de que la emergencia se produzca.

2.1.4.2.- Mampostería estructural en zonas sísmicas.-

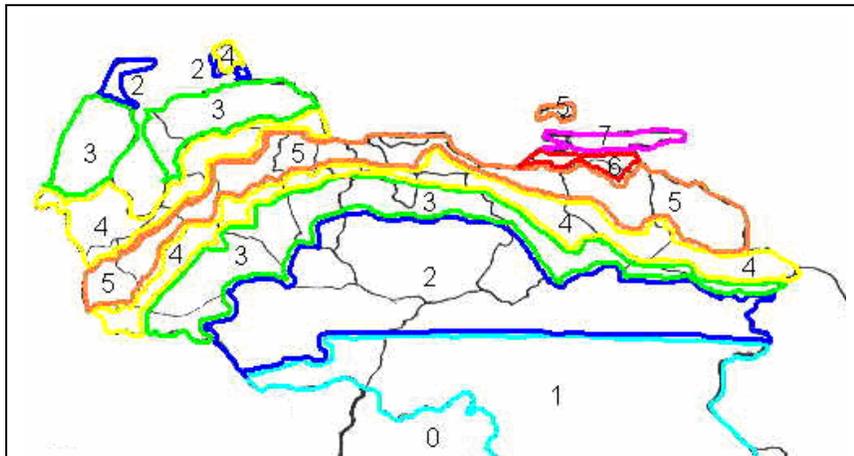
El diseño, producción, montaje y reciclaje de componentes y materiales constructivos, requieren la consideración conceptual de los riesgos como determinantes, más allá de la aplicación de normas. En el caso de la MEBCM debido a que implica la producción, transporte y construcción con base en pequeños componentes, es especialmente importante el control de calidad en todas las etapas. Se requiere considerar la zonificación de áreas de riesgo sísmico, el peso de las edificaciones, su condición de estructura poco flexible, y las características del suelo. Las estructuras rígidas son apropiadas para ser construidas en suelos blandos, evitando el efecto de resonancia al tener períodos de oscilación diferentes. Sin embargo, se debe tener especial cuidado pues la presencia de suelos inestables, con excesiva humedad, arcillas expansivas, etc., pone en peligro la estabilidad de la edificación, ya que por su condición de cerramiento portante y rígido, no admite asentamientos diferenciales en el terreno. En Venezuela estas consideraciones son especialmente importante para efectos de la posible utilización de la MEBCM, ya que el 80% de la población se encuentra en zonas sísmicas (GRÁFICO 51) y éstas coinciden con la ubicación de un alto porcentaje de suelos arcillosos (Márquez, 2002). Es recomendable limitar la altura de las edificaciones para reducir su peso. En el Terremoto de Cariaco al oriente de Venezuela, ocurrido en julio de 1997, (Alonso 1999), se ratificó la ingerencia de las condiciones del suelo en la respuesta estructural, acentuada en los casos en que el período fundamental de vibración de la edificación, es próximo al del suelo. Se pudo observar que viviendas construidas con bahareque se mantuvieron en pie, mientras que otras de forma idéntica pero fundadas en terreno blando, se derrumbaron. Sin embargo, en los mismos suelos blandos, edificaciones rígidas conservaron su integridad. Otro aspecto a considerar en el análisis es la configuración de los edificios, pues los cambios bruscos de rigidez

en planta y elevación, produjeron deformaciones torsionales, que fueron el común denominador en dos edificios derrumbados y uno severamente lesionado, al girar la edificación en torno a un cuerpo de mayor rigidez. De igual forma se ratificó la siniestralidad del efecto “columna corta” tanto en los tanques elevados en las azoteas de los edificios, como en las confinadas por paredes de menor altura. Otra causa de fallas estructurales fueron los vicios constructivos, tales como anclajes insuficientes, poco o excesivo recubrimiento del acero, concreto deficiente, conexiones metálicas insuficientes, y detalles de losas nervadas simplemente apoyadas sobre las vigas de concreto, sin ninguna conexión.

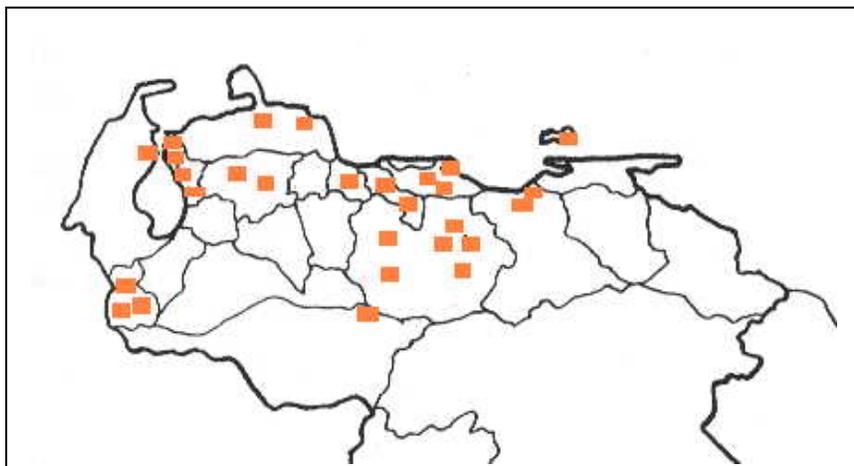
Los lineamientos establecidos en el Capítulo I referidos al tema sismo resistente de la mampostería deben incorporar en Venezuela la necesidad de instauración de normas para las fases de proyecto y construcción y de mecanismos de control para las normas de producción, además de capacitación técnica a los actores de dichos procesos y diseño de campañas de información a los usuarios sobre el tema, a fin de que exijan el cumplimiento de los controles de calidad.

DISTRIBUCIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS Y CON AMENAZA SÍSMICA

CAPITULO II
GRAFICO: 51



SISMICIDAD EN VENEZUELA



SUELOS ARCILLOSOS

FUENTE:

Márquez, A. 2002, COMPONENTE ALVEOLAR PREFABRICADO DE CONCRETO PARA PLACA DE FUNDACIÓN SUPERFICIAL.

2.1.3.- Políticas de Vivienda.-

En la publicación de textos del Arquitecto Carlos Raúl Villanueva realizado por la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela (1980) podemos encontrar algunas reflexiones, que a pesar de corresponder a los mediados de los 60, revisten total actualidad: *"Cuando tomemos en cuenta el déficit de 800.000 viviendas estimado para este momento, continuaremos sintiéndonos abrumados e impotentes si esperamos que la solución a plazo corto corresponde tan sólo a unos pocos, y sólo lograremos superar esta situación cuando se haga efectiva la participación de toda la población hasta el máximo de sus posibilidades y esfuerzos"...* *"En mi país, los problemas que plantea el subdesarrollo y el crecimiento de la población, así como el sentido más elemental de justicia social, imponen primeramente una visión cuantitativa del objeto arquitectónico"*. Esta visión cuantitativa, que en ese momento estuvo enfocada en las propuestas de post guerra referidas a la prefabricación, signó una actividad que desatendió otros valores que también estaban a la vanguardia, pero se aplicaban a otro tipo de objeto arquitectónico, tal como lo refiere el mismo Villanueva: *"La arquitectura depende mucho más de la determinación del contenido que de la búsqueda solamente constructiva o formal. El contenido para nuestros arquitectos expresa la esencia funcional y humana de los edificios: la forma y el carácter varían en el curso de la historia y dan a cada obra su filosofía particular o su forma"...* En el siglo XXI ambos planteamientos siguen representando el mayor reto a los actores relacionados con la construcción del hábitat.

La Modernidad en América Latina encuentra a los Arquitectos en una particular situación de emergencia, donde se ha producido un proceso de urbanización proveniente de migraciones internas y externas, que obligó a emprender una acción de respuesta masiva (Santa María, 1992). El impacto de contrastar las herramientas disponibles para la práctica proyectual hasta

esa fecha con los requerimientos reales del momento, los impulsó a recurrir a otras fuentes del mundo de la Política, las Ciencias Sociales, y el Urbanismo, y produjo como resultado que la estructura del Estado asumiera esta responsabilidad e iniciara la ejecución de programas masivos. Sin embargo, estas políticas en algunos casos incurrieron en una excesiva producción de viviendas multifamiliares con relación a otros tipos alternativos de vivienda, las cuales frecuentemente fallaron por carecer de “sintonía” con las expectativas de la demanda (Nicolescu en Cilento 1999); en Venezuela este fenómeno se produjo debido al desbalance entre una oferta de vivienda indexada a la inflación y una demanda cada vez con menos disponibilidad para su adquisición (Cilento, op.cit).

El proceso de gestión de viviendas públicas surgió a través del Banco Obrero a partir de 1928, que pasa a ser el Instituto Nacional de la Vivienda a partir de 1975; en este mismo año se crea al Fondo Nacional de Desarrollo Urbano (FONDUR), así como el Programa de Vivienda Rural adscrito al Ministerio de Sanidad y Asistencia Social. Estas propuestas ofrecieron soluciones de vivienda terminada donde el Estado asumía parte de los costos para hacerlas asequibles. La presión de la oferta a partir de 1978, dio origen a un nuevo paradigma que planteaba soluciones sobre el esfuerzo de los propios ciudadanos para producir viviendas y mejor calidad de vida urbana. Hacia los años setenta, la práctica del oficio se refugió en busca de métodos de diseño, y los arquitectos se dejaron seducir por el conocimiento de la sociología, la antropología, la economía y la psicología, abriendo las puertas a los trabajos interdisciplinarios que a su vez se reflejaron en el mundo académico a través de modificaciones curriculares que incluyeron asignaturas de contenido ambiental y social. La escala del problema se trasladó a las fronteras del urbanismo dándonos un ámbito más amplio para considerar las propuestas, pero generando un abandono paulatino hacia el interés por el estudio de la vivienda, aún teniendo una mayor

comprensión del problema. Otra desviación se generó por la sobrevaluación del bolívar, lo cual produjo la importación de maquinarias y tecnología que en muchos casos, correspondía a otras realidades, y cuya producción no pudo ser sostenida en el tiempo (Cilento, 1999). Muchas de ellas no contemplaban factores como el clima, la sismicidad o la coherencia con patrones tipológicos culturalmente aceptados. La devaluación y crisis subsiguiente en los años 70 - 80 produjo el choque necesario para volver a mirar hacia adentro.

A partir de 1978 y en especial en 1983, se produjeron cambios desfavorables en la economía, con grandes fluctuaciones en los indicadores de inflación, tasas de interés, PIB y deterioro del salario. Entre 1983 y 1995, la devaluación de la moneda fue de 5349%, es decir, un promedio de 446 % anual (ibid), lo que incidió negativamente en las posibilidades de éxito de las políticas de vivienda del Estado y su producción real. Por tanto, los subsidios debieron ceder el paso al financiamiento con tasas de interés similares a las del mercado para las viviendas para la clase media y asumir el subsidio directo a las familias de menores recursos, destinándose el mayor esfuerzo a rehabilitar barrios pobres existentes. En los ochenta y los noventa, el interés por obtener soluciones habitacionales utilizando tecnologías importadas fue suplantada por otra visión reduccionista, que propuso como reto la disminución de costos mediante la reducción de áreas, de calidad, de durabilidad y en definitiva, logró sólo una “aparente mejoría” en la calidad de vida de los usuarios, demostrando algunos autores, su potencialidad para crear severos problemas de orden psicológico (Vivas, 1997). En consecuencia, existe un parque habitacional producido por el sector formal de la construcción que lejos de propiciar una mejor calidad de vida para sus ocupantes, son testimonio de una realidad no comprendida, que produce el rechazo de sus moradores, muchos de los cuales manifiestan añoranza de algunas de las características de viviendas producidas por el sector informal (Wiessenfeld, 1995).

Otro elemento importante en las políticas de vivienda es la descentralización a partir de 1989, mediante las leyes de Descentralización, Delimitación y Transferencia de Competencias del Poder Público y de Elección Directa de Gobernadores, lo que ha dado lugar a la creación de los Institutos Regionales de Vivienda, que son una vía más apropiada para aplicar los programas de vivienda de tipo participativo, impulsado, a través del Consejo Nacional de la Vivienda. Posteriormente se promulgó el Decreto con rango y fuerza de Ley que regula el Subsistema de Vivienda y Política Habitacional (Decreto 863, 2000), que fue sustituida en el 2005 por el Ministerio de Vivienda y Hábitat, creado para integrar las funciones que había venido realizando el Consejo Nacional de la Vivienda (INAVI), el Instituto Nacional de la Vivienda (INAVI), Fondo Nacional de Desarrollo Urbano (FONDUR), la Fundación para el Equipamiento de Barrios (FUNDABARRIOS), la Fundación para el Desarrollo de la Comunidad y el Fomento Municipal (FUNDACOMÚN), C.A. Construcciones para Viviendas del Metro (CAVIMETRO), Desarrollos Urbanos de la Costa Oriental del Lago S.A. (DUCOLSA), el Centro Rafael Urdaneta S.A (CRUSA), la Promotora de Diseño Urbano de la Región Zuliana C.A. (PRODUZCA) y el Banco Nacional de Ahorro y Préstamo (BANAP), así como el Servicio Autónomo de Fondos Integrados para la Vivienda (SAVIF) y el Servicio Autónomo de Vivienda Rural (SAVIR). El Ministerio “tiene por objeto la regulación, formulación, ejecución, seguimiento y evaluación, de la política integral del Estado en materia de vivienda y hábitat, en coordinación con los demás organismos y entes de la Administración Pública Central y descentralizada” (Decreto 3570, 2005). Incluye la coordinación de organismos adscritos, manejo y ejecución de fondos, adjudicación de viviendas, recuperación de préstamos, organización de asentamientos de las comunidades, equipamiento y uso de la tierra urbana. La función de órgano coordinador, tiene como reto reforzar la descentralización, optimizar los recursos y procedimientos, lo cual deberá evaluarse a futuro.

En cuanto a los programas de vivienda, se realizan siguiendo básicamente dos tendencias: como unidades terminadas, o como unidades básicas para crecimiento progresivo, cuyo crecimiento y consolidación se ejecutan según la disponibilidad de recurso de los usuarios. Esta estrategia permite obtener a largo plazo, una vivienda de dimensiones y condiciones aceptables con una inversión inicial reducida.

En el Capítulo III, De la vivienda de la Ley de Régimen Prestacional de Vivienda y Hábitat (2005), se establece en el Art. 234 que el diseño de las viviendas debe responder a las características ambientales y culturales de los distintos lugares del país y que los entes públicos o privados productores de viviendas deberán diversificar sus proyectos de viviendas, en atención a la sustentabilidad y de acuerdo a las características locales geoambientales, culturales, sociales, la utilización de recursos locales, el ahorro energético, la gestión de residuos y desechos, y la participación de la comunidad. Lo reciente de la Ley impide emitir juicios acerca del impacto que podría producir la incorporación de estos parámetros en la calidad de los futuros asentamientos, pero en todo caso hasta el momento, lo que se ha hecho totalmente evidente, es la pérdida casi total de la eficiencia y capacidad del Poder Nacional, para enfrentar el problema de alojamiento de la población. Las políticas expuestas deben ser vistas como marco para el desarrollo de estrategias impulsadas por el Estado hacia el Sector Industrial mediante programas de financiamiento, creación de mercados, y en general estímulos para la producción y utilización de bloques de concreto a nivel regional y local, con un estricto control de calidad que permita su incorporación como material seguro, de producción constante y precios competitivos, para lo cual deberán preverse mecanismos de activación de la construcción con visión estratégica que incluya a todos los actores involucrados. Por otra parte, también se determina la modalidad de proyecto y construcción de las viviendas, en

correspondencia al tipo *terminada* o *progresiva* según los diferentes Programas, lo que exige la modificación de los enfoques de diseño de edificaciones del hábitat popular y de su proceso constructivo, y hace imperativo que se incentive el interés y conocimiento de los profesionales hacia este tipo de viviendas, a través de las universidades y otras asociaciones.

2.2.- ASPECTOS PRODUCTIVOS.-

2.2.1.- El bloque de concreto en Venezuela. Antecedentes:

La mampostería estructural de bloques de concreto es una tecnología en la que prevalece el empleo de la mano de obra por encima del uso de maquinarias. La producción de sus componentes conjuga las ventajas de su posible producción artesanal con poco consumo de energía, conjuntamente con la existencia de plantas con un alto nivel de industrialización y con un mayor control de calidad. Este alto grado de industrialización se observa en la producción de otros materiales y productos asociados a la construcción de muros de mampostería, tales como cabillas (barras), mallas, perfiles y tensores de acero, cemento y agregados, además de los materiales y componentes que constituyen revestimientos y acabados.

La producción del cemento está en estrecha relación con las empresas productoras de bloques y otros materiales tales como tuberías de concreto y prefabricados, que constituyen un mercado seguro para su producto. Venezuela inicia su tradición como productor de cemento en 1907, con la fundación de la C.A. Fábrica Nacional de Cementos, luego denominada Cementos La Vega y actualmente, Cementos Lafarge - La Vega. Esta industria se mantuvo con su primera planta como única fabricante hasta 1940, cuando se fundó Cementos Carabobo C.A.. En 1944, inició sus operaciones Cementos Táchira. En 1945, se instaló en las afueras de Barquisimeto C.A. Venezolana de Cementos, Vencemos Mara, comenzó a producir en 1947. La primera planta en el mundo dotada de turbinas de gas para generar energía eléctrica arrancó en 1949

en Pertigalete, Estado Anzoátegui. En 1953 se inició Cementos Coro y entre 1965 y 1970, se instaló una nueva planta de Consolidada de Cementos en San Sebastián de los Reyes. En el sur del país, se instaló en 1970 la primera planta venezolana de cemento Pórtland Escoria, producido por la Empresa Cementos Guayana, en la planta Los Caribes, a partir de escoria de los hornos de la Siderúrgica del Orinoco SIDOR. En esa misma fecha, la C.A. Fábrica Nacional de Cementos instaló su segunda planta en Ocumare del Tuy. En 1979 entró en producción Cementos Caribe, con la planta en Puerto Cumarebo, Estado Falcón. Actualmente esta Empresa es filial de del grupo suizo Holderbank. En 1980 inició operaciones Cementos Catatumbo C.A., en el Estado Zulia y en 1982, comenzaron las actividades de Cemento Andino, en el Estado Trujillo. La red de suministro de cemento propicia la producción de bloques de concreto tanto de manera industrializada, como en forma artesanal. Esta última fue impulsada mediante una campaña de capacitación del INCE en los años 50 y por la demanda de los programas de vivienda rural.

Respecto a la producción industrializada de bloques de concreto en Venezuela, no se han ubicado hasta la fecha referencias precisas de sus inicios, pero hay registros de que en el año 1946 se creó en el Banco Obrero (hoy Instituto Nacional de la vivienda, INAVI) la Sección de Materiales, con el fin de facilitar los mecanismos para adquirir y supervisar la adquisición de los materiales con los cuales se dotaría a los constructores. Entre sus objetivos destacan:

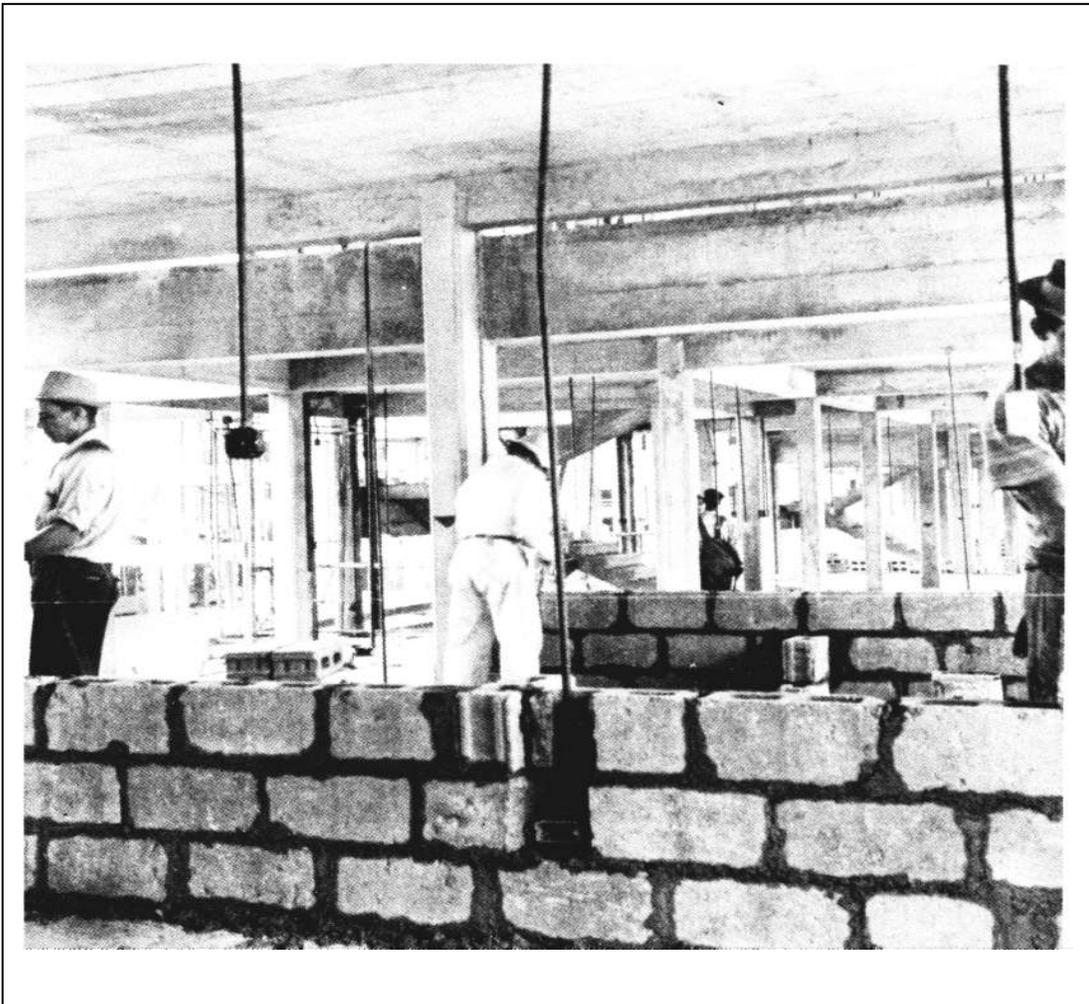
1. Tratar de establecer cierta uniformidad en los materiales, lo que comenzó por un estudio para estandarizar las medidas de los ladrillos.
2. La sustitución de materiales importados por nacionales.

Este último aspecto trajo como consecuencia el paso acelerado de una industria artesanal, a una más tecnificada y la expansión de las industrias relacionadas con la construcción debido a

la demanda, lo que produjo en el período entre 1946 y 1948, una sustitución de materiales del 61 % (INAVI, 1989). Inferimos que el inicio de la producción industrializada de bloques de concreto corresponde a esta época, ya que en el concurso para el proyecto de El Silencio el Arq. Carlos Raúl Villanueva señala en la descripción de su propuesta en 1942 (De Sola, 1987): “la construcción será de tipo mixto, estructura de concreto armado y espacios intermedios de ladrillos tubulares, o algún material liviano aislante al calor...”. Una vez ganado el concurso, se realiza la construcción entre 1942 y 1945, y se utilizan bloques de concreto para las paredes, lo que es muy significativo por ser la mayor obra construida en el período señalado, en el área de la vivienda. (GRÁFICO 52). El Bloque de concreto es uno de los componentes constructivos más utilizados por su accesibilidad, economía y fácil manipulación. Es utilizado principalmente en la construcción informal como cerramiento, aunque el bloque de arcilla es más popular en nuestro país. La producción del bloque de concreto puede realizarse tanto en plantas de alta tecnología como mediante procesos artesanales y los insumos requeridos se encuentran en todo el territorio nacional. Es un material competitivo frente a otros componentes utilizados en mampostería para la construcción de viviendas populares, como lo son el bloque macizo y el bloque aligerado de suelo cemento, ya que se ha demostrado (Acosta 2000) que el bloque de concreto consume menor cantidad de materiales para su elaboración, (aproximadamente el 18% del volumen de material suelto que requiere el bloque macizo y el 50% del volumen que requiere el bloque aligerado), y tiene menor peso por m² de vivienda (aproximadamente el 33% del peso de los bloques macizos y el 75% de los bloques aligerados), con una resistencia entre 40 y 50 kg/cm². Sin embargo, en Venezuela la calidad de producción no está controlada a nivel nacional a pesar de la existencia de normas.

APLICACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO

CAPITULO II
GRAFICO: 52



UTILIZACION MASIVA DE BLOQUES DE
CONCRETO EN LA CONSTRUCCION DE LA
URBANIZACION EL SILENCIO

FUENTE:

De Sola, R.. 1988. LA REURBANIZACIÓN DEL SILENCIO.

Tradicionalmente ha sido más utilizado en nuestro país el bloque de arcilla que el de concreto, pues aparentemente había una diferencia de precio y peso; luego de la aparición del bloque liviano en el mercado, las condiciones reales han variado, aún cuando culturalmente continua en la mayor parte del territorio nacional, la preferencia por el bloque de arcilla. Si tomamos como referencia los precios de bloques de 10 cm y consideramos que para construir 1 m² de pared se requiere 16.6 bloques de arcilla y 12,5 bloques de concreto, podemos observar que el costo de los bloques de concreto liviano requeridos para la construcción de esa área de pared es Bs, 4.475, mientras que el costo de los bloques de arcilla es Bs. 3.910 (-13 %) y el de los bloques de concreto pesado es Bs. 3.812 (-15%) (www.ventools.com/, enero 2005). Algunas investigaciones demostraron (Castilla y López. s/f). que la máxima desviación estándar en la dimensión menor de bloques de concreto liviano, registrada experimentalmente en 310 muestras fue de 0,62, mientras que la observada en la muestra de bloques de arcilla, alcanzó 1,92. Esto supone que para lograr un acabado regular en las paredes construidas con bloques de arcilla, se requiere un friso cuyo peso es de 14,82 Kg. para 1 m² de pared, mientras que para el caso de la pared de bloques de concreto liviano, el peso es de 6,41 Kg. En consecuencia, el peso final de una pared de 15 cms de ancho construida con bloques de arcilla, puede resultar un 40 % mayor que el de una pared de bloques de concreto liviano. En el caso de paredes de 10 cms, el exceso de peso en paredes de arcilla resultó un 29 % mayor que la pared de concreto liviano. Por tanto, a los efectos del costo definitivo de las paredes frisadas, resulta más económica la de bloques de concreto liviano y su menor peso repercute en el costo total de la edificación.

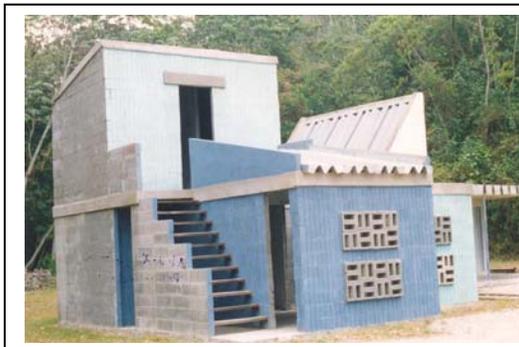
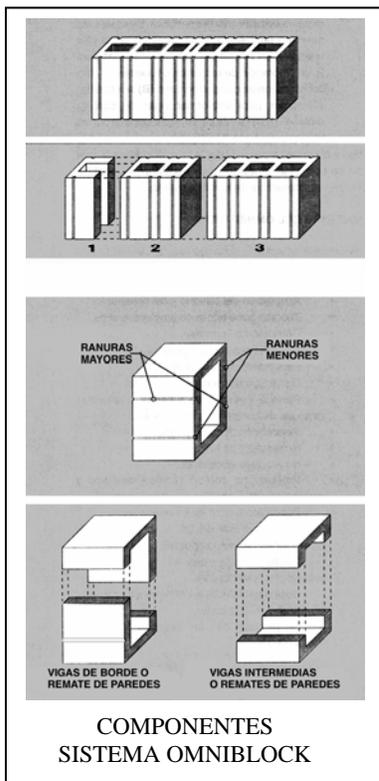
2.2.1.1.- Bloques comerciales y productos de investigación.-

Los bloques de concreto que se producen en el país son de tres huecos, generalmente con una de las caras selladas por una delgada capa de concreto. Su forma es de paralelepípedo de base

rectangular, con caras lisas o con molduras en las caras laterales, cuyo acabado depende de la calidad de los materiales y del proceso productivo. Aún cuando en los catálogos de las empresas se ofrece el medio bloque, solo se comercializa el bloque entero, cuyas dimensiones nominales son 29 cms. de alto, 39 de largo y opciones de ancho de 10, 15 y 20 cms. Se producen pesados y livianos, éstos últimos sustituyen la arena o parte de ella con un agregado de cerámica microporosa denominado Aliven. También se producen bloques de concreto conocidos como “tipo gaveta” que son utilizados para construir losas de techo con nervios prefabricados, denominada “Losa Moderna”. Otros tipos de pieza son los bloque viga y los de ventilación, los cuales se producen fundamentalmente por medios artesanales. Es importante mencionar la labor de investigación realizada en universidades que han dado lugar a componentes y nuevas formas de construcción, que pudiesen representar avances en la práctica constructiva popular. Muchos de estos esfuerzos no logran materializar su presencia en el mercado, debido a la resistencia al cambio, a 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. Un ejemplo es la tecnología OMNIBLOCK, desarrollada a partir de un trabajo de grado de maestría del Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción –IDEC- de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela (Marrero 1992). Se propone un sistema abierto formado por dos bloques que, por transformación, generan diversos tamaños y piezas para todas las situaciones constructivas de la edificación (paredes, losas de entepiso, techos, vigas, bloques de ventilación), disminuyendo los desperdicios y facilitando el proceso de crecimiento y consolidación de la construcción. A pesar de haber sido merecedor de numerosos premios, el producto aún no ha entrado en el mercado. (GRAFICO 53)

PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

CAPITULO II
GRAFICO: 53



FUENTE:

Marrero, M. 1996. INFORME INVESTIGACIÓN MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL
IDEC FAU CDCH UCV

2.2.2.- Capacidad Instalada.-

La cantidad de industrias productoras de bloques de concreto en Venezuela es 7,8 veces mayor que las industrias productoras de bloques de arcilla, según la investigación “Proyecto 4. Materiales, componentes y técnicas constructivas para viviendas de bajo costo en Venezuela” (UCV,LUZ,ULA,UNET,1999). Este trabajo registra 515 empresas productoras de bloques de concreto. Este dato es significativo desde el punto de vista de la competitividad si consideramos que se registraron sólo 66 productoras de bloques de arcilla, siendo los mayores productores de bloques de arcilla (entre 6 y 24 empresas), los Estados Lara, Carabobo, Zulia, Miranda y Carabobo.

Los Estados con mayor cantidad de bloqueras de concreto (entre 34 y 66 empresas) son Bolívar, Guárico, Apure, Barinas, Táchira, Mérida y Falcón.

En segundo término tenemos los Estados con una capacidad instalada media (entre 15 y 33 bloqueras), entre los que se encuentran Barinas, Zulia, Lara, Yaracuy, Cojedes, Aragua, Anzoátegui y Monagas. El resto de los Estados tienen menos de 14 empresas productoras registradas en el estudio.

En cuanto a la tendencia de las empresas productoras de bloques podemos inferir de la misma investigación que las dedicadas al concreto han tenido mayor proliferación que las que producen bloques de arcilla en los últimos años.

En efecto, el 52,76 % de las bloqueras de concreto registradas a nivel nacional tienen entre 1 y 5 años de creadas, mientras que las productoras de bloques de arcilla en ese mismo lapso alcanzan un 25,39 %.

Otro aspecto a considerar es que, según la referida investigación, la vinculación de las empresas con la investigación es de un 3,48 % en el caso de productoras de bloques de

concreto, y de un 11,11 %, para las que producen bloques de arcilla. De igual forma, se observa que el 5,73 % de las productoras de bloques de concreto tienen inversiones por encima de los 22 millones de bolívares, mientras que un 19,05 % de las productoras de bloques de arcilla se encuentra en dicho rango.

En cuanto al área de la parcela ocupada por las empresas, un 86,09 % de las productoras de bloques de concreto se encuentran en áreas menores a 10.000 mts², y un 50,8 % de las productoras de bloques de arcilla se encuentran en esta condición.

Por tipo de producción se establecen tres rangos: artesanal, semi industrializada e industrializada. Los porcentajes correspondientes a estas tres categorías para el caso de bloques de concreto son artesanal 42,38 %, Semi industrializada 46,48 %, Industrializada 11,13 %, y para bloques de arcilla son 34,85 %, 21,21 % y 43,94 % respectivamente.

Otro aspecto de interés es el transporte, ya que los reportes indican que un 89,90 % de las empresas que producen bloques de concreto los comercializan a nivel local, un 41,17 % lo hacen a nivel regional, y un 6,41 %, a nivel nacional. El 75,76 % de las productoras de bloques de arcilla los comercializan a nivel local, el 63,64 % a nivel regional y el 46,97 % a nivel nacional. Por otra parte, se ha registrado en la mencionada investigación que el personal de las empresas productoras de bloques de concreto está formado en un 65,64 % por mano de obra no calificada.

Esta situación nos permitiría inferir un mayor grado de tecnología y de inversión asociado a la producción y distribución de bloques de arcilla, por lo que la producción de bloques de concreto se presenta como una opción con capacidad de dar respuesta a situaciones de limitaciones económicas y baja capacitación de la mano de obra. Los lineamientos para optimizar la MEBCM en Venezuela deben incluir el aprovechamiento de la capacidad

instalada, incentivo a la producción financiamiento, y diseño de políticas para vinculación del sector productivo con las comunidades, y organismos del Estado.

2.2.3.- Mercado y comercialización-

Para tener una idea de las proporciones del mercado, referiremos cifras del CONAVI correspondientes a mayo de 2003, las cuales indican que en el país hay un déficit habitacional de 1.200.000 unidades (<http://www.sigoweb.com/mayo.asp>). Conforme a datos extraídos del INAVI (Marrero 1992), la tendencia en nuestro país es construir con sistemas tradicionales, que incorporan la utilización de bloques de arcilla y de concreto, ya que esta modalidad tiene el valor agregado de ser culturalmente aceptada y de ser una actividad generadora de empleo. Según la Encuesta de Hogares realizada por la Oficina Central de Estadística e Informática (OCEI), en el segundo semestre de 2001 se ocupaban en el sector de la construcción algo más de 811.000 personas, lo que representaba el 10,0% de la fuerza de trabajo del país. Además de este empleo directo, el sector constituye un factor de indudable importancia para el desarrollo económico por la relación que mantiene con otras actividades productivas (<http://www.cideiber.com/infopaises/Venezuela>). Sin embargo no hay que olvidar que aunado a la actividad construcción como generadora de empleos, se requiere de políticas económicas que hagan posible la construcción y la adquisición de las viviendas para evitar truncar el ciclo del producto a causa del deterioro de la capacidad adquisitiva de la población.

2.2.3.1.- Comercialización.-

La comercialización de los bloques de concreto en Venezuela, se circunscribe a la venta del producto sin asesoría técnica, salvo aquellas modalidades referidas a la aplicación en particular, como por ejemplo su utilización como losa de techo o entrepiso. La difusión de

las potencialidades y limitaciones del producto requerirían a nivel de las empresas, de la incorporación de un servicio integral de asesoramiento e incentivos, lo cual impulsaría el uso de la técnica. La comercialización debe ser contemplada dentro del ciclo de vida del producto como medio de capacitación, asesoría e investigación, potenciando su capacidad de ampliar el mercado con mecanismos específicos para cada tipo de cliente, tanto para la fase de proyecto, como de construcción. Un ejemplo de este enfoque lo observamos en la estrategia de la Empresa MAER en Torino, Italia, que incluye: publicaciones sobre aspectos referidos a la tradición y referencias históricas del uso de la técnica, informes y fichas técnicas, asesoramiento técnico y simulación de opciones de aplicación de los productos en los proyectos, certificaciones de calidad expedidas por diversos organismos, concursos y publicación de proyectos ganadores que utilizan los productos, prototipos de exhibición de los productos y sus modalidades de uso.

2.2.4.- Normas de Producción.-

Las normas venezolanas sobre bloques huecos de concreto (COVENIN 42-82), están basadas en las Normas ICONTEC 247-67, ASTM C90-75, ASTM C129-75, ASTM C140-75.

Elas establecen condiciones que representan restricciones para el diseño de bloques:

- a) 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 y liviano, fabricados con agregados livianos y con un peso unitario del concreto seco menor a 1.400 Kg/cm.
- b) Con respecto a su uso: 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 las 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 un listado 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 resistencia a la compresión, los acabados y la absorción del agua.

- d) En cuanto al espesor de las paredes, el rango para bloques tipo A, va de 1,9 a 3,2 cms., mientras para el tipo B, se acepta entre 1,3 y 2,2 cms. De igual forma, los nervios para el tipo A, van de 1,9 a 2,8 cms. Encontrándose entre 1,3 y 1,9 cms., el rango aceptado para el tipo B.*
- e) Según la resistencia a la compresión en relación al Área Bruta del bloque: se requiere para el bloque A1, un promedio de 70 Kg/cm², para el bloque A2, 50 Kg/cm² y para los B1 y B2, 30 Kg/cm².*
- f) En cuanto al acabado, la restricción mayor corresponde al bloque tipo A, ya que se establece en la norma que no debe presentar grietas paralelas a la carga, que las imperfecciones no deben ser más del 5% del pedido y que las grietas perpendiculares a la carga no deben tener más de 2,5 cms.*
- g) Con relación a la absorción del agua: para los bloques A1, A2 y B1, establece un máximo de 14% para los pesados, un 16% para los semi pesados y un 12% para los livianos. Para los B2, sólo se fija un 20% para los livianos.*

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 lo 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. Algunas investigaciones realizadas (De Oteiza 1997), en el Estado Zulia, revelan que en una muestra de 7 bloqueras, 2 formales y 5 informales, el 100% carece de una organización formal, el 85,7 % son de producción artesanal, cuya dosificación, compactación y curado dependen del operario, la mayoría desconoce la existencia de la Norma COVENIN 42-82; según los resultados de las pruebas realizadas al producto, no hay relación entre la capacidad y demanda de la empresa y un mayor control de calidad; los valores promedio de resistencia a la compresión de la muestra con mejor desempeño es de tan solo un 69% de lo exigido por las Normas, y 3 de 7 bloqueras alcanzan el 26% de lo requerido. Otros autores (Villanueva Salas, 2002), han señalado características similares en muestras de 13 de las 21 empresas del Estado Táchira registradas en la investigación "Proyecto 4. Materiales, componentes y técnicas

constructivas para viviendas de bajo costo en Venezuela” (UCV,LUZ,ULA,UNET,1999). En efecto, ninguna de las empresas produce bloques que cumplan con el mínimo establecidos por la Norma COVENIN 42 – 82 para la resistencia a compresión, pero todas están dentro de los límites aceptados de absorción de agua. Dicha investigación refiere como causa de la baja calidad de los bloques estudiados la deficiencia en los procesos constructivos debido a la baja calidad de las arenas, diversidad y poco control en la dosificación especialmente de agregados y agua, poca rigurosidad en el establecimiento del modo y tiempo de mezclado, moldeado y curado del concreto, y dosificación de cemento por debajo de los requerimientos para obtener resistencias mínimas según COVENIN 42-82.

Refiere la investigación antes citada que en la mayoría de las empresas, la venta del producto se realiza con menos de 7 días de secado y se promueve el mercado en función del precio y no de la calidad. En cuanto a las dimensiones y acabado de las piezas, ninguna de las empresas produce bloques conforme a los parámetros establecidos en la norma respectiva, para asegurar la compatibilidad dimensional de piezas de distinto origen. Se señalan diferencias de medidas para los bloques que nominalmente tienen 10 x 39 x 19 cms, de aproximadamente 13 mm en cada dirección, e incluso entre los planos que limitan interiormente los huecos, en todos los casos se observó un sobredimensionamiento entre 3 y 8 mm. En cuanto al acabado, existen diferencias marcadas en el color, debido al tipo y cantidad de arena utilizada y en general las superficies no presentan fisuras, o manchas.

De ambas investigaciones se desprende que aún cuando existe una Norma para el control de la calidad de los bloques de concreto en Venezuela, de hecho, los productos evidencian

absoluto descuido al respecto, lo cual es originado por la poca rigurosidad del proceso productivo, la ausencia de controles y sanciones, el desconocimiento y/o indiferencia de los compradores acerca de la importancia de la calidad, lo que es un factor determinante para la optimización de la MEBC en Venezuela.

2.3.- ASPECTOS PROYECTUALES.-

2.3.1.- Formación Profesional. Capacitación.-

La conceptualización del proyecto es el origen de los aciertos y errores que percibimos en el campo de la arquitectura y urbanismo. En Venezuela reiteradamente hemos sido testigos de las nefastas consecuencias de no considerar conjuntamente el tema ambiental, el cultural, la pertinencia, los aspectos económicos, sociales y tecnológicos, en las propuestas. Específicamente en el caso de la vivienda esta práctica se ha mantenido desde el inicio de la producción formal de viviendas. En efecto, tal como lo señala Cilento (op. Cit. 1999), a pesar del desarrollo exitoso del proyecto de El Silencio con criterios de alta densidad y baja altura, y de los informes disponibles para la época que señalaban la inconveniencia de adoptar soluciones de alta densidad y altura, el Banco Obrero implanta la solución de superbloques para la sustitución de ranchos, ignorando la consideración de los elementos contextuales que asegurarían la sostenibilidad de la inversión y la calidad de vida de los habitantes. Los costos de mantenimiento y la posibilidad de control por parte de la comunidad de las áreas públicas y semi públicas acabaron por producir deterioros inmanejables en unos casos, como por ejemplo en los bloques del 23 de Enero y Caricuao y necesidad de desalojo y demolición en otros, como sucedió en los edificios de Nueva Tacagua ubicados en Caracas.

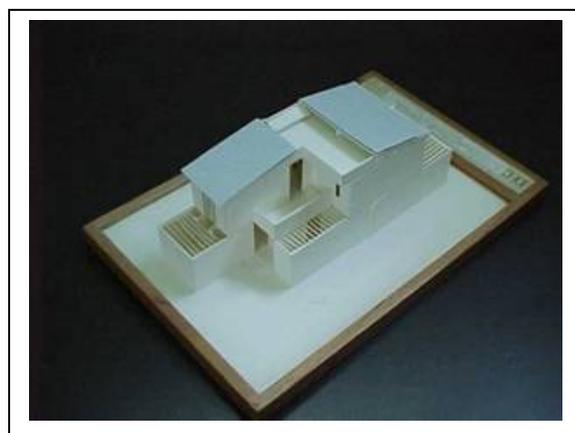
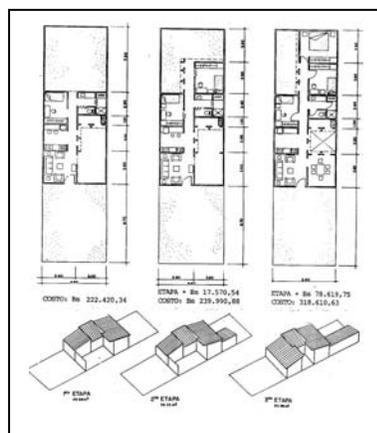
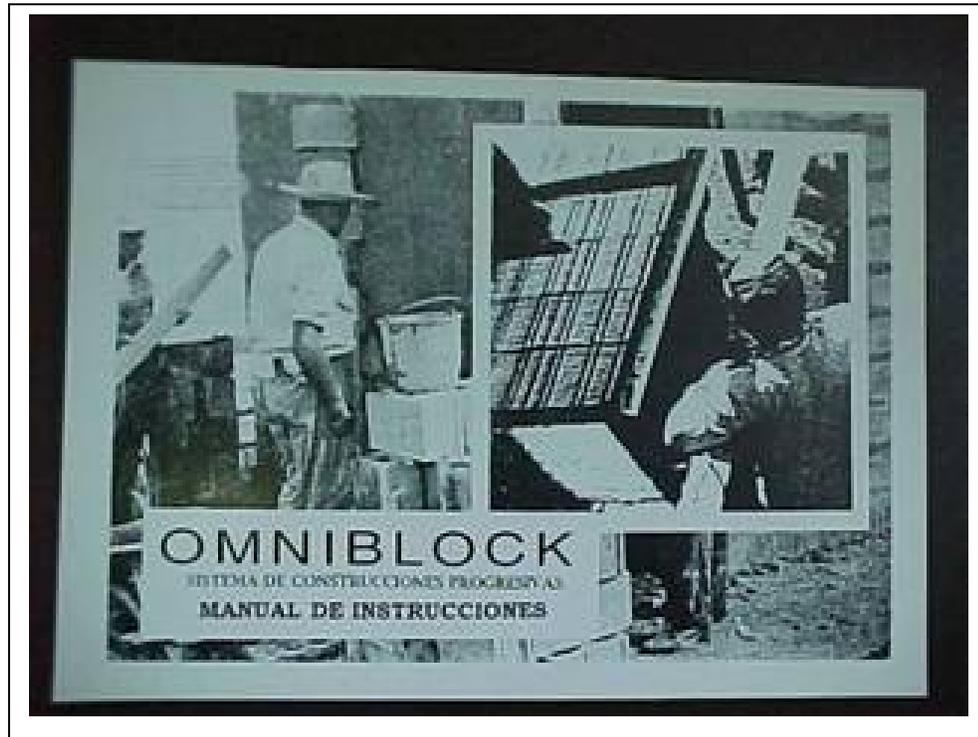
En definitiva, se muestra un fracaso en el desempeño profesional para dar respuesta a través de la construcción formal a las necesidades de viviendas, lo cual nos lleva a hacer algunas reflexiones referidas al proceso de formación profesional, la modalidad de construcción progresiva y el tema de las normas para el diseño de mampostería estructural en Venezuela. Escapa del objetivo de este trabajo profundizar acerca de la formación de los profesionales que intervienen en los proyectos de arquitectura y urbanismo. Sin embargo, es posible señalar como respuesta a los errores expuestos anteriormente la importancia de incorporar al currículo tres temas asociados al nuevo paradigma del hábitat, estos son la sostenibilidad, la progresividad y la participación de la comunidad.

La *sostenibilidad* implica el conocimiento del ciclo de vida de los materiales, componentes y productos, el manejo de los procesos para reducir desperdicios, la rigurosidad en la coordinación dimensional de los componentes, el conocimiento de aspectos culturales que orientaran el uso, mantenimiento y adecuación de las edificaciones y espacios públicos. Especialmente en el caso de la mampostería, debido a su característica de elemento modular, requiere de la incorporación de principios de diseño que prevean su coordinación dimensional y la compatibilidad con el resto de los componentes. La *progresividad* debe ser considerada en las fases de conceptualización, desarrollo, representación y documentación de los proyectos (memoria descriptiva, cómputos, especificaciones), ya que el proceso constructivo no se realiza en forma continua y posiblemente estará a cargo de diferentes responsables en el tiempo. Lo mismo deberá considerarse para efectos de la reglamentación, supervisión, tramitación, a fin de adaptar la experticia de los profesionales a los nuevos escenarios. Para la optimización de la aplicación de la MEBC en Venezuela, deben preverse los procesos de crecimiento y consolidación manteniendo el criterio de

reducción de desperdicios y las opciones de transformabilidad en el tiempo. el desarrollo del proyecto debe incorporar además la coordinación modular, la utilización de tipologías culturalmente arraigada en cada región y adaptada a las condiciones de clima, y diseño de instalaciones de bajo costo que no interfieran con el desempeño portante de los cerramientos. Esto implica el estudio y aprobación de Normas de cálculo y una adecuada producción de los componentes, que garanticen el control de calidad, Así como la formación de profesionales y usuarios con una visión integral, que impida que los actores relacionados con la producción y uso de la vivienda produzcan efectos no deseados al actuar sin tomar en cuenta el ciclo de vida de la edificación y su sostenibilidad. Algunas investigaciones desarrolladas en el Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (Marrero, 1994) han incorporado como parte de los mecanismos para capacitar a los constructores y dotar a los usuarios de información para el adecuado manejo de la edificación realizada con MEBCM, recursos audiovisuales, manuales de uso y proyectos progresivos, en los que planos, cálculos, cómputos y listas de materiales, se presentan por etapas, previendo los elementos necesarios para darle continuidad al crecimiento de los espacios de la edificación, así como definir lineamientos para su adecuada transformación. (GRAFICO 54)

ELEMENTOS DE CAPACITACIÓN Y DIFUSIÓN

CAPITULO II
GRAFICO:54



FUENTE:

Marrero, M. 1994. OMNIBLOCK SISTEMA PARA CONSTRUCCIONES PROGRESIVAS. MANUAL DE INSTRUCCIONES . IDEC UCV

La *participación de la comunidad* implica por parte de los profesionales, la aceptación de la interdisciplinariedad como herramienta indispensable para la integración de los procesos técnicos con los sociales, y la necesaria formación para actuar en los programas de asistencia técnica a los organismos y usuarios para que asuman la gestión de la construcción del hábitat de una manera eficiente y con calidad. Los procesos de diseño, el desarrollo y documentación del proyecto deben hacerse accesibles no solo a nivel de las instituciones sino también de las comunidades organizadas que serán los administradores finales de la obra, la cual se realizará a lo largo de la vida de sus ocupantes y no solo de manera puntual por parte de los expertos. Es decir el “*diseño del proceso*” pasa a tener un rol tan protagónico como el “*diseño del producto*”.

La participación de la comunidad organizada, legalmente reconocida en los programas de vivienda, debe ser tomada como una modalidad de producción que requiere de profesionales formados para atender sus necesidades, pues representa una opción que conjuga la pertinencia social con la asistencia técnica. La construcción en mampostería ofrece en este sentido una gran ventaja en Venezuela, por su larga tradición en todo el territorio nacional.

2.3.2.- Vivienda Progresiva.

Se entiende por Vivienda Progresiva⁴ aquella que es construida por etapas, según los recursos disponibles de sus ocupantes, los cuales realizan trabajos de consolidación y/o crecimiento, hasta obtener al cabo de un período variable de tiempo, la vivienda terminada. En el marco de los principios de sostenibilidad, la construcción progresiva es un enfoque ventajoso frente a la producción de unidades completas, por cuanto aprovecha los recursos y capacidades potenciales de la gente, que está menos dispuesta a producir desperdicios que le generan pérdida, a diferencia de lo que sucede con las instituciones, promotores y contratistas, para los que los desperdicios se convierten en un negocio adicional, ya que entran en la formación del precio y al final son pagados por los compradores de las viviendas (Cilento,1999)

Tradicionalmente el ser humano construyó progresivamente según sus necesidades, pero el concepto formal de construcción progresiva tampoco es nuevo. Después de la segunda Guerra mundial Alvar Aalto planteó como opción a los barracones construidos provisionalmente mientras se hacían los nuevos edificios, un sistema que el período más breve satisfaga los requerimientos elementales de la población, pero que sin tener que demolerla, pudiese crecer hasta convertirse en una vivienda (Aalto en Cilento, 1999). También esta modalidad fue aplicada por el Banco Obrero en Venezuela en 1942, cuando se construyó la Urb. Lídice, en Caracas tanto en el urbanismo como en las viviendas, dotando de los servicios mínimos y previendo las futuras etapas de crecimiento y

⁴ En el Art. 237 la Ley del Régimen Prestaciones de vivienda y Hábitat (Asamblea Nacional 2005 b) se define como vivienda de construcción y mejoramiento progresivo a toda aquella que partiendo de una edificación básica que permite su ocupación y habitabilidad en su etapa inicial, pueda crecer y mejorarse progresivamente, manteniendo la calidad constructiva, hasta alcanzar un área adecuada al tamaño y crecimiento de la familia. El proceso de construcción y mejoramiento debe facilitar y permitir el desarrollo progresivo de las obras, la continuidad de las distintas etapas y la participación de la mano de obra familiar y de la comunidad.

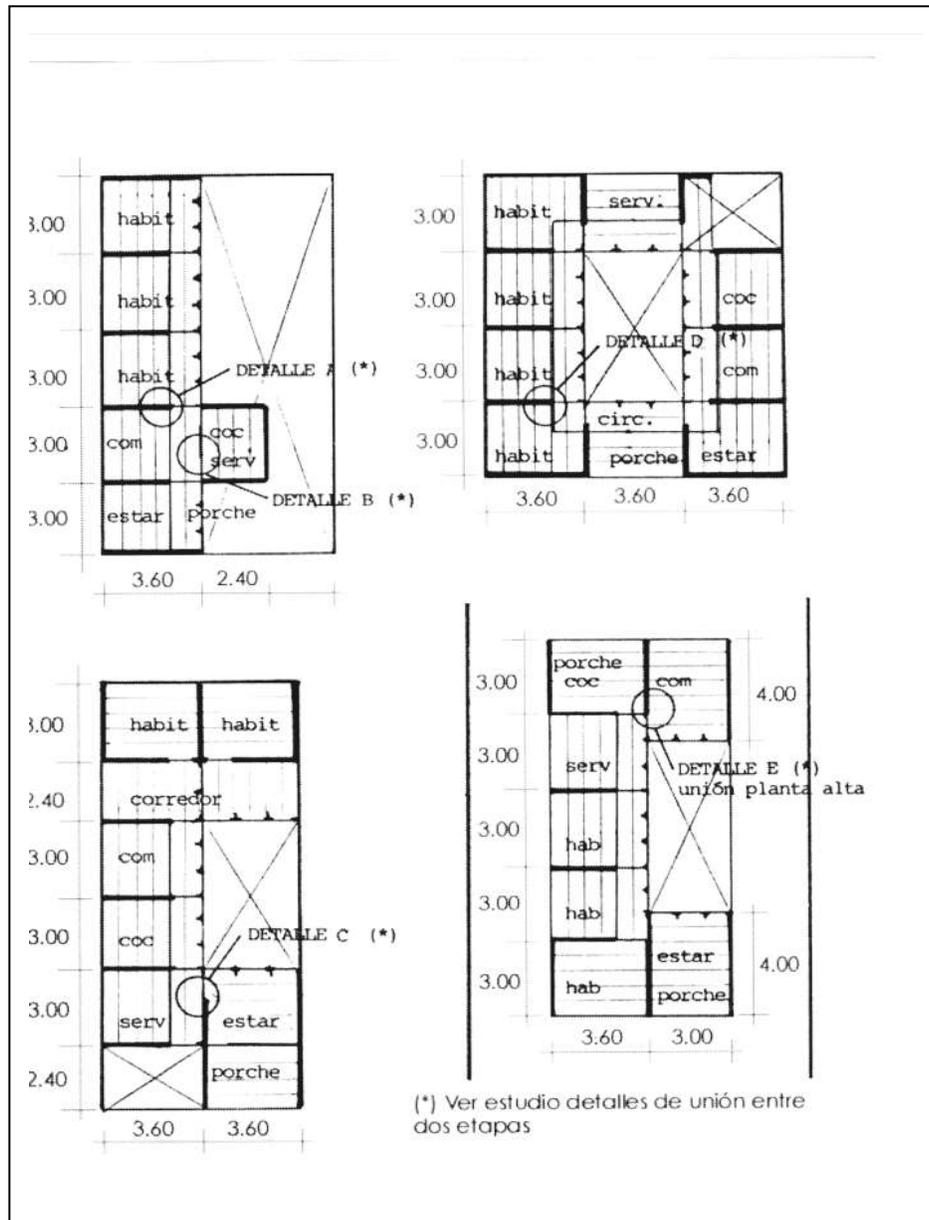
consolidación (Cilento, 1999). Sin embargo, los programas de construcción completa siguen aplicándose hasta la fecha, a pesar de la demostrada imposibilidad de atender las necesidades de la población con dicha modalidad constructiva.

La mayor parte de las viviendas en los barrios de nuestro país han sido construidas de manera progresiva (Rosas, 1988), por lo cual es importante su consideración, a manera de referencia, para determinar sus implicaciones con el sistema de Mampostería Estructural, en diversas tipologías de vivienda.

Sin pretender hacer un tratado de principios para el diseño de viviendas con mampostería estructural, se plantean algunos elementos que pretenden sistematizar los requerimientos de los esquemas espaciales típicos existentes en Venezuela, lo cual aunado a lo expuesto en el Capítulo I referido a lo tectónico, la forma, las aberturas, el espacio, la estructura y las instalaciones, constituyen un perfil de las limitaciones y posibilidades de la técnica en nuestro país. En este sentido, se procedió a realizar el análisis basado en los esquemas “tipo” extraídos de la Experiencia del Taller Vivienda de la FAU/UCV (Taller Vivienda, 1987), a fin de identificar las posibilidades de la estructura de muros portantes para lograr las características formales, funcionales y espaciales que se requieren. Como conclusión de análisis, se detectó que el patio es el elemento común ordenador de los espacios y por tanto la disposición de la Mampostería en muros está subordinado a la posibilidad de obtener diversos grados de relaciones espaciales, en función de ellos. Este concepto, condiciona el concepto estructural, por lo que se plantea el uso de planos principales y secundarios, debiendo ubicarse los planos resistentes principales, perpendicularmente a los planos que limitan los patios, lo cual facilita la integración de los corredores con las áreas abiertas. (GRÁFICO 55)

PATRONES DE VIVIENDA

CAPITULO II
GRAFICO: 55



FUENTE:
Marrero, M. 1992. MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL DE BLOQUES DE CONCRETO

2.3.2.1.- Procesos de consolidación y crecimiento:

Con relación a la consolidación y al crecimiento, se realizó un estudio utilizando Gráficas de Ensamblajes y Procesos (Acosta, Domingo. 1986), mediante el análisis de un módulo tipo que permite tener una caracterización de las opciones de mampostería reforzada y confinada. Para el proceso de consolidación, se tomó como referencia el proceso por adición partiendo de las fundaciones, asumiendo solo a título ilustrativo, una de las secuencias de actividades posibles. Se estudió el proceso en cada uno de los diferentes tipos de diseño estructural, a fin de determinar su potencialidad de aplicación en la consolidación, partiendo de las previsiones que deben plantearse a nivel de fundaciones en cada caso. (GRÁFICO 56)

En cuanto al proceso de crecimiento, se desarrollan dos opciones, una por adición de módulos y otra a partir de un contenedor o cubierta

A.- Espacios por adición, a partir de un módulo inicial.

La primera diversificación se basa en el sentido del crecimiento, tal como se indica a continuación:

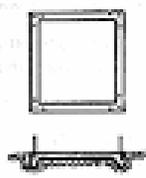
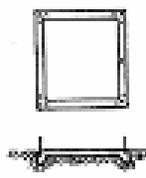
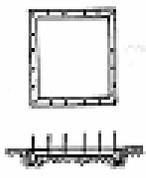
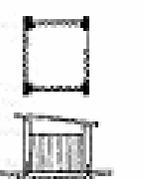
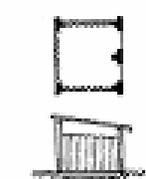
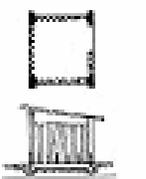
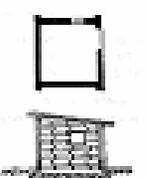
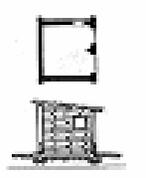
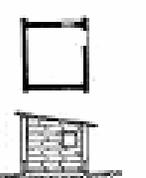
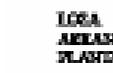
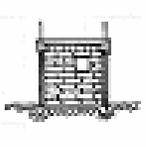
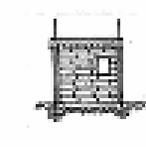
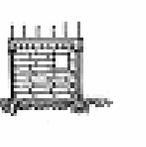
1. Crecimiento Longitudinal: cuando se produce en el sentido de apoyo de las losas.
2. Crecimiento Transversal: se produce en el sentido perpendicular al apoyo de las losas.
3. Crecimiento Vertical: módulo sobre módulo

A su vez, las opciones 1 y 2 pueden realizarse:

- A nivel: Cuando la altura del módulo básico es la misma que la del nuevo módulo.
- A desnivel: la altura del módulo básico es menor que la del nuevo módulo.

PROCESO DE CONSOLIDACIÓN

CAPITULO II
GRAFICO: 56

PROCESO DE CONSOLIDACION MODULO TIPICO. OPCIONES SEGUN CONCEPTO ESTRUCTURAL			
SISTEMAS	MAMPOSTERÍA CONFINADA	MAMPOSTERÍA CONFINADA PAREDES PERFORADAS	MAMPOSTERÍA REFORZADA
ETAPA I: FUNDACIONES ARRANQUE ARMADURA 			
ETAPA II: MURIC EN ESQUINA PAREDES Y TECHO LIVIANO 			
ETAPA III: MURIC TECHO LIVIANO 			
ETAPA IV: ARMADURA Y VACUOS REFORZOS LOSA ARMAZONES PLANTA ALTA 			

EN LOS EJEMPLOS ESTUDIADOS, SE OBSERVA QUE EL SISTEMA DE MAMPOSTERÍA CONFINADA, ES EL QUE PERMITE MAYOR FLEXIBILIDAD, AL NO TENER SOBRE LA LOSA ARRANQUES DE ARMADURA QUE ENTORPECERAN EL FUNCIONAMIENTO DE LAS FASES INICIALES

FUENTE:
Marrero, M. 1992. MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL DE BLOQUES DE CONCRETO

Por su parte, el crecimiento vertical puede ser: (GRÁFICO 57)

1. Sin volados.
2. Con volados longitudinales: en el sentido de las losas.
3. Con volados transversales: perpendicular al sentido de las losas

B.- Espacios por división, a partir de un contenedor.

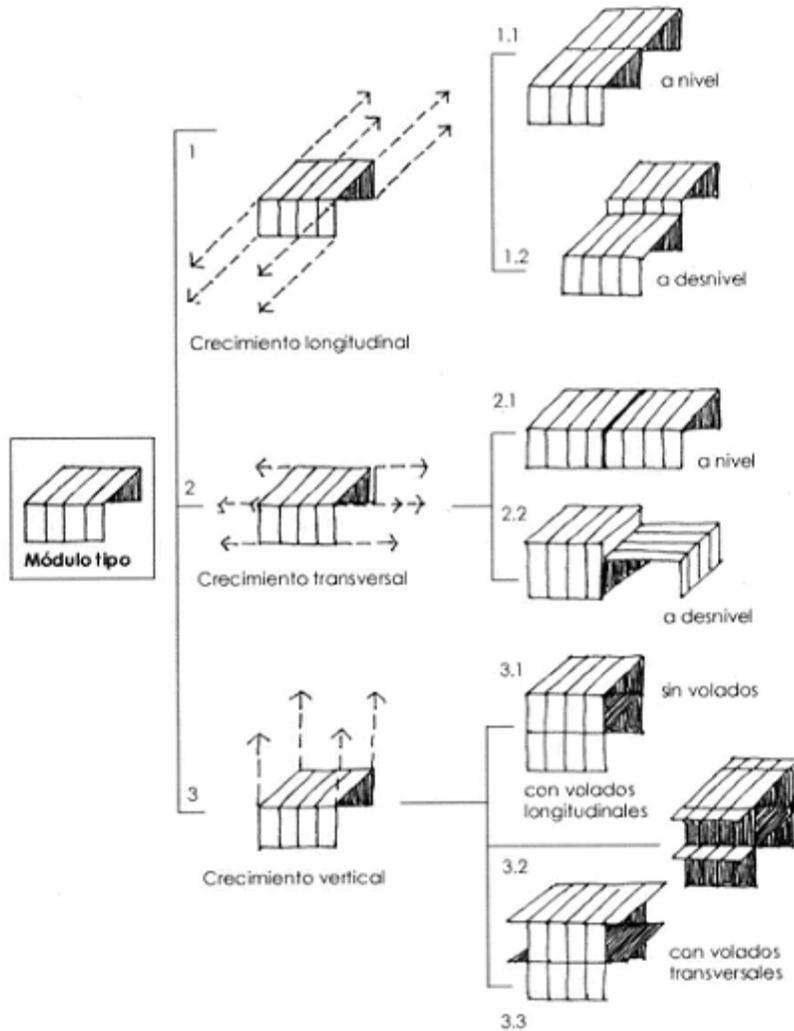
Algunos investigadores (De Llorens 1993, González Lobo, 2000), proponen la solución de las unidades de vivienda a partir de un contenedor edificado con el mínimo de elementos construidos, que genera desde su fase inicial el máximo volumen habitable, y permite el crecimiento de nuevos espacios a lo interno, preferiblemente con materiales livianos y desmontables *(GRAFICO 58)*

Esta modalidad representa disminuciones de costo, según se muestra en el cuadro anexo y tiene como ventaja adicional, que existe un mayor control sobre la conformación del medio urbano. Es imprescindible para optimizar los recursos, el desarrollo de un proyecto detallado que prevea a través de la coordinación dimensional, las fases de crecimiento y consolidación requeridas para la evolución de la vivienda conforme a los requerimientos de sus usuarios.

PROCESO DE CRECIMIENTO POR ADICIÓN

CAPITULO II
GRAFICO: 57

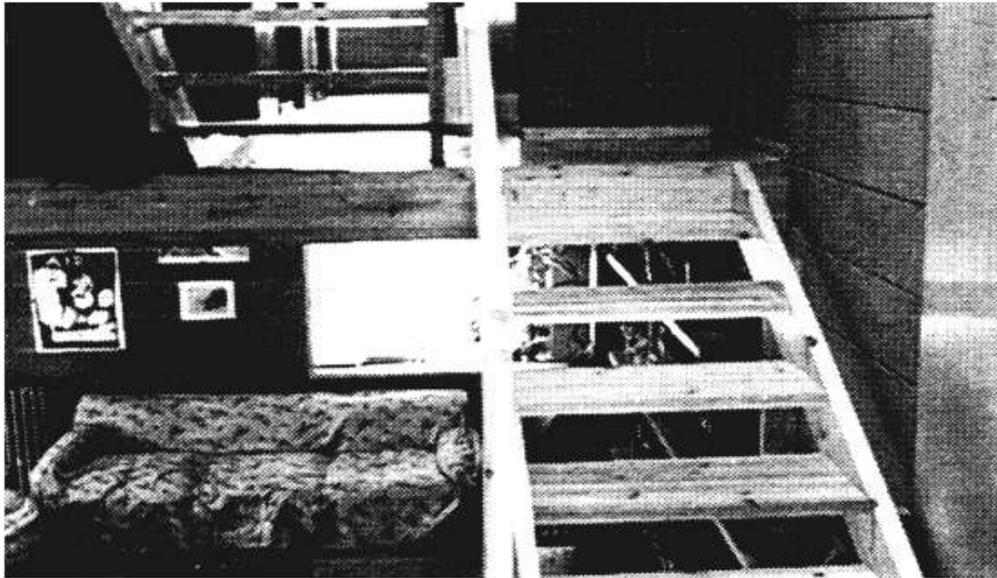
OPCIONES DE CRECIMIENTO



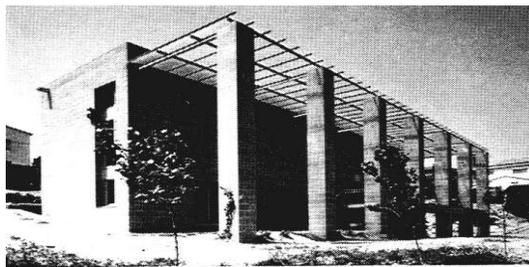
FUENTE:
Marrero. M., 2001. MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL

PROCESO DE CRECIMIENTO ESPACIAL INTERNO

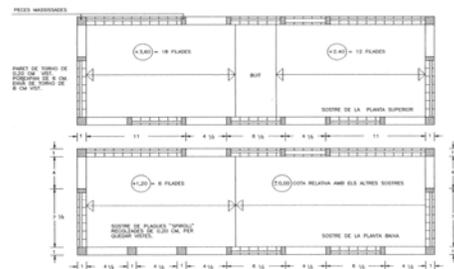
CAPITULO II
GRAFICO: 58



ESPACIO INTERIOR



VISTA



PLANTA PROYECTO

FUENTE:
De Llorens, 1993. CONSTRUCCIO AMB BLOC FORMIGO

Una variante dentro de esta opción es la de *espacios por división a partir de la cubierta*. Este criterio se utiliza en el sistema constructivo UMA (Centro Experimental Vivienda Económica, 1992), en la cual se parte del concepto del sincretismo tecnológico, (Cilento, 1996) aprovechando las ventajas de montaje en seco de elementos estructurales metálicos de producción modular industrial que permitan la construcción inmediata del soporte estructural del techo, sobre vigas metálicas de apoyo. Luego de montado el techo liviano y montado los marcos de puertas y ventanas, se procede a el vaciado de la losa de fundación, la construcción de la mampostería y el vaciado de los elementos de soporte. El mismo concepto se utiliza en la propuesta del sistema mixto de esqueleto metálico y mampostería (Acosta,2000 b), donde se explora la posibilidad de construir a mayor velocidad estructuras ligeras de elementos lineales de acero, que sustituyan las barras de refuerzo de los machones y vigas de corona y que permitan colocar la cubierta, que se apoyará directamente sobre los muros mediante “peanas”. Posteriormente se construye bajo techo los muros que colaboraran con la estructura metálica. Esta opción elimina el proceso de vaciado de los elementos de confinamiento de la mampostería. Las fundaciones se proponen, si las características del suelo lo permiten, mediante elementos prefabricados de concreto armado unidos con soldadura. El concepto permite explorar medios de crecimiento y consolidación partiendo de cubiertas como primera etapa. (GRÁFICO 59)

En conclusión, es importante para optimizar la aplicación de la MEBCM en viviendas de bajo costo, la incorporación de una visión de proyecto que además de observar las reglas de sostenibilidad, modulación, configuración, y espacialización requeridas para su desempeño como cerramiento estructural, prevea su elaboración y documentación considerando el crecimiento y consolidación como variable, para lo cual deben impulsarse la definición de políticas, creación de normas, y formación profesional.

2.3.3.- Normas. Verificación Experimental.-

La norma de Edificaciones Sismo Resistentes COVENIN 1756-01, no contempla las edificaciones de mampostería estructural, a pesar de ser una de las tecnologías con mayor potencial de aceptación cultural. Solo la norma de 1955, contempla algunos aspectos referidos a esta tecnología, por lo cual la normativa utilizada para el cálculo con este sistema, es tomada de otros países con condiciones semejantes a las de Venezuela. Sin embargo, ensayos desarrollados por el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales –IMME- de la Facultad de ingeniería de la Universidad Central de Venezuela, han demostrado que las características de las piezas de mampostería nacional no son homologables a las de otros países (Lafuente et.al. 1995), presentando además diferencias en los procesos y detalles, lo cual le resta confiabilidad. A pesar de la ausencia normativa, la práctica constructiva en todo el país utiliza la mampostería tanto en la construcción formal como en la informal, siendo el sistema más utilizados en los barrios populares, donde las condiciones de escasez de terreno propician las edificaciones de varios pisos en terrenos inestables y en zonas de riesgo sísmico. El crecimiento de la población en las ciudades requiere de manera urgente de una normativa, flexible y efectiva que permita establecer desempeños satisfactorios de las estructuras construidas tanto por el sector formal, como por el informal. Esta regulación debe considerar la factibilidad económica de su aplicación en la vivienda social, pues los excesivos márgenes de seguridad que impliquen un aumento sustancial del costo, impedirán la aplicación de la normativa en la mayoría de las soluciones habitacionales. La ausencia de normas nacionales ha requerido del desarrollo de métodos experimentales de validación, siendo el IMME uno de los laboratorios pioneros y con mayor trayectoria en el área. Los trabajos incluyen caracterizaciones de los bloques de arcilla y de concreto,

estudios de adherencia bloque- mortero, propiedades mecánicas de la mampostería, características de los muros portantes de mampostería, comportamiento histerético de muros de mampostería confinada y reforzada, sometidos a carga lateral alternante, longitud de solape de barras de refuerzo en bloques de concreto, modelos analíticos para el estudio de la mampostería, estudio del efecto confinante de los elementos de concreto armado en muros de mampostería confinada, así como las verificaciones experimentales de productos de investigación diseñados para contribuir a optimizar la construcción con bloques de concreto y reducir sus costos. Una experiencia interesante la constituye la verificación experimental de la tecnología OMNIBLOCK, (Marrero, 2001). Como parte de la etapa de verificación de la propuesta, se realizó en el IMME. (Castilla y Marinelli en Marrero, 2002 b) un estudio comparativo entre el comportamiento de cinco tipos de muros en tamaño natural, con altura equivalente a edificaciones de un piso:

- Muro TIPO “A”, de mampostería estructural confinada, de 2.20 de alto por 2.00 mt de ancho, utilizando bloques de concreto estructural convencionales (P10A), de 10 cms de ancho, con resistencia a la compresión de $100,4 \text{ kgf/cm}^2$, utilizando un aparejo a $\frac{1}{2}$, confinados con machones de 15×15 cms, armados longitudinalmente con cuatro barras No 3 y estribos No 3 espaciados cada 5 cm en los 40 cms extremos superior e inferior del machón y a 10 cms en la zona central del mismo.
- Muro TIPO “B”, de mampostería estructural confinada utilizando bloques de concreto estructural tipo OMNIBLOCK de 9,5 cms de ancho, utilizando un aparejo a $\frac{1}{2}$, con una resistencia de $109,2 \text{ kgf/cm}^2$
- Muro TIPO “C”, de mampostería armada interiormente con bloques tipo P10A, con aparejo a $\frac{1}{2}$. El armado interno vertical fue de seis barras No 3 y el horizontal de cuatro barras No 3.

Loa alvéolos que contenían el refuerzo vertical fueron rellenos con concreto líquido.

- Muro TIPO “D”, de mampostería armada interiormente con bloques tipo OMNIBLOCK
- Muros TIPO “E”, de concreto estructural tipo OMNIBLOCK, de 9,5 cms de ancho, con una resistencia de $109,2 \text{ kgf/cm}^2$, confinados mediante machones en forma de “T”, vaciados en las celdas internas de los extremos del muro, reforzadas con dos barras No 4. Las celdas del muro que contenían los refuerzos y conformaban la “T”, fueron rellenos de concreto líquido con una resistencia de 242 kgf/cm^2 , sin estribos, ni refuerzo horizontal.

Como resultado de esta comprobación experimental, realizada por los Investigadores Enrique Castilla y Angelo Marinelli se concluyó lo siguiente, tomado del informe final elaborado por el IMME (Marrero, 2002 b):

- 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 sismorresistentes 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 sismorresistente 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 sismorresistente, 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 un 47,32 % del acero y un 14,70 % de las ejecuciones. (GRÁFICO 58)
- 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. (GRÁFICO 59).

VERIFICACIÓN EXPERIMENTAL

**CAPITULO I
GRAFICO:58**



MURO TIPO "A" MAMPOSTERIA
CONFINADA. BLOQUES P10A



MURO TIPO "B" MAMPOSTERIA CONFINADA
OMNIBLOCK
APAREJO 1/2



MURO TIPO C. MAMPOSTERIA REFORZADA. BLOQUES P10 A

FUENTE:

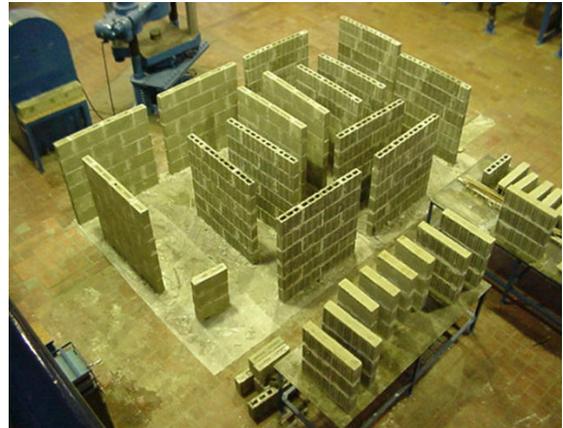
Castilla y Marinili. Informe Técnico en MARRERO 2002 (b) TECNOLOGÍA OMNIBLOCK

VERIFICACIÓN EXPERIMENTAL

**CAPITULO II
GRAFICO:59**



MURO TIPO "D" MAMPOSTERIA REFORZADA. BLOQUES P10A



ESPECIMENES, MURETES Y MUROS



MURO TIPO "E" CONFINADO EN "T" OMNIBLOCK.

FUENTE:

Castilla y Marineli. Informe Técnico en MARRERO 2002 (b) TECNOLOGÍA OMNIBLOCK

2.4.- ASPECTOS CONSTRUCTIVOS:

2.4.1.- Consideraciones Generales.-

Uno de los aspectos contextuales a considerar, para definir las posibilidades y limitaciones de la mampostería estructural en muros en Venezuela, es el de los aspectos constructivos. Su consideración incluirá únicamente aquellos elementos concernientes a la aplicación de la tecnología para la construcción progresiva de viviendas de bajo costo. La construcción progresiva, es realizada en un largo período de tiempo, según las posibilidades de los usuarios y alternando procesos de consolidación (mejoramiento) y de crecimiento. Estas condiciones requieren proyectos y planes de obra para el control de un proceso largo y compartido, cuyo éxito depende de la participación, la disciplina y la constancia. Exigen por tanto, un acompañamiento social que suministre a los promotores, proyectistas y constructores las particulares condiciones de la comunidad a la que estará dirigida. De igual forma se deben establecer mecanismos para transmitir a los futuros usuarios, los conocimientos sobre aspectos legales, técnicos y sociales, que les permita entender y asumir su responsabilidad individual y colectiva. Existen básicamente dos modalidades de construcción, uno informal asumido directamente por la gente en forma espontánea, y otra formal, con la participación instituciones públicas, privadas y otras organizaciones.

2.4.2.- Construcción formal de viviendas.-

En Venezuela entre 1950 y 1990, la población total tuvo una tasa de crecimiento del 3.3 %, correspondiendo la urbana un 4,7 % y a la rural un 0,5 % (CEPAL 2002). Desde la creación del Banco Obrero en 1928, la construcción de viviendas había sido asumida directamente y en gran escala por el Estado, con lo cual se construyó la quinta parte de las viviendas en Venezuela. Como consecuencia de la poca sustentabilidad de esta

modalidad, el Estado profundizó su rol como promotor e intermediario entre la población que requiere ser asistida en su derecho a la vivienda, las empresas promotoras privadas y las organizaciones comunitarias, lo que conjuntamente a políticas de financiamiento que generan incentivos a la banca, los promotores, constructores y usuarios, los que conforman el contexto de producción de viviendas en nuestro país, en el cual la asistencia técnica es el vínculo fundamental para asegurar la participación y el aporte de los factores involucrados. Luego de algunos intentos de formalizar la asistencia técnica, ésta aparece incluida en la Ley de Política Habitacional aprobada en 1989, originando la creación de redes de organizaciones intermediarias de vivienda (OIVs) y organizaciones comunitarias de vivienda (OCVs). Parte de la asistencia técnica que brindan estas organizaciones, debe referirse a la capacitación y divulgación del uso adecuado de la mampostería estructural, introduciendo a nivel de producción, proyecto, ejecución y mantenimiento los principios que han sido señalados. En el Art. 135 de la Ley de Régimen Prestacional de vivienda y hábitat (Asamblea Nacional, 2005 b), se define la asistencia técnica como el conjunto de procesos, mecanismos e instrumentos para desarrollar las capacidades de gestión en vivienda y hábitat de los actores del Sistema Nacional de Vivienda y Hábitat que lo requieran, y que el Ministerio de vivienda y hábitat formulará el Plan Nacional de Asistencia Técnica, el cual incluirá programas de formación y capacitación de recursos humanos.

La construcción formal masiva con mampostería permite la adopción de organizaciones de obra que optimicen el rendimiento aún cuando siga siendo un sistema de uso intensivo de mano de obra. Los elementos estudiados en el Capítulo I indican la conveniencia de prever a nivel del proyecto la reducción de desperdicios y la sostenibilidad, y la ejecución

de la envolvente y las instalaciones como procesos independientes que permitan solapar los distintos sub procesos de la construcción.

2.4.3.- Autogestión y autoconstrucción.-

La autoconstrucción se define (Ward 1982 en Wiesenfeld,1997) como *“un proceso en el que las personas tienen responsabilidad en la planificación, organización e implementación de tareas particulares tendientes a la provisión y mantenimiento de la vivienda y la infraestructura residencial”*. Como política de Estado la autoconstrucción es definida por el INAVI (en en Wiesenfeld,1997) como *“el sistema mediante el cual los propios interesados, organizados en grupo y con una distribución racional del trabajo en sub grupos, se ayuden recíprocamente en la construcción de las viviendas mediante el aporte de mano de obra durante sus obras libres (sábado, domingo y días feriados), contando con los servicios técnicos y la asistencia financiera por parte del Instituto Nacional de la vivienda INAVI”*

La experiencia acumulada parece indicar que las organizaciones comunitarias debidamente asesoradas y financiadas serán a futuro la forma de producción de soluciones habitacionales, ya que diversos factores como la tasa de crecimiento de la población urbana en nuestro país, la pérdida progresiva de eficiencia de las instituciones del sector público, políticas erradas, producción de viviendas completas, en número y calidad deficiente, y pérdida de ética profesional, entre otras causas, ha imposibilitado que los programas públicos y privados puedan satisfacer la demanda de viviendas.

Históricamente la autoconstrucción fue la manera del ser humano para proveerse de su vivienda. Con el desarrollo del capitalismo la vivienda adquiere valor como mercancía y en ese sentido plantea un conflicto para el Estado que debe preservar el derecho a los ciudadanos a tenerla, considerando que su producción forma parte del ciclo de consumo.

Específicamente en América Latina la autogestión y la autoconstrucción comienzan a ser una opción a partir de los años 40, debido a que las malas condiciones de vida de la población rural produjo un éxodo del campo a las ciudades, que originó la saturación de los servicios, una oferta de viviendas inaccesible para la capacidad adquisitiva de la población, proliferación de sectores de barrios de ranchos construidos en condiciones precarias en terrenos del Estado y en muchos casos, en zonas de alto riesgo. (Wiesenfeld,1997).

En la actualidad, esta actividad de la gente ha sido potenciada, sistematizada e instrumentada para hacer del Estado, un facilitador del proceso, al cual le corresponde la asignación de recursos, establecer las estrategias y mecanismos de producción y vincular la vivienda a las actividades de desarrollo en los diferentes ámbitos. De hecho, el Art. 237 de la Ley del Régimen Prestacional de vivienda y hábitat (2005) se refiere a *La vivienda de construcción y mejoramiento progresivo*

En este contexto un sistema constructivo basado en la mampostería, tiene en Venezuela un arraigo cultural, tanto para el usuario como para los productores y constructores. Sin embargo, a pesar de que la mampostería estructural tiene ventajas comparativas frente a otros sistemas, su uso en nuestro territorio sin una práctica adecuada, implica riesgos ante sismos y deslizamientos, que se potencian cuando se recurre a la auto producción de componentes o a la utilización de productos sin control de calidad. Esta es una limitante importante en nuestro país. (De Oteiza, 1997).

Otro aspecto a considerar es que, al igual que en otros sistemas de cerramiento portante, se requiere de concientización y capacitación de los usuarios acerca de criterios de sostenibilidad y de las posibilidades de modificar la configuración de la vivienda mediante

acciones que garanticen su estabilidad estructural. Es decir, que no afecten las condiciones de seguridad y resistencia

2.4.4.- Costos comparativos.-

En la fundamentación de la investigación se han señalado cifras globales que indican que los costos de construcción utilizando mampostería estructural de bloques de concreto en muro son menores que los del sistema aporticado de concreto (García 1985, Ferrer 1995). A título referencial se presenta parte de un estudio de la tecnología de bloques de concreto OMNIBLOCK, cuyas características fueron referidas en el punto 2.2.1.1. , que si bien es un caso específico de bloque de concreto estructural, permite evidenciar algunos elementos de interés para la optimización de la aplicación de la técnica.

La metodología utilizada fue el establecimiento de patrones de referencia de algunas de las tecnologías más utilizadas en Venezuela, para compararlos con la MEBC, en proyectos de viviendas unifamiliares de 1 piso y multifamiliares construidos masivamente en el país. En el caso del proyecto de viviendas multifamiliares de 4 pisos, se hizo la comparación tomando como referencia la planta y una altura de 2 pisos, debido a que las proporciones alargadas (7x27) de la planta tomada como referencia, no era apropiada para el caso de la mampostería estructural en edificios de 4 pisos.

El primer aspecto comparado se refiere al estudio de las estructuras de costo de las opciones tecnológicas, con lo cual se pretende analizar las diferencias de las proporciones correspondientes a materiales, mano de obra y equipos de cada una de ellas, para establecer cuáles aspectos de la tecnología estudiada, presentan desventajas respecto a las otras alternativas.

El segundo aspecto se refiere a los costos comparativos de materiales, mano de obra y equipo entre las diferentes tecnologías aplicadas a los dos proyectos referenciales.

Los valores obtenidos del análisis de los presupuestos de obra, se expresan en porcentajes para facilitar su interpretación, partiendo del menor al cual se le asignó el valor de 100%.

El material base para el estudio son los cálculos (Arnal en Marrero 2002 b) de una edificación unifamiliar y otra multifamiliar utilizada en desarrollos del Fondo Nacional de Desarrollo Urbano, FONDUR, los cuales permitieron la obtención de los cómputos métricos correspondientes. Con relación a los precios, se utilizó la Base de datos de costos de construcción CC SISTEMAS CC-014 / Mayo 2001, pero debido a que se expresa en porcentajes no se consideró de interés actualizar las cifras.

Las tecnologías comparadas para vivienda unifamiliar son:

- 1.- OMNIBLOCK[®] reforzado,
- 2.-OMNIBLOCK[®] confinado,
- 3.- Pórticos de concreto armado con losa nervada, y
- 4.- *Pórticos de estructura de acero con Losacero*⁵.

Para vivienda multifamiliar, las tecnologías comparadas son:

- 1.- *OMNIBLOCK[®] reforzado de doble pared,*
- 2.- *Pórticos de concreto armado con losa nervada,*
- 3.- *Pórticos de concreto armado con losa Moderna*⁶
- 4.- Pórticos de acero con placa de losacero.

Análisis comparativo de la Estructura de costos.-

⁵ *LAMINA PLEGADA DE ACERO COMO ENCOFRADO COLABORANTE

⁶ * BLOQUES CONCRETO Y NERVIOS PREFABRICADOS,

Los cuadros A1 y A2 muestran la estructura de costos expresada en porcentajes, para las tecnologías correspondientes a la vivienda unifamiliar y a la multifamiliar.

CUADRO A1.- ESTRUCTURA DE COSTOS (%) VIVIENDA UNIFAMILIAR				
	OMNIBLOCK REFORZADO	OMNIBLOCK CONFINADO	PORTICOS CONCRETO LOSA NERVADA	PORTICOS ACERO LOSA ACERO
MATERIALES	65,90	70,12	70,54	61,28
MANO DE OBRA	28,68	25,69	24,84	26,42
EQUIPOS	5,42	4,28	4,62	12,30
MANO DE OBRA + EQUIPOS	34,10	29,87	29,46	38,62

De la comparación de los datos se deduce que para la vivienda unifamiliar, comparativamente, la mampostería confinada tiene una alta proporción de costo unitario en materiales, lo cual permitiría que los ahorros por eso vía tuviesen mayor influencia que en la mampostería reforzada. Sin embargo, en esta última la optimización para la aplicación de la técnica debería estar enfocada en la mano de obra. En términos generales, la mampostería reforzada tiene valores parecidos a la de los pórticos de acero y la confinada coincide más con la aporticada de concreto.

CUADRO A2.- ESTRUCTURA DE COSTOS (%) VIVIENDA MULTIFAMILIAR				
	OMNIBLOCK REFORZADO DOBLE PARED	PORTICOS CONCRETO LOSA MODERNA	PORTICOS CONCRETO LOSA NERVADA	PORTICOS ACERO LOSA ACERO
MATERIALES	65,90	72,12	72,63	61,29
MANO DE OBRA	28,68	23,65	23,05	26,33
EQUIPOS	5,42	4,23	4,32	12,38
MANO DE OBRA + EQUIPOS	34,10	27,88	29,47	38,71

En cuanto a la vivienda multifamiliar, la mano de obra tiene comparativamente un valor elevado, por lo que podría inferirse la necesidad de optimizar este aspecto para que su utilización sea más eficiente.

Análisis comparativo de costos:

Los cuadros B1 y B2 muestran los costos totales en porcentaje para las viviendas unifamiliares y multifamiliares. Los cuadros C1 y C2 se refieren a los costos unitarios para las tecnologías de referencia y las de MEBC (OMNIBLOCK). Los cuadros D1 y D2, incorporan las partidas de construcción de paredes de bloques de cerramiento de concreto, a fin de homologar las condiciones del análisis con las tecnologías de cerramiento portante.

CUADRO B1.- COSTOS TOTALES VIVIENDA UNIFAMILIAR				
TECNOLOGÍA	OMNIBLOCK REFORZADO	OMNIBLOCK CONFINADO	PORTICOS CONCRETO LOSA NERVADA	PORTICOS ACERO LOSA ACERO
(%)	100,00	115,07	114,59	202,03

CUADRO B2.- COSTOS TOTALES VIVIENDA MULTIFAMILIAR				
TECNOLOGÍA	OMNIBLOCK REFORZADO DOBLE PARED	PORTICOS CONCRETO LOSA MODERNA	PORTICOS CONCRETO LOSA NERVADA	PORTICOS ACERO LOSA ACERO
(%)	100,00	140,63	142,00	214,43

Los datos de los cuadros B1 y B2 señalan la opción de mampostería reforzada como la más favorable, especialmente con relación a la de acero. La ventaja en precios es mayor en los casos de vivienda multifamiliar, debido fundamentalmente a la optimización de las fundaciones pues por norma el diseño mínimo permitido sobrepasa los requerimientos de la edificación de un piso.

Análisis comparativo de costos unitarios.-

CUADRO C1.- COSTOS UNITARIOS (%) VIVIENDA UNIFAMILIAR				
	OMNIBLOCK REFORZADO	OMNIBLOCK CONFINADO	PORTICOS CONCRETO LOSA NERVADA	PORTICOS ACERO LOSA ACERO
MATERIALES	100,00	122,45	122,67	187,91
MANO DE OBRA	100,74	100,13	100,00	186,85
EQUIPOS	110,03	100,00	107,45	507,45

CUADRO C2.- COSTOS UNITARIOS (%) VIVIENDA MULTIFAMILIAR				
	OMNIBLOCK REFORZADO DOBLE PARED	PORTICOS CONCRETO LOSA MODERNA	PORTICOS CONCRETO LOSA NERVADA	PORTICOS ACERO LOSA ACERO
MATERIALES	100,00	172,81	175,74	224,06
MANO DE OBRA	105,97	101,58	100,00	167,24
EQUIPOS	111,09	100,00	102,81	473,05

Los cuadros C1 y C2 indican que la opción de mampostería reforzada (OMNIBLOCK) es la más económica en el renglón de materiales, tanto en unifamiliar como en multifamiliar, siendo en este último caso la diferencia más marcada. La opción de estructura de acero en ambos casos se distancia de las otras analizadas en todos los aspectos. Como vía para optimizar el uso de la mampostería el costo de materiales resulta un factor importante tanto en la reforzada como en la confinada, ya que en la mano de obra no se observan muchas diferencias

Análisis comparativo de costos unitarios considerando el cerramiento .-

El análisis comparativo precedente relativo a los costos unitarios, se realizó considerando solo los *sistemas resistentes*, sin embargo, desde el punto de vista del análisis comparativo de costos de obra hay que recordar que los sistemas de mampostería estructural, constituyen la parte resistente y la de cerramiento. Por lo tanto, a los fines de tener una idea más ajustada al comportamiento económico real de las distintas propuestas, se le incorporó a los costos de los sistemas de esqueleto portante en concreto y en acero, los montos de las partidas correspondientes a los cerramientos con bloques de concreto no estructural a la vista. En los cuadros D1 y D2, se muestran los datos de las opciones para vivienda unifamiliar y multifamiliar.

CUADRO D1.- COSTOS UNITARIOS VIVIENDA UNIFAMILIAR				
	OMNIBLOCK REFORZADO	OMNIBLOCK CONFINADO	PORTICOS CONCRETO LOSA NERVADA (INCLUYE CERRAMIENTO)	PORTICOS ACERO LOSA ACERO (INCLUYE CERRAMIENTO)
(%)	100,00	115,07	133,80	221,24

CUADRO D2.- COSTOS UNITARIOS VIVIENDA MULTIFAMILIAR				
	OMNIBLOCK REFORZADO DOBLE PARED	PORTICOS CONCRETO LOSA MODERNA (INCLUYE CERRAMIENTO)	PORTICOS CONCRETO LOSA NERVADA (INCLUYE CERRAMIENTO)	PORTICOS ACERO LOSA ACERO (INCLUYE CERRAMIENTO)
(%)	100,00	170,04	171,41	283,84

En los datos correspondientes a las viviendas unifamiliares se evidencia que al incorporar los costos de las paredes, la diferencia entre las tecnologías aporticadas de concreto y la de mampostería reforzada llega desde un 15 a un 33 %, siendo aún mucho mayor en el caso de viviendas multifamiliares.

2.5.- CONCLUSIONES.-

El presente trabajo tiene como objetivo definir los lineamientos para incrementar la aplicación de la MEBCM en la construcción de viviendas de bajo costo en Venezuela. Los elementos determinados en el Capítulo I corresponden a los aspectos esenciales de la mampostería estructural de bloques de concreto en muros, identificándose los elementos para mejorar la producción, proyecto y construcción, lo cual es el enfoque que se sigue en la bibliografía e investigaciones especializadas. Se plantea que aún cuando desde el punto de vista de la tectónica del material estas recomendaciones son pertinentes, se requiere del conocimiento de

los factores que condicionan la posibilidad de aplicación de dichos lineamientos en nuestro país. En ese sentido el Capítulo II incluye el análisis de algunos factores contextuales que determinan las fases antes mencionadas y que identifican el rol de la tradición histórica y su relación con el clima, como medio de identificar las tipologías adecuadas para una aplicación “natural” de la MEBCM. Sin dejar de reconocer los aportes que para el conocimiento de la técnica representan los trabajos especializados, se plantea que si no están referidos al contexto concreto de aplicación, no podrán identificarse los medios más apropiados para impulsar las estrategias que los hagan factibles.

Del estudio de *lo cultural y de los tipos de vivienda* que se han desarrollado en el país, concluimos que son compatibles con la tectónica de la MEBCM, debiéndose incorporar elementos de diseño que establecieran una adecuada relación con el contexto, lo que pudimos reconocer en el análisis de la arquitectura oficial y popular que se ha construido en las diferentes regiones climáticas. Por otra parte se detectó que se requiere *una profunda revisión de los factores de riesgo que pueden afectarla*, en especial los geotécnicos, pues si bien es cierto que la tecnología ofrece ventajas comparativas económicas con relación a otros sistemas, *su construcción con base en pequeños componentes exige de un riguroso control de calidad en la producción y construcción*, así como la consideración del ciclo de vida de la edificación desde el proyecto.

Con relación a *las políticas de vivienda*, se identificó como elemento relevante la necesidad de asumir la progresividad como marco para optimizar la aplicación de la MEBCM, en ese sentido, se deben adaptar los materiales y procesos para propiciar ese tipo de construcción por medios participativos y con asesoría técnica.

En cuanto a la producción se revisaron los antecedentes históricos de la industria del cemento, la aparición de las primeras obras importantes que utilizaron bloques de concreto, hasta las características de los componentes que se encuentran en el mercado y consideraciones sobre productos de investigación en el área. De igual forma se revisó la capacidad instalada para la producción, y la normativa existente, la cual podría afirmarse que es prácticamente obviada por la mayoría de los productores. De esta revisión se desprende que si bien es cierto que existe una gran fortaleza para la optimización de la MEBCM en Venezuela, debido a la tradición en su producción, existencia de materiales y mano de obra en todo el territorio nacional, capacidad instalada con un costo operativo y ambiental mucho menor que en el caso de los bloques de arcilla, el problema de la calidad de producción y la manera parcelada con la que se maneja el conocimiento relativa a la técnica, no han permitido que sea competitiva en nuestro país. Por tanto, se requiere impulsar estrategias que incluyan la capacitación, y el cumplimiento normativo, para optimizar las fortalezas descritas.

En cuanto al proyecto, se revisaron las condiciones para poder diseñar viviendas progresivas a partir de los esquemas utilizados en el hábitat popular, se exploraron patrones de diseño que permitiesen el crecimiento y consolidación progresiva, lo cual debe ser tomado en cuenta para el proyecto de viviendas que respondan a los requerimientos sociales. Se evidenciaron las posibilidades de optimizar el proyecto estructural mediante la verificación experimental de proyectos de investigación, debido a que la inexistencia de normas de cálculo específicas conducen a soluciones que no potencian las posibilidades de eficiencia de los materiales, o desconocen las patologías que pueden producirse como consecuencia de detalles inapropiados. Estas experiencias permiten identificar aspectos que deben ser incorporados al conocimiento que manejan los proyectistas.

En cuanto a la construcción se refirieron los aciertos y errores de la construcción formal e informal, para comprender los procesos que deben diseñarse desde el proyecto para obtener los resultados previstos, como por ejemplo la relación suelo-edificación y edificación-contexto, que condicionan la estabilidad y seguridad de la estructura; el criterio para crecimiento progresivo, que determina la repercusión de las unidades constructivas en el terreno, decisiones respecto a fundaciones, instalaciones, techos, y aprovechamiento de los servicios urbanos; los criterios para crecimiento, modificaciones, consolidación de la construcción, mantenimiento preventivo y correctivo, las cuales reducen el impacto en la edificación, prolonga su vida útil y reduce residuos. Del las comparaciones de estructura de costos y análisis de precio unitarios, se pudo inferir que el costo de materiales resulta un factor importante como vía para optimizar el uso de la mampostería tanto en la reforzada como en la confinada, ya que en la mano de obra no se observan muchas diferencias.

La revisión de las condiciones existentes en Venezuela, permitirá establecer los lineamientos para la optimización de la técnica en el Capítulo III.

Referencias

- ACOSTA, DOMINGO. (1986). "Una propuesta para mejorar la productividad". *Tecnología y Construcción*, N° 2. FAU, UCV. Caracas.
- ACOSTA, DOMINGO. (2000 b). "Sistema mixto de esqueleto metálico y mampostería para vivienda progresiva de interés social". *Entre Rayas* N° 34. Caracas.
- ALONSO, JOSÉ LUIS. (1999). "El terremoto de Caracas". *Revista CIV* 370. Caracas.
- CARABALLO, CIRO. (1980). "Tierra cruda en la arquitectura tradicional venezolana". *Revista MINIBUS* 2, Centro de Investigaciones Históricas y Estéticas. FAU. UCV.
- CASTILLA, ENRIQUE Y LÓPEZ, OSCAR. (s/f) *Informe N° 205524. Pruebas sobre bloques y paredes*. Mimeo. Instituto de Materiales y Modelos Estructurales IMME UCV. Caracas.
- CENTRO EXPERIMENTAL DE VIVIENDA ECONÓMICA. CEVE. (1992). *Manual sistema constructivo UMA*. Córdoba. Argentina.
- CILENTO, ALFREDO. (1996). "Sincretismo e innovación tecnológica en la producción de viviendas". Artículo en *Revista Tecnología y Construcción* N° 12-I, UCV, LUZ, Caracas.
- CILENTO, ALFREDO. (1999). "Cambio de paradigma del hábitat". C.D.C.H. U.N.E.S.C.O. Caracas.
- COMAS, CARLOS EDUARDO. (1992). "Identidad nacional, caracterización arquitectónica". En *Modernidad y Post Modernidad en América Latina*. Ediciones Escala, Bogotá.
- COVENIN. (1982). *Norma 42-82. Bloques huecos de concreto*. FONDONORMA. Caracas.
- CURIEL, ERNESTO. (1982). *La arquitectura en regiones de Venezuela*. Trabajo de Ascenso. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Central de Venezuela. Mimeo. Caracas.
- *DECRETO 863, con rango y fuerza de ley, que regula el subsistema de vivienda y política habitacional*. (2000). Gaceta Oficial N° 36.977. República Bolivariana de Venezuela.
- *DECRETO 3.570, creación Ministerio de Vivienda y Hábitat*. (2005) Gaceta Oficial República Bolivariana de Venezuela 38.162. 08 abril 2005.
- DE LLORENS, JOSEPH I. Y SOVEDILLA, ALFONSO. (1997). *Construcción amb bloc de formigó*. Ediciones Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona.
- DE OTEIZA, IGNACIO. (1997). "Posibilidades del yeso en la construcción de viviendas de bajo costo". Artículo *Revista Tecnología y Construcción* 13-I. IDEC. FAU. UCV.
- FERNÁNDEZ COX, CRISTIAN. (1992). "Modernidad apropiada, modernidad revisada, modernidad reencantada". En *Modernidad y Post modernidad en América Latina*. Ediciones Escala, Bogotá.
- GONZÁLEZ LOBO, CARLOS. (2002). "Viviendas y ciudad posibles". *Escala*. Santa Fe de Bogotá.
- LAFUENTE M., CASTILLA E. Y GENATIOS C. (1995). "Propuesta de desarrollo de una norma nacional para viviendas de muros de mampostería estructural". *Boletín Técnico IMME, Facultad de Ingeniería, UCV, Vol. 33, N° 3*. Caracas.

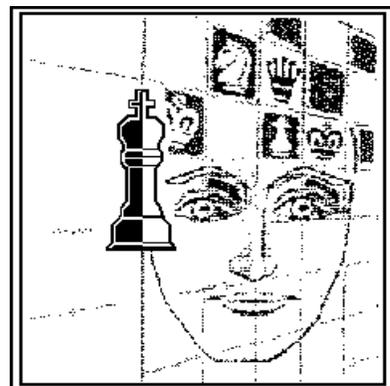
- LEY DE RÉGIMEN PRESTACIONAL DE VIVIENDA Y HÁBITAT. (2005) Gaceta Oficial N° 338.204 del 08 junio 2005. Caracas
- MÁRQUEZ, AUGUSTO. (2003). *Componente modular prefabricado de concreto para placa de fundación superficial reticular alveolada*. Trabajo de Ascenso. FAU. UCV. Mimeo. Caracas.
- MARRERO, MERCEDES. (2001). "Mampostería estructural de bloques de concreto, proceso de diseño de la tecnología Omniblock". *Artículo en Revista Tecnología y Construcción N° 17-III*. UCV LUZ. Caracas.
- MARRERO, MERCEDES. (2002 b). *Tecnología Omniblock. Mampostería estructural de bloques de concreto para la construcción progresiva*. Informe Final Investigación financiada por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CDCH) de la Universidad Central de Venezuela UCV. Mimeo. Caracas.
- POSANI, JUAN PEDRO. (1966). "El eclecticismo criollo". En *Boletín N° 6. Centro de investigaciones históricas y estéticas*. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. UCV. Edición de Arte de Ernesto Armitano. Caracas.
- ROSAS, IRIS. (1988). "Construcción y calidad de la vivienda de los barrios". *Revista Tecnología y Construcción N° 4*. IDEC / FAU / UCV.
- SANTA MARÍA, RODOLFO. (1992). "Algo empieza a ocurrir... está ocurriendo". En *Modernidad y post modernidad en América Latina*. Ediciones Escala, Bogotá.
- UCV, LUZ, ULA, UNET. (1999). *Proyecto 4, materiales, componentes y técnicas de construcción*. Base de Datos del Proyecto. IDEC. Caracas.
- VILLANUEVA SALAS, LUIS. (2002). "La producción semi-industrializada del bloque hueco de concreto en el estado Táchira". *Revista Tecnología y Construcción. N° 18 III*, UCV / LUZ. Caracas.
- VIVAS, FABIOLA Y OTROS. (1997). "Satisfacción residencial en viviendas unifamiliares de área reducida". IV *Encuentro Nacional de la Vivienda. Recopilación*. Ediciones Astro Data. Maracaibo.
- WEISENFELD, ESTHER. (1995). *La vivienda: su evaluación desde la psicología ambiental*. CDCH. UCV. Anauco Ediciones. Caracas.
- WEISENFELD, ESTHER. (1997). *La autoconstrucción, un estudio psicosocial del significado de la vivienda*. CONAVI. Impresos Minipres C.A. Caracas.

PÁGINAS WEB:

- <http://www.cideiber.com/infopaises/Venezuela>
- <http://www.sigoweb.com/mayo.asp>
- <http://www.ventools.com/>

CAPITULO III

Hacia una Visión integral



CAPITULO III.- Hacia una visión integral.-

INTRODUCCIÓN:

El incremento de la aplicación de la MEBCM en viviendas de bajo costo en Venezuela, depende en gran parte, del manejo adecuado de la técnica por parte de los actores involucrados en las fases de su ciclo de vida y de su coherencia con las condiciones culturales y geoclimáticas de cada región, en el marco de principios de sustentabilidad. Como se ha expuesto en los capítulos anteriores, en la práctica proyectual y constructiva, se requiere que la decisión sobre la aplicación de la MEBCM, incluya las posibilidades y limitaciones de la tecnología y su capacidad para la generación de determinadas tipologías, configuraciones y calidades espaciales; así como las opciones de producción de componentes, sus normas y patología, como parte de las decisiones del proyecto. De igual forma, los productores deben ofrecer estrategias de investigación y asesoría para optimizar la utilización de sus productos, y por su parte, los usuarios y organismos reguladores deben exigir el cumplimiento de controles de calidad y proyectos que prevean las modificaciones en el tiempo, sin comprometer la integridad de la MEBCM. En este contexto, el desarrollo de lineamientos con una visión integral es un aporte frente a los planteamientos que corresponden a cada fase aisladamente y ofrece una plataforma para formular políticas públicas en sus diferentes niveles; para el sector productivo de componentes y edificaciones, para las universidades y organismos de capacitación de las comunidades organizadas y de los usuarios que habitan y gestionan los procesos de consolidación, modificación y crecimiento de las viviendas. La síntesis del conocimiento

manejado en el Capítulo I nos permite dar al lector una visión amplia sobre el tema de la MEBCM y proporcionan los lineamientos generales que deben seguirse para su adecuada aplicación. La síntesis de las restricciones del contexto de aplicación que condicionan la MEBCM, desarrollada en el Capítulo II, permiten la toma de decisiones pertinentes para efectos de la producción, diseño y construcción. Sin embargo, su consideración en forma independiente, impide el diseño estratégico de lineamientos que contribuyan a impulsar el incremento de la aplicación de la MEBCM. Frente a este enfoque, se asume el concepto de conocimiento complejo manejado por Morín, (2000), para formular un modelo que incluya en forma integral, las fases del ciclo de vida de la MEBCM para la construcción de viviendas de bajo costo, considerando las condiciones de Venezuela.

El Capítulo III recoge los lineamientos para contribuir a incrementar la aplicación de la MEBCM para la construcción de viviendas de bajo costo en Venezuela, incluyendo los procesos y actores de las fases de su ciclo de vida, e interrelacionando las condiciones generales de la técnica con los factores del contexto de aplicación, a fin de identificar los lineamientos más pertinentes. El contenido se desarrolla en cuatro partes. En la primera se sintetizan los factores fundamentales referidos a la técnica, extraídos del Capítulo I. En la segunda, se exponen las consideraciones de mayor relevancia del contexto de aplicación tratadas en el Capítulo II. En la tercera parte se discuten los principios que apoyan la concepción del conocimiento complejo y la definición de un modelo para diseñar una matriz de relaciones que permita el establecimiento de lineamientos, con una visión sistémica interrelacionada.

En la cuarta parte se desarrolla el modelo y se determinan los lineamientos correspondientes. La discusión permite evidenciar los aportes que generan la propuesta integral con relación al conocimiento parcelado.

3.1.- FACTORES INHERENTES A LA TÉCNICA.-

En la presente tesis doctoral, la MEBCM es estudiada en cuanto a sus posibilidades técnicas, y como generadora de formas y espacios. El conocimiento referido a las fases, de producción, proyecto y construcción que se encuentra en la bibliografía especializada, permitió la selección de los aspectos significativos que fundamentan la definición de los lineamientos para incrementar la aplicación de la técnica y que deben ser manejados por los actores de dichas fases. La síntesis de estos aspectos se expone a continuación:

3.1.1.- Aspectos conceptuales.

- La aplicación de la mampostería estructural de bloques de concreto utilizada en muros parte del enfoque tectónico de la arquitectura y del “tipo” como tecton, al valorar las posibilidades del material como generador de la configuración de la edificación y por consiguiente de la racionalización de su capacidad portante y de cerramiento, lo que contribuye a la reducción del costo total de la construcción.

3.1.2.- Aspectos Productivos.

Se diferencian dos procesos: la producción de los bloques y la de las paredes o muros. El criterio para seleccionar los elementos que constituyen los Aspectos Productivos, fue su ingerencia en las fases de proyecto y construcción, a efectos de definir lineamientos integrales.

3.1.2.1.- Del Bloque:

- La producción de unidades de mampostería consiste en la dosificación y mezcla de cemento, agregados inertes y agua. Según especificaciones especiales, pueden incorporar aceleradores, colorantes, repelentes al agua, silicatos, puzolanas, agregados livianos, etc.
- Existen opciones de materiales para sustituir el agregado, como por ejemplo los obtenidos de desecho agrícolas como las fibras de coco, y/o utilizando cemento a partir de cascarilla de arroz, para obtener beneficios económicos y ambientales.
- Los bloques trabajan a compresión y pueden ser de tipo estructural o de cerramiento, conforme a los parámetros establecidos en la normativa de cada país.
- Para bloques con responsabilidad estructural, es especialmente necesario el control de calidad, lo que es más factible de realizar en la producción industrializada.
- Según el tipo de agregado, los bloques pueden ser pesados (arena y piedra picada), cuyo peso unitario seco es mayor a 2000 Kg/cm^3 , semi pesado (arena, piedra picada y agregados livianos), con un peso unitario entre 1400 y 2000 Kg/cm^3 o livianos (COVENIN 1982, Panarese, 1991) con un peso unitario seco inferior a los 1400 Kg/cm^3 .

- El coeficiente de absorción permitido para cada tipo de bloque, también está definido en las Normas, siendo inversamente proporcional a la capacidad de resistencia de los bloques.
- El diseño de los bloques debe estar en función de sus aspectos productivos, de almacenamiento, transporte, comercialización, normas, aplicaciones en construcción, valores formales y resistentes.

3.1.2.2.- De los muros:

- Su elemento básico es *el bloque*, que trabaja a compresión y aporta la materialidad básica para las funciones de cerramiento y estructura. Estos componentes se mantienen adheridos para comportarse monolíticamente como pared o plano resistente mediante *el mortero*, aunque en algunos casos la configuración de los bloques permite su ensamblaje en seco. El *concreto líquido* y los *refuerzos* de acero y otras opciones alternativas de menor uso, contribuyen a su desempeño a tracción, torsión y corte.
- El *mortero* tiene como función fundamental ser un adhesivo; todas sus otras propiedades, incluida su resistencia, son incidentales. Los componentes del mortero son el cemento, la cal, la arena y el agua.
 - El cemento: Le confiere resistencia a la compresión y valor a la adhesión, colaborando con la trabajabilidad y retentividad.
 - La cal: Es el componente fundamental para asegurar la durabilidad de la adhesión, provee al mortero de plasticidad, cohesión y retentividad

- La 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.
- El agua: Es el componente para que el mortero posea su trabajabilidad.
- El *mortero* se fabrica normalmente con escaso cuidado en su dosificación, lo que va en detrimento del comportamiento de las piezas como una estructura integral, por tal motivo se producen comercialmente mezclas dosificadas para el mortero. Esta opción no es utilizada para viviendas de bajo costo, ya que es menos económica.
- El *concreto líquido* tiene por objeto reforzar internamente la MEBCM conjuntamente con las barras de acero vertical. Está constituido por los mismos materiales que el concreto, pero debe ser mucho más fluido, para permitir su colocación en los canales que se forman al superponer los espacios huecos de los bloques. Esta fluidez se logra con una alta relación agua /cemento y controlando el grado de fineza de la arena.
- El *concreto líquido* incrementa la sección vertical de la pared y contribuye a la resistencia al corte por cargas laterales, une las hiladas de bloque en el sentido vertical y transfiere la tensión de la mampostería al acero de refuerzo, cuando el muro está sujeto a cargas laterales de viento, sismo o empujes del terreno.
- El trabajo fundamental del *concreto líquido* es a compresión, pero debe mantener su trabajabilidad, por lo que debe evitarse el exceso de agua.
- El *acero de refuerzo* para responder a las sollicitaciones de esfuerzos dinámicos producidos por sismos, vientos y empujes del terreno, además de contribuir a lograr mayores aberturas en los muros, requeridas por razones funcionales y/o espaciales.

- Otro aporte del *acero* para la mampostería es contribuir a evitar la patología de fisuración producida por diversas razones tales como asentamientos diferenciales, flexibilidad de las superficies de apoyo y movimientos del terreno.
- El *acero* en la mampostería se coloca según el concepto estructural que se utilice como: *mampostería reforzada*, cuando se coloca interiormente en sentido vertical dentro de los canales internos de los bloques y de manera horizontal entre las hiladas, recubiertas por el mortero, o como *mampostería confinada*, cuando se coloca como marcos de los paños de pared.. En todos los casos los refuerzos se deben conectar con la armadura de las fundaciones, vigas de corona o losas.
- Otras *opciones de reforzamiento* se realizan con mampostería armada post tensada, que consiste en colocar guayas o tirantes de acero ubicados dentro de la mampostería y aplicarle una fuerza de tensión para su alargamiento, y algunos autores han investigado experiencias que proponen la utilización de bambú como alternativa de menor costo para el refuerzo de paredes de bloques.

3.1.3.- Aspectos proyectuales.

Sintetizan los elementos fundamentales para el proyecto que tienen relación e ingerencia con las fases de producción y construcción, para facilitar la comprensión del rol de cerramiento portante de la MEBCM, se presentan en forma separada los aspectos referidos a la configuración, los relacionados con su comportamiento portante y con las instalaciones.

3.1.3.1.- De la configuración:

- Desde el punto de vista morfológico constructivo, la mampostería estructural es una envolvente continua, capaz de resistir compresiones simples o compuestas y con poca resistencia a la tracción, por lo que requiere ser reforzada con elementos de acero, para asegurar una adecuada respuesta a los esfuerzos laterales.
- La mampostería estructural, está incluida en los sistemas de *superficie activa*, en los que las paredes portantes definen el espacio. Las superficies se combinan para formar mecanismos transmisores de fuerzas, siendo necesario en el caso de la mampostería estructural, una adecuada conexión de los planos y elementos resistentes, que le permita comportarse como un sistema homogéneo, con continuidad estructural en dos direcciones y resistencia superficial. La forma está condicionada por las leyes de la mecánica.
- Las decisiones proyectuales determinan la sostenibilidad de la construcción.
- El proceso proyectual implica una composición basada en la coordinación modular y regularidad compositiva, así como una identificación rigurosa de los aspectos morfológicos y espaciales.
- La coordinación modular se basa en las unidades de mampostería y condiciona las decisiones de diseño formal, espacial, de aberturas, estructuras e instalaciones, así como la selección de materiales y componentes de recubrimiento, cerramiento y servicio.

- El proceso proyectual de la mampostería estructural requiere la obtención del equilibrio de las formas y espacios de la edificación, pues de esto depende su desempeño estructural.
- La configuración del edificio y la determinación de las relaciones exterior interior, deben estar intrínsecamente comprometidas con la función estática-resistente
- La disposición y proporciones de llenos y vacíos, deben tomar en cuenta las propiedades portantes del cerramiento, de manera de contribuir a la distribución de las cargas.
- Las posibilidades del manejo formal, están determinadas por la necesaria continuidad de los cerramientos portantes y diafragmas, constituidos por losas de entrepiso y techos. Esta condición requiere que se asuman estrategias de diseño que aborden simultáneamente el problema de la forma, el espacio y la estructura, las cuales pueden agruparse en dos tendencias: diseños de forma por sustracción o diseños por adición.
 - *Forma por Sustracción:* Se obtiene mediante el “tallado” de una forma regular, bien sea eliminando volúmenes ó produciendo el efecto de “hendidura”. El “tallado” supone la previsión de mantener condiciones de equilibrio en la densidad del volumen total y la coincidencia del centro de rigidez y el de masa.
 - *Forma por Adición:* Suele ser la más utilizada. Parte de la organización de la forma mediante patrones de ordenamiento, en torno a espacios de circulación, ventilación o condiciones de parcelamiento. Según estos patrones, la adición se realiza en forma *centralizada, radial o lineal*.

- Según el tipo de requerimientos de las áreas sociales, privadas y de servicio, los criterios de organización de la edificación deben comprenderse más allá de sus obvias relaciones funcionales y espaciales, pues son los elementos tridimensionales que permiten lograr el equilibrio de masas y densidades de la construcción. Entendiendo por densidad la relación entre la cantidad de paredes que limita un espacio y el área de planta que define.
- El concepto espacial puede manejarse básicamente con dos tendencias
 - Como un *espacio único*, que se divide internamente y da origen a las diversas áreas para el desarrollo de las funciones
 - Espacios tipo *celdas* que se agrupan mediante diversas formas de conexión. Los *patrones de organización* son definidos por el tipo de interconexión que proporciona a los espacios. Generan espacios *comunicados*, por aberturas, a través de un *nodo* de circulación; espacios *relacionados*, mediante un corredor aporticado (definido por pórticos); espacios *integrados visualmente* en el mismo nivel, o en diferentes pisos y espacios *fluidos* con muros desfasados.
- Las aberturas en la mampostería estructural tienen carácter estructurador, pues además de ser el relacionador espacial, fuente de luz, aire y ruido, representan una interrupción de la estructura portante que constituye el cerramiento.
- Tanto en los muros como en los diafragmas (losas), las aberturas deben ser cuidadosamente dispuestas para no introducir debilidades en el sistema resistente.

- Las aberturas deben preverse desde el proyecto considerando la optimización del uso de los materiales
- La forma recomendada para las aberturas en las que se ubicarán vanos, puertas y ventanas es la alargada en el sentido vertical, su ancho debe ser proporcionalmente menor que el plano en el que está contenida y debe ubicarse separada de los bordes de la pared.
- En las losas de entepiso y techo, también llamados diafragmas, se debe asegurar la rigidización del perímetro como medio de permitir la transición de los esfuerzos a las paredes.
- Otro aspecto importante a considerar es su dimensionamiento tanto en sentido vertical como horizontal, ya que el mismo debe ser coherente con la retícula de diseño que corresponde a la unidad de mampostería con la que se diseñe el proyecto.
- El estudio de detalles como goteros, juntas, refuerzos perimetrales de los vanos, deben ser incorporados tomando en cuenta las posibles patologías propias de la MEBCM
- Independientemente de las opciones de color y textura mediante la incorporación de acabados de distinta naturaleza, el bloque de concreto posee una potencialidad expresiva intrínseca, dado por las diferentes configuraciones, diseños de mezcla y aparejo de las piezas.
- La textura puede variarse mediante la utilización de agregados con diferentes propiedades físicas de granulometría, color, absorción o propiedades químicas, separadamente o mezclados. También pueden generarse texturas mediante el diseño de moldes especiales, cortes de piezas compuestas, etc.

- La tecnología disponible permite obtener concretos con color, mediante la incorporación de óxidos y pigmentos inorgánicos a la mezcla. Sin embargo, la permanencia de las tonalidades en el tiempo está condicionada a su proceso de producción, al tipo de material o aditivo que le otorga el color y a las condiciones del medio donde está la construcción.

3.1.3.2.- Del comportamiento resistente.-

- En la mampostería estructural de bloques de concreto, corresponde a las paredes ejercer la doble función de cerramiento y soporte. Se fundamenta en la existencia de una serie de elementos interconectados, capaces de formar mecanismos transmisores de fuerzas, con continuidad estructural en dos direcciones y resistencia superficial, unidos por techos o entrepisos que actúan como diafragmas rígidos capaces de repartir las fuerzas laterales en proporción a las rigideces de los muros. Por este motivo es imprescindible preservar las características de homogeneidad, continuidad y confinamiento, que garanticen el comportamiento del sistema.
- Uno de los factores más importantes para comprender la concepción estática de la mampostería estructural es que su comportamiento estático es tridimensional. Los elementos que la conforman son los muros portantes, que son responsables de las cargas verticales, los muros de arriostre que atienden cargas horizontales, y las placas que atienden la distribución de las cargas a los muros y funcionan como diafragmas rígidos en su plano. El aspecto fundamental del sistema es la interconexión de sus partes, siendo las deficiencias en este sentido, el aspecto más vulnerable en caso de sismo

- Concebir la MEBC como una forma resistente formada por planos plegados puede representar economías, pues su forma colabora aumentando la inercia de los componentes y minimiza las exigencias del material de refuerzo. La configuración permite tener mayor fluidez en el espacio interior.
- La mampostería por ser muy rígida y frágil, es sensible a los sismos, pero se ha comprobado (Castilla 1997, 2003) que con refuerzos y confinamientos adecuados tales estructuras pueden ser capaces de soportar deformaciones apreciables aunque esto implique cierto agrietamiento en los muros.
- Las acciones sísmicas producen un movimiento repentino de las fundaciones que originan principalmente fuerzas horizontales de tipo inercial, como efecto de la aceleración de la masa del edificio que incluye las cargas propias de la edificación y las cargas vivas (mobiliario, personas, equipo, etc.). El comportamiento del edificio puede estudiarse considerando varios parámetros, uno de ellos es el período de oscilación, que consiste en el tiempo, medido en segundos, en que una edificación realiza una oscilación completa. El período varía según la altura y el tipo de deformabilidad de la estructura. En el caso de la mampostería estructural, el comportamiento es rígido en edificaciones bajas hasta 4 pisos, y el período de su oscilación es mínimo, solo algunas décimas de segundo
- La acción sísmica de los edificios está condicionada por el tipo de suelo donde está fundada la construcción. Los suelos blandos amortiguan las vibraciones de período corto y amplifican las de período largo.

- Las solicitaciones sísmicas en un edificio de cerramiento portante se transmiten principalmente: a) en el sentido longitudinal o transversal, de una pared a la otra, en el mismo plano, b) del plano de la pared a la losa en la que se apoya, c) de losa a la pared del plano sustentante. Es importante la conexión muro-losa para la resistencia a las acciones sísmicas y la rigidez de la losa para la mejor transmisión de las fuerzas al muro portante.
- Una pared puede sostener una fuerza horizontal ortogonal a su plano que produzca solicitaciones de flexión, porque soporta una carga axial vertical. Superado el límite de flexión, se crea el de la tracción y la resistencia al efecto de la deformación debe ser transferido a la armadura metálica.
- Las solicitaciones de corte, dependen de la resistencia y adherencia del mortero y de la disposición de los componentes del muro. Los efectos torsionales por su parte, dependen de la distribución de las rigideces del muro y de la coincidencia de su centro con el centro geométrico del edificio.
- Debe mantenerse la homogeneidad de los materiales utilizados en el muro, de forma de obtener una estructura que no sea más débil o más fuerte en unos sectores que otros. No es conveniente utilizar combinaciones de bloques de concreto con bloques de arcilla ni bloques de diferentes tamaños o con distintos números de celdas.
- Geométricamente la simetría puede establecerse según los ejes que pasan por el centro de la planta, pero en el caso de la mampostería portante lo más importante es la simetría estructural, ya que es determinante para garantizar la coincidencia del centro de rigidez y el centro de masa. Sin embargo, no sólo la asimetría geométrica es capaz

de producir torsiones, también la distribución irregular de cargas y los entrantes en las configuraciones aparentemente simétricas.

- Los vacíos para escalera y ascensores dispuestos asimétricamente, también generan torsiones, aún cuando la configuración geométrica y estructural del edificio sean simétricas. Esto representa una falsa simetría.
- En cuanto a la rigidez del volumen total, es importante que esté equilibrada. Deberá evitarse que el largo de la edificación, sea mayor al ancho más de 4 veces. De igual forma, la altura no deberá sobre pasar 3 veces el ancho
- Los edificios y sus diferentes cuerpos deben ser lo más simétricos posibles respecto a ambos ejes para evitar esfuerzos de torsión. La simetría también es deseable en la ubicación y el tamaño de las aberturas para puertas y ventanas, tanto como sea posible.
- La planta del edificio debe ser lo más regular posible. Un rectángulo simple se comporta mejor ante un sismo que otras formas como L, U, etc., debiendo controlarse que los posibles salientes en la planta sean pequeños.
- Si el edificio requiere necesariamente de cierta asimetría o de secciones alargadas con longitudes mayores a tres veces su ancho se recomienda dividir el mismo en bloques, mediante juntas, con suficiente separación entre sí (3 a 4 cm).
- La simplicidad en el diseño de la edificación es aconsejable para un mejor comportamiento sísmico. La ornamentación que se le de al edificio debe contar con el refuerzo de acero requerido según sea el caso.

- Las edificaciones que se conforman por áreas cerradas como “cajas rígidas” se comportan bien ante el sismo por eso debe tenderse a colocar muros transversales en los edificios largos de manera que conformen esas “cajas”.
- Los muros resistentes se dispondrán, en planta, de modo que garanticen un sistema estructural sismorresistente en dos direcciones ortogonales.
- Según cada una de las dos direcciones ortogonales deberá contarse con una densidad de muros suficiente para resistir las acciones sísmicas.
- Para que un muro soporte adecuadamente las fuerzas sísmicas debe tener continuidad en su desarrollo vertical desde su punto más alto hasta la base de la edificación.
- Los entrepisos y techos en construcciones de más de una planta deberán conformar diafragmas rígidos y resistentes en su plano para transmitir adecuadamente los esfuerzos de corte a los muros resistentes.
- Todos los elementos estructurales deben estar bien conectados para transmitir adecuadamente las fuerzas sísmicas.
- Las armaduras de refuerzo del piso superior deberán ser continuación de las armaduras del piso inferior, para lo cual deberán estar bien empalmadas entre sí.
- No es conveniente mezclar sistemas estructurales con diferente capacidad de disipación de energía.
- Se evitarán variaciones bruscas de resistencia, rigidez y masa, tanto en planta como en elevación.
- Se procurará en lo posible que los muros apoyen en sus cuatro bordes a fin de soportar mejor los esfuerzos perpendiculares a su plano.

- Los muros perpendiculares deben estar bien vinculados entre sí, garantizando una adecuada trabazón.

3.1.3.3.- De las instalaciones:

- La MEBCM requiere el manejo integral de los conceptos resistentes/ espaciales y de instalaciones, pues las incoherencias entre estos aspectos se traducen en insuficiencia del sistema, origina gran cantidad de residuos, remiendos y modificaciones que complican y encarecen la solución.
- Las instalaciones deben ser diseñadas de tal manera que la distancia hasta el exterior sean mínimas. Su recorrido vertical debe ser propuesto de la manera menos agresiva, bien sea superficial, en ductos, o en elementos no estructurales.
- Se deben adoptar técnicas que reduzcan los desperdicios originados por las roturas de los muros en función de criterios de sostenibilidad.
- No es recomendable utilizar tuberías de PVC no confinadas en paredes, debido a los efectos nocivos que producen en caso de incendio y a fin de evitar el deterioro temprano de las mismas.
- El uso de instalaciones embutidas requiere de consideraciones particulares debido a la doble función de cerramiento portante de las paredes, se recomienda el uso de ductos y canalizaciones para evitar la discontinuidad de planos resistentes y zonas estructuralmente débiles que pueden incidir e la aparición de daños por solicitudes de carga dinámica.
- Las tuberías pueden ubicarse en paredes en las paredes no estructurales, lo cual es una determinante para el proyecto de edificaciones con MEBCM.

- La opción de instalaciones superficiales ofrece 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.
- El proyecto debe incluir un nivel de detalle que permita orientar la ejecución estética y eficiente de las instalaciones, particularmente en el caso de instalaciones superficiales., así como propiciar la agrupación de espacios servidos, concentración de redes, reducción de recorridos, empleo de ventilaciones cloacales húmedas y otros, que no menoscaben la capacidad portante de los cerramientos portantes, lo que además de optimizar el funcionamiento de las instalaciones, incide directamente en la estructura de costos.
- 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, deben considerarse tanto en la etapa de diseño como de ejecución de obra, sus limitaciones en cuanto a la fragilidad a los esfuerzos de compresión e impacto, su vulnerabilidad ante los rayos ultravioleta, los cuales lo degradan haciéndolo perder su elasticidad y volviéndolo quebradizo y sobre todo, su condición de material combustible y generador de gases tóxicos y sus propiedades como material no biodegradable y altamente contaminante.

- En el caso de las instalaciones superficiales, hay que diferenciar las instalaciones sanitarias, de las eléctricas, ya que en las primeras el mobiliario y artefactos sanitarios contribuyen a organizar y mimetizar la construcción y su presencia se circunscribe a sólo parte de la edificación.
- En el caso de las instalaciones eléctricas superficiales, su presencia en toda la edificación 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.
- El Mantenimiento de las instalaciones es otro factor determinante, en especial si consideramos el Ciclo de Vida de la obra. En ese sentido se observa que 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 y facilitan su reparación o sustitución.

3.1.4.- Aspectos constructivos.

- La MEBCM propicia la sostenibilidad si se construye bajo los siguientes parámetros:
 - Construir bien desde el inicio y reducir los desperdicios: Por estar constituida por pequeños componentes modulares que facilitan proyectar utilizando coordinación dimensional para reducir los desperdicios.

- Reducción del consumo energético y producción local y flexible; ya que tienen un proceso de producción sin cocción que puede ser realizada en grande o pequeñas plantas. Aún cuando el cemento tiene altos valores de energía incorporada, su uso en bloques es menos intensivo que en estructuras de concreto.
- Reducción del consumo de recursos; pues permiten la construcción progresiva (crecimiento y consolidación mediante mejoras de acabados) acorde con las posibilidades económicas de los usuarios, sin tener que demoler las etapas iniciales construidas.
- Reducción de la contaminación y peligros para la salud; debido a que brindan confort térmico desde la fase inicial de su utilización tanto por las características de conductividad del material, como por su cámara interna de aire, son materiales de gran durabilidad, higiénicos, resistentes ante el fuego, y a la intemperie.
- El cemento es un material cuyo proceso es contaminante. A pesar de su baja incidencia, se requiere establecer controles de tipo ambiental. La MEBCM permite la eliminación de encofrados de madera, debido a que los bloques de concreto presentan canales interiores que permiten su uso como encofrado perdido.
- Condicionar la ubicación de las plantas de producción de manera de reducir los costos de distribución del producto y del acarreo de la materia prima, lo que es especialmente importante, debido a su elevado peso e incidencia en los costos y factores insustentables del transporte.

- La producción de bloques de concreto permite la utilización del reciclaje de residuos de otros procesos productivos para mezcla, así mismo, posibilita el uso de desechos en la producción de bloques,
- El diseño de mezclas para elevar resistencia, a fin de reducir el área de componentes para obtener mayor área útil, así como la incorporación de elementos que permitan la reducción del peso y aumenten la capacidad de resistencia a la flexión para reducir el riesgo sísmico, son criterios que protegen al ambiente por potenciar la durabilidad del producto.
- Por ultimo es importante señalar que por la forma sencilla de producción del bloque, se puede incorporar acabados de textura y color que significan ahorro de recursos y energía en la obra.
- La mampostería estructural de bloques de concreto por partir de componentes modulares permite el diseño de edificaciones utilizando la coordinación modular, lo cual permite optimizar el aparejo de los bloques y reduce los desperdicios y sus costos.
- El control de calidad, la capacitación y la asistencia técnica, son claves para asegurar un mejor intercambio de la mampostería estructural con el ambiente. Ello implica incorporar al plan de la obra la recolección y comercialización de residuos para su reciclaje en forma de agregados para nuevos componentes, el uso mano de obra bajo una gerencia productiva que incluya la organización sistemática de las secuencias y tipos de trabajo, así como de los flujos de entrada y salida de

- materiales, cuadrillas, y el uso racional de maquinarias, a fin de lograr ahorro energético en la construcción.
- Es importante que a nivel de proyecto se incluyan conceptos de crecimiento, consolidación, mantenimiento y cambio, que permitan orientar a los usuarios en la mayor eficiencia de la obra a lo largo de su vida útil. En este sentido deben preverse a nivel de proyecto la construcción de procesos independientes de montaje del envolvente, las instalaciones, los cerramiento y acabados, aplicando el criterio de sincretismo tecnológico (Cilento, 1996) al combinar componentes producidos localmente con componentes provenientes de la industria.
 - Otra ventaja es la cámara de aire incorporada al bloque, lo que propicia el logro de confort térmico en la edificación y el consiguiente ahorro de energía desde su primera etapa de consolidación.
 - Un estudio avanzado del ciclo de vida de la construcción de muros de mampostería de bloques de concreto debería permitir calcular detalladamente todos los intercambios producidos en el medio ambiente. Es decir, un detallado análisis de los desperdicios y los desechos, así como del consumo energético producido en cada subproceso a lo largo del ciclo de vida. De esta manera se determinaría el impacto sobre el ambiente y las cantidades de material susceptible a ser reciclado o reutilizado.
- La MEBCM requiere una adecuada cohesión y rigidez, por lo cual frecuentemente se utiliza la losa fundación (Gallegos, 1989b). Sin embargo, es posible utilizar vigas fundación, en caso de terreno que por sus condiciones aseguren la ausencia de asentamientos diferenciales.

- Es especialmente importante para la selección de las fundaciones, el conocimiento del suelo, ya que por su rigidez, la mampostería estructural requiere de un apoyo homogéneo y estable, a fin de evitar el agrietamiento, por lo que debe estudiarse soluciones para disipar los empujes que se generan en caso de suelos arcillosos.
- En cuanto a los costos como uno de los criterios de selección, se ha establecido en algunas investigaciones (Márquez en Marrero, 2002 b) que tanto para la vivienda unifamiliar como para la multifamiliar la alternativa de menor costo es la *losa de fundación*, la cual varió aproximadamente entre un 36% y un 55% por debajo del costo de la alternativa de *fundación directa*
- En cuanto a los muros, deben ser construidos para garantizar su comportamiento como un todo homogéneo, para lo cual es imprescindible la adherencia entre el mortero y las piezas. Se ha demostrado (López, Castilla y otros, 1986) que la presencia de la cal es significativa para la adherencia del mortero.
- Otro aspecto importante es evitar el humedecimiento de las piezas y aplicar el mortero en capas pequeñas de no más de 1 cm., ya que su excesivo espesor produce la aparición de grietas a lo largo de las juntas, debido a diferencias en los módulos de elasticidad.
- La forma de disposición de los bloques, representa una condición fundamental para el comportamiento homogéneo de la mampostería. En los ensayos de laboratorio realizados sobre muros a escala natural (Castilla, 1995; Marrero, 2002 b) se evidencia como condición típica de los muros sometidos a esfuerzos de tracción, la línea de ruptura en las juntas, debido a que los módulos de elasticidad de los bloques y morteros son diferentes. Por ello,

se recomienda construir las paredes colocando los bloques a junta perdida, a fin de evitar la continuidad de las líneas de corte.

- Otro aspecto importante investigado (Castilla, 1997) se refiere a la necesidad de recurrir a mecanismos estables de disipación de energía inelástica para el control de daños de estructuras sismorresistentes. En este sentido, se identifican las zonas vulnerables y los materiales que pueden cumplir con dicho control. El acero de refuerzo vertical en mampostería armada internamente permite disipar la energía que se produce cuando la mampostería cede ante el volcamiento producido por las fuerzas laterales, pero esta zona coincide, por mala práctica constructiva, con el solape de los aceros de refuerzo vertical y el acero que proviene de las fundaciones. El estudio evaluó experimentalmente la incidencia de las variables fundamentales tales como el tamaño del bloque, el diámetro de las barras de acero, la resistencia del concreto líquido y el recubrimiento efectivo de las barras.
- En general el criterio debe ser la preservación de la continuidad de las superficies que transmiten las fuerzas, así como el equilibrio en cuanto a su disposición en dos direcciones. Se han establecido (Gallegos, 1989 b), algunas proporciones que permitan evaluar la validez de los diseños:
 - Proporciones en elevación de los muros: H/L , siendo H la altura total del muro y L la longitud, los valores comprendidos entre 2 y 4, son ideales, y los valores entre 1 y 2, y entre 4 y 5, son aceptables.

- Longitud total de los muros: lo ideal sería que la suma de la longitud de los muros en una dirección, sea la misma que en la otra dirección. Al sumar la longitud de todos los muros ubicados en *cada dirección*, debe alcanzarse una cifra mínima expresada en ml, según la siguiente fórmula:
 - $L = 0,042 \times A \times N$, donde L es la longitud total de muros (e=12 cm) en cada dirección, expresada en ml, A es el área de planta en m^2 y N es el número de pisos.
- En zonas sísmicas, es imprescindible la existencia de vigas de corona y refuerzos que aseguren la resistencia de la edificación ante cargas laterales.
- En cuanto a la rigidez de los muros, la mayoría de las normas estudiadas, coinciden en la necesidad de refuerzos en las trabas de pared los cuales no deben estar mas distantes que 1,5 veces la altura. En caso de espacios menores, se colocará un refuerzo intermedio y se podrá aumentar la rigidez de la pared utilizando planos perpendiculares al muro que actúen como contrafuerte.
- Las losas son diafragmas rigidizantes en el sistema de superficie activa, por tanto, deben mantener las características de simetría, continuidad, robustez y competencia torsional requerida para los elementos verticales. En caso de requerirse una abertura interna, la relación área de abertura / área total, deberá ser menor o igual a 0,3 y deberá ubicarse de forma que no impida el adecuado arriostramiento de los muros.

- Los muros de mampostería requieren estabilidad y homogeneidad en su superficie de apoyo, ya que por ser elementos rígidos, son vulnerables ante las deformaciones producidas por el tipo y resistencia del suelo, y las condiciones de las vigas y losas de los entresijos. En este sentido merece especial interés el diseño de fundaciones y detalles apropiados, que garanticen su estabilidad.
- Otro aspecto importante es la calidad de los bloques y del mortero que deben fusionarse para conformar piezas monolíticas.
- De igual forma, es importante mantener control sobre el espesor del mortero, los elementos de refuerzo y de confinamiento, los recubrimientos de las barras de acero, su anclaje y su solape.
- Muchos de los daños en los muros se producen como consecuencia de movimientos originados por cargas laterales de viento o de sismo, lo que hace indispensable la disposición de elementos de refuerzo que permitan disipar la energía inelástica producida. Estos refuerzos requieren fundamentalmente de un adecuado diseño de los anclajes para asegurar la unión de los planos verticales y horizontales. En caso de edificaciones ya construidas, algunos estudios (Government of India, 2001) proponen soluciones de refuerzo externo para mejorar sus condiciones de respuesta.
- Otro tipo de movimiento son las retracciones por efecto térmico o por humedad, lo cual puede afectar las superficies de contacto entre materiales diferentes, tales como marcos, perfiles metálicos, por lo cual se debe prever la ejecución de uniones apropiadas

- Los problemas de permeabilidad al aire y al agua, se produce por fallas de ejecución del mortero, filtraciones de las instalaciones, humedad del suelo y por oxidación de los elementos de refuerzo. Como en los otros casos estos problemas deben preverse en la etapa de proyecto y mediante la supervisión de la obra, pero en caso de que se presenten, debe removerse el material y aplicar productos impermeabilizantes o sellantes y reparar las filtraciones.
- El primer factor depende de la calidad del bloque y del mortero, que deben tener homogeneidad de color, textura, absorción y resistencia. El agrietamiento, se produce debido a la deformación del apoyo del muro, surgido por las deformaciones elásticas de la losa. Inicialmente el muro, debido a su rigidez, no sigue las deformaciones de la losa, porque actúa con un mecanismo de arco autoportante. Cuando el material no soporta las tracciones de la parte inferior del muro, por lo general se producen fisuras verticales en la parte inferior central del muro, fisuras horizontales debajo del arco de compresión y fisuras diagonales sobre el arco. Para evitar este efecto se debe contar con losas rígidas. Otras recomendaciones, como la alineación de los planos verticales de los muros y la utilización de refuerzos horizontales entre las hiladas de bloques, sobre todo en la parte inferior, refuerza el mecanismo de arco.

3.2.- FACTORES INHERENTES AL CONTEXTO DE APLICACIÓN.-

Las propuestas de materiales y tecnologías para la construcción, además de sus condiciones técnicas, deben incorporar las restricciones relativas a su contexto. En el caso de la MEBCM en Venezuela se determinaron factores condicionantes de tipo general y aspectos referidos a la producción, proyecto y construcción. Estas consideraciones constituyen la interfase que establece la pertinencia.

3.2.1.- Factores Generales.-

- La aplicación de la MEBCM en cada región está en función de sus posibilidades de producir el tipo de vivienda culturalmente aceptada.
- La tipología arquitectónica debe responder a *“todos aquellos contenidos simbólicos capaces de trascender las circunstancias particulares de programa y sitio”*, a través de dos estrategias, una, la repetición de *“soluciones arquitectónicas consideradas emblemáticas”*, tales como elementos materiales o esquemas compositivos abstractos, y la segunda, la *“reiteración de atributos distintivos del temperamento, paisaje, clima, o modo de vida nacional, teniendo como telón de fondo las capacidades técnicas y los recursos naturales disponibles”* lo que ha sido denominado *“espíritu de la época”* y *“espíritu del lugar”*, que en definitiva no es más que la pertinencia.
- La tectónica de la mampostería estructural de bloques de concreto en Venezuela debe ser manejada conforme a la caracterización e identidad de cada región con marcadas diferencias geográficas, climáticas y culturales, sin perder la referencia con el desarrollo de la disciplina en general

- Las características climatológicas básicas de las regiones, determinan las tipologías arquitectónicas. Estas a su vez deben ser tectónicamente compatibles con la MEBC para ser aceptada culturalmente
- La configuración de las edificaciones apropiadas para el Clima tropical seco (altitud 0-600 m.s.n.m.) es la de volúmenes cerrados hacia el exterior y abiertos hacia adentro, con espacios abiertos, sombreados y ventilados. La orientación preferente para las fachadas de mayor longitud es la norte-sur. Se recomienda utilizar elementos para generar sombra sobre techo y paredes, superficies exteriores lisas y blancas, techos altos con aleros, aberturas exteriores escasas, pequeñas y altas y aberturas interiores amplias, bajas y numerosas (Curiel, 1982). La casa *aislada*, por lo general tiene patio interno con corredores, el cual es tratado como fuente de ventilación, cual se logra con un adecuado tratamiento del perímetro, con extensos corredores en zonas cálidas. Como respuesta local al clima aparece el corredor perimetral, el cual es utilizado como un filtro, formado por paredes con pequeñas aberturas.
- Las edificaciones apropiadas para el Clima tropical húmedo (altitud 600 - 1500 m.s.n.m.) son volúmenes abiertos, con continuidad de espacios exteriores e interiores, utilización de elementos que generen abundante sombra y que propicien la adecuada ventilación. Se recomienda el diseño de edificaciones elevadas del suelo, con balcones, corredores, galerías, aleros pronunciados, paredes perimetrales muy permeables, y aberturas a ambos lados de los ambientes (op.cit). La *vivienda continua*, se caracteriza por una organización lineal de los espacios, que pueden ser construidos como cerramientos portantes. Estos se relacionan con el exterior a través de uno o dos

patios, vinculados con los espacios cerrados mediante el uso de corredores interiores, resueltos con sistema aporticado o aleros para protección ante el clima. en parcelas de poco frente, típico del medio urbano.

- Las edificaciones para el Clima montano (Altitud 1500-2500 m.s.n.m.) están constituidas por volúmenes compactos, a fin de reducir la ganancia de calor durante el día y la pérdida de calor durante la noche, los límites de espacios exteriores e interiores deben ser bien definidos, las paredes exteriores deben ser gruesas, rugosas, de color oscuro, para mayor absorción de radiación solar en espacios de uso nocturno, menor altura de techos, las aberturas no requieren de protección solar hacia el este, deben ser pequeñas y altas (op.cit). También el patio es utilizado como fuente recolectora de calor en las casas parameras, debido a que al combinarlo con perímetros cerrados, se forma una burbuja de aire caliente, que al no poder ser sustituida por flujos de aire, contribuye al calentamiento interior de la vivienda.
- La Vivienda informal en Venezuela se construye principalmente con mampostería en los barrios de ranchos. Por tanto, es importante la capacitación de la población sobre las potencialidades y limitaciones de la técnica para la construcción y transformaciones, procedimientos y normas para la adecuada práctica constructiva, basadas en criterios de sustentabilidad, en especial en zonas de alto riesgo y sobre las opciones para obtener el asesoramiento previsto en la Ley de Vivienda y Hábitat.

- En el caso de la MEBCM existe mayor factibilidad de optimizar su aplicación en aquellas regiones de la tradición constructiva de cerramientos portantes iniciada por las tribus sedentarias, que evolucionó y se extendió a lo largo de la geografía, con excepción de las comunidades indígenas aisladas en Zulia y al sur del país.
- En cuanto a la tipología de edificaciones como respuesta climática en las diferentes regiones, los recursos volumétricos y espaciales identificados pueden ser construidos conforme a las potencialidades técnicas de la MEBC, y debe incorporar no solo los aspectos de producción del material y la tecnología, sino estrategias que impulsen la utilización de la mano de obra y parque productor de materiales, además de la definición de políticas de vivienda para en las diversas regiones del país que culturalmente tienen tradición de construcción de viviendas con mampostería.
- El 75% de la población vive en zonas sísmicas (Marrero, 2000) En relación a la MEBC, su potencialidad está condicionada a la posibilidad de obtener control de calidad en los bloques y normas de cálculo que permitan la popularización del método. Los estados de mayor riesgo se encuentran en toda la zona norte del país, desde oriente hasta occidente
- Se requiere la instauración de normas para las fases de proyecto y construcción y de mecanismos de control para las normas de producción, además de capacitación técnica a los actores de dichos procesos y diseño de campañas de información a los usuarios sobre el tema, a fin de que exijan el cumplimiento de los controles de calidad.

- El Poder Nacional, no ha tenido capacidad ni eficiencia para enfrentar el problema de alojamiento de la población. En el 2005 se creó el Ministerio de Vivienda y Hábitat, para integrar las funciones que se habían venido realizando desde los organismos especializados a nivel nacional.
- La Ley de Régimen Prestacional de Vivienda y Hábitat (2005) ratifica la vigencia de adoptar el concepto de progresividad, como estrategia para poder obtener a largo plazo, una vivienda de dimensiones y condiciones aceptables. Por tanto, se debe incentivar el interés de los arquitectos hacia el campo del diseño de viviendas de bajo costo, considerando como variables fundamentales, las formas de producción previstas por las políticas de vivienda sin perder de vista el reto de mejorar la calidad de vida a través de propuestas que no sacrifiquen los requerimientos de habitabilidad.

3.2.2.- Aspectos referidos a la producción.

- La producción del cemento está en estrecha relación con las empresas productoras de bloques y otros materiales tales como tuberías de concreto y prefabricados, que constituyen un mercado seguro para su producto. La red de suministro de cemento propicia la producción de bloques de concreto tanto de manera industrializada, como en forma artesanal.
- Tradicionalmente ha sido más utilizado en nuestro país el bloque de arcilla que el de concreto, pues había una diferencia favorable de precio y peso; luego de la aparición del bloque liviano en el mercado, no hay diferencias relevantes, aún cuando culturalmente continua en la mayor parte del territorio nacional, la preferencia por el bloque de arcilla.

- La labor de investigación realizada en universidades ha dado lugar a componentes y nuevas formas de construcción, que pudiesen representar avances en la práctica constructiva popular. Muchos de estos esfuerzos no logran materializar su presencia en el mercado, debido a la resistencia al cambio, a 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.
- La producción y distribución de bloques de arcilla requieren un mayor grado de tecnología y de inversión, por lo que la producción de bloques de concreto se presenta como una opción con capacidad de dar respuesta a situaciones de limitaciones económicas y baja capacitación de la mano de obra.
- Aún cuando existe una Norma para el control de la calidad de los bloques de concreto en Venezuela, los productos evidencian absoluto descuido al respecto, lo cual es originado por la poca rigurosidad del proceso productivo, la ausencia de controles y sanciones, el desconocimiento y/o indiferencia de los compradores acerca de la importancia de la calidad, lo que es un factor determinante para la optimización de la MEBC en Venezuela.

3.2.3.- Aspectos referidos al proyecto.

- Para la optimización de la aplicación de la MEBC en Venezuela, deben preverse los procesos de crecimiento y consolidación manteniendo el criterio de reducción de desperdicios y las opciones de transformabilidad en el tiempo. el desarrollo del

proyecto debe incorporar además la coordinación modular, la utilización de tipologías culturalmente arraigada en cada región y adaptada a las condiciones de clima, y diseño de instalaciones de bajo costo que no interfieran con el desempeño portante de los cerramientos. Esto implica el estudio y aprobación de Normas de cálculo y una adecuada producción de los componentes, que garanticen el control de calidad, así como la formación de profesionales y usuarios con una visión integral, que impida que los actores relacionados con la producción y uso de la vivienda produzcan efectos no deseados al actuar sin tomar en cuenta el ciclo de vida de la edificación y su sostenibilidad.

- La participación de la comunidad organizada, legalmente reconocida en los programas de vivienda, debe ser tomada como una modalidad de producción que requiere de profesionales formados para atender sus necesidades, pues representa una opción que conjuga la pertinencia social con la asistencia técnica. La construcción en mampostería ofrece en este sentido una gran ventaja en Venezuela, por su larga tradición en todo el territorio nacional.
- La investigación y experimentación en Venezuela han permitido establecer parámetros de diseño para optimizar la aplicación de la MEBCM, lo cual debe culminar en la elaboración de la Norma definitiva, con lo cual se contribuiría a una mayor difusión de los métodos de cálculo apropiados para proyectos económicos y seguros, incrementándose la confiabilidad y uso de la técnica.

3.2.4.- Aspectos referidos a la construcción.

- La construcción formal masiva con mampostería permite la adopción de organizaciones de obra para optimizar el rendimiento, aún cuando sigue siendo un sistema de uso intensivo de mano de obra. Los elementos estudiados en el Capítulo I indican la conveniencia de prever a nivel del proyecto la reducción de desperdicios y la sostenibilidad, y la ejecución de la envolvente y las instalaciones como procesos independientes que permitan solapar los distintos sub procesos de la construcción.
- La construcción progresiva, es realizada en un largo período de tiempo, según las posibilidades de los usuarios y alternando procesos de consolidación (mejoramiento) y de crecimiento. Estas condiciones requieren proyectos y planes de obra para el control de un proceso largo y compartido, cuyo éxito depende de la participación, la disciplina y la constancia. Exigen por tanto, un acompañamiento social que suministre a los promotores, proyectistas y constructores las particulares condiciones de la comunidad a la que estará dirigida. De igual forma se deben establecer mecanismos para transmitir a los futuros usuarios, los conocimientos sobre aspectos legales, técnicos y sociales, que les permita entender y asumir su responsabilidad individual y colectiva.
- En este contexto un sistema constructivo basado en la mampostería, tiene en Venezuela un arraigo cultural, tanto para el usuario como para los productores y constructores. A pesar de que la mampostería estructural tiene ventajas comparativas frente a otros sistemas, su uso en nuestro territorio sin una práctica adecuada, implica riesgos ante sismos y deslizamientos, que se potencian cuando se recurre a la auto

producción de componentes o a la utilización de productos sin control de calidad. Esta es una limitante importante en nuestro país. (De Oteiza, 1997).

- Al igual que en otros sistemas de cerramiento portante, se requiere de concientización y capacitación de los usuarios acerca de criterios de sostenibilidad y de las posibilidades de modificar la configuración de la vivienda mediante acciones que garanticen su estabilidad estructural. Es decir, que no afecten las condiciones de seguridad y resistencia
- Tomando como referencia investigaciones referidas a la Tecnología OMNIBLOCK para viviendas unifamiliares (Marrero, 2002 b), se concluye que:
 - La mampostería confinada tiene una alta proporción de costo unitario en materiales, lo cual permitiría que los ahorros por eso vía tuviesen mayor influencia que en la mampostería reforzada. En esta última, la optimización para la aplicación de la técnica debería estar enfocada en la mano de obra. En términos generales, la mampostería reforzada tiene valores parecidos a la de los pórticos de acero y la confinada coincide más con la aporticada de concreto.
 - La opción de mampostería reforzada (OMNIBLOCK) es la más económica en el renglón de materiales, tanto en unifamiliar como en multifamiliar, siendo en este último caso la diferencia más marcada. La opción de estructura de acero en ambos casos se distancia de las otras analizadas en todos los aspectos. Como vía para optimizar el uso de la mampostería el costo de materiales resulta un factor importante tanto en la reforzada como en la confinada, ya que en la mano de obra no se observan muchas diferencias

- En el análisis correspondiente a las viviendas unifamiliares se evidencia que al incorporar los costos de las paredes en las opciones apuntadas, los costos en mampostería reforzada disminuyen desde un 15 a un 33 %, siendo aún mucho mayor en el caso de viviendas multifamiliares.

Los aspectos señalados referidos a la MEBCM en general y a sus aspectos particulares en Venezuela, proporcionan una síntesis de los elementos fundamentales que deben considerarse para la producción, proyecto y construcción. En esta tesis doctoral se propone la determinación de lineamientos para optimizar la aplicación de la técnica considerando un cambio de pensamiento para abordarlos en forma compleja y sistemática.

3.3.- BASES CONCEPTUALES PARA UNA VISIÓN INTEGRAL

El conocimiento sobre tecnologías constructivas ha sido producido y divulgado a través de la historia mediante métodos empíricos y teóricos, bajo una concepción disciplinar⁷ fragmentada, lo cual ha producido una super especialización que obvia su naturaleza compleja y dificulta el avance del saber contextualizado e interdependiente. Algunos investigadores (Morín 1999, 2000), han planteado la necesidad de privilegiar el enfoque totalizador, complejo, interactivo y multidimensional del conocimiento, a fin de permitir el avance del saber en consonancia con la naturaleza compleja del universo. Tal como lo expresa Morán (1999, p27) *“la psicología cognitiva demuestra que el conocimiento progresa principalmente menos por sofisticación, formalización y abstracción de los*

⁷ La organización disciplinaria se instituyó en el siglo XIX con la formación de las universidades modernas. La disciplina es una categoría organizadora dentro del pensamiento científico que instituye la división y especialización de un trabajo y responde a la diversidad de dominios de las ciencias (Morín, 1999)

conocimientos particulares que por la aptitud para integrar estos conocimientos en sus contexto y su conjunto total". En este sentido la optimización de la aplicación de la mampostería estructural de bloques de concreto como una opción para la construcción de viviendas de bajo costo en Venezuela, incluye el estudio de las relaciones entre sus potencialidades y limitaciones técnicas, productivas, proyectuales y constructivas, aplicadas a un contexto cultural y geográfico determinado, considerando como punto de partida la necesidad de viviendas no ha podido ser resuelto y que tiende a incrementarse.

Dado que la mampostería es una de las tecnologías de mayor tradición y uso a nivel nacional e internacional, se consideró como una opción plausible, potenciar esa fortaleza cultural para producir como aporte fundamental de este trabajo, la definición de lineamientos que incrementen la aplicación de la MEBCM para la construcción de viviendas de bajo costo en Venezuela. A tal fin, se realizó la sistematización y selección de la información referida al conocimiento de la tecnología y sus factores condicionantes, en forma general y en particular para Venezuela; y por la otra, la introducción de planteamientos de tipo conceptual y metodológico para el manejo contextualizado de aspectos tecnológicos. Este enfoque es un aspecto innovador no incluido en la bibliografía especializada consultada y permite definir un modelo aplicable a otras tecnologías trascendiendo los límites de la especificidad disciplinar, en búsqueda de una mayor factibilidad de aceptación de las innovaciones propuestas por los investigadores.

3.4.- DE LOS ÁRBOLES A UN MODELO INTEGRADOR.

“...¿Cómo transmitir a los otros el infinito Aleph, que mi temerosa memoria apenas abarca? Por lo demás, el problema central es irresoluble: La enumeración, siquiera parcial, de un conjunto infinito.Lo que vieron mis ojos fue simultáneo: lo que transcribiré sucesivo, porque el lenguaje lo es.”

Jorge Luis Borges (1949.El Aleph.www.apocatastasis.com/aletp.htm)

En la Formulación de la presente tesis doctoral se establecieron las motivaciones para contribuir al incremento de la aplicación de la MEBCM en viviendas de bajo costo en Venezuela. Se realizó una investigación documental dónde se constató el avanzado desarrollo del conocimiento manejado por los especialistas de manera parcelada, en la que profundizan diversos aspectos sin establecer relaciones entre ellos y otros campos del saber asociados a su aplicación, así como de su contexto de aplicación. El manejo de estos conocimientos para construir conforme a una visión tectónica de la arquitectura, no solo es un aporte para incrementar la aplicación de la MEBCM, sino que contribuye a su optimización.

El producto de esta investigación debe entenderse como punto de partida para generar un aporte en y desde el campo del desarrollo tecnológico de la construcción a través de una postura frente al conocimiento que incluye aspectos científicos y humanísticos. En ese sentido y basados en el planteamiento de Edgar Morín (2000), referido al conocimiento, se proponen los principios que servirán de marco a la propuesta de lineamientos para incrementar la aplicación de la MEBCM. Estos son:

1.- *Visión integral de la tecnología y su contexto de aplicación:* Los aspectos técnicos, tratados aisladamente contribuyen a crear la ilusión de la existencia de verdades absolutas y

descontextualizadas, lo que a menudo impide la aceptación de nuevos paradigmas, por parte de especialistas que no consideran válidas las propuestas de otras áreas de conocimiento.

2.- La *sostenibilidad y la reducción de la vulnerabilidad* como meta, como respuesta a, la conciencia de un futuro común para la humanidad.

3.-La consideración de la *incertidumbre* como determinante, lo que implica la prefiguración de escenarios probables y la definición de estrategias flexibles e interfactoriales, en lugar de acciones basadas en las certezas que nos brinda la ciencia y la tecnología cuando son estudiadas aisladamente.

4.- La *ética* como eje transversal de la propuesta, mediante definición de políticas, programas de asesoría técnica y capacitación, La responsabilidad ciudadana y profesional tanto en la definición como en el cumplimiento de normas, controles de calidad, criterios de sostenibilidad para el manejo adecuado de las tecnologías, incluyendo la consideración del ciclo de vida de los materiales y de la construcción; así como para la reducción de la vulnerabilidad ante desastres socio naturales, a través de las etapas de producción, proyecto, construcción y consumo.

Los aspectos referidos a la técnica y al contexto de aplicación fueron sintetizados al inicio de este Capítulo como aspectos independientes que se ramifican a partir de cada categoría.

Los lineamientos para incrementar y optimizar la aplicación de la MEBCM se definirán en forma de red de inter- relaciones, para lo cual se requiere el desarrollo de métodos y modelos que hagan posible explicar esta visión, y en especial que posibiliten su continua actualización y ajuste de los lineamientos y estrategias propuestas, de manera que no se pierda la visión integral al particularizar cada aspecto identificado como relevante en el proceso de producción del material, proyecto, construcción, uso y transformación de las viviendas. Por tal motivo, a

partir de algunos trabajos sobre modelos de transferencia de tecnología Climent, J. (1993); Climent, J., Palmer, C. y Ruiz, S. (1995), se estableció un modelo gráfico para explicar las relaciones y desarrollar la propuesta, pues esta herramienta simplifica los elementos y relaciones que interactúan en un sistema. Se analizaron las siguientes tipologías de modelo, a fin de determinar el que permitiera evidenciar las relaciones entre la técnica y su contexto de aplicación, así como los principios que transversan ambos sistemas en las fases del ciclo de vida de la MEBCM:

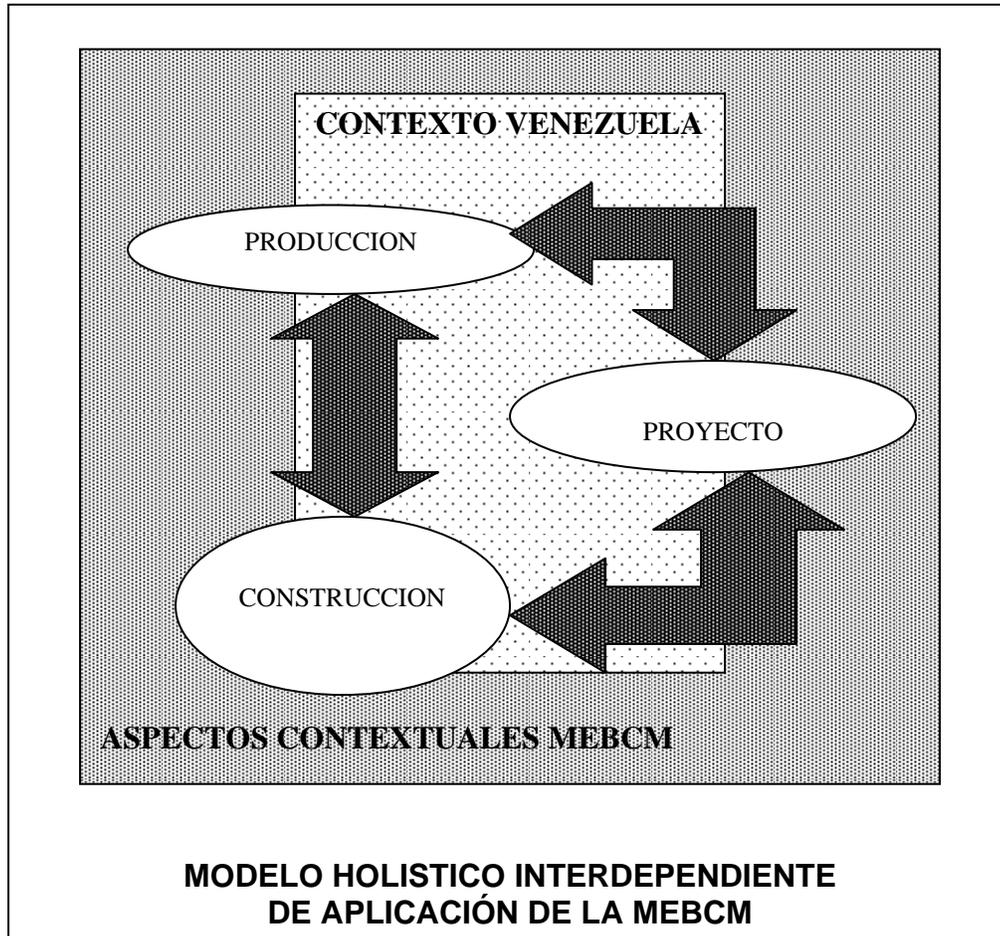
Tipologías Articuladoras: Incluye aquellos modelos que permiten articular procesos hacia metas y objetivos. La percepción del cambio social esté basada en relaciones causa-efecto y determinadas por patrones de control cíclicos o lineales. En esta tipología se incluyen los modelos lineales, multilineales, cibernéticos y sociocibernéticos

Tipologías de Interrelación: Corresponde a los modelos interdependientes, en los que no hay sistemas de control sino procesos de interrelaciones entre los participantes.

Tipologías Integrales: Facilitan la comprensión global de la situación ya que esquematizan una estructura cohesionada e integral con interacciones complejas: No presentan factores de control, etapas metas u objetivos. Entre ellos tenemos los modelos holísticos, holísticos sociocibernéticos y holísticos interdependientes. Dentro de las Tipologías Integrales, el modelo Holístico Interdependiente, integra dos tipos de estructuras de diferente nivel, una simple, interdependiente y una compleja e interactiva, que es la estructura macroscópica. Este modelo permite establecer las relaciones contextualizadas sin precedencia, lo cual permite incluir los sistemas de índole social y tecnológica asociados a la aplicación de la MEBCM. (GRÁFICO 60)

Modelo Holístico interdependiente

CAPITULO III
GRAFICO: 60



FUENTE:

Climent, J. (1993). FROM LINEARITY TO HOLISM IN TECHNOLOGY TRANSFERS MODELS
ADAPTACIÓN PROPIA

El gráfico se desarrolla en *capas*, para aquellos elementos que condicionan la aplicación de la tecnología, y en *bloques interrelacionados*, para indicar los ámbitos operativos del proceso. Estos últimos representan las fases de producción, proyecto y construcción, las cuales se encuentran condicionadas por aspectos contextuales de la técnica y de Venezuela. Según Climent, Palmer y Ruíz, (1995) , la configuración de modelos está conformada por dos componentes, uno *operativo* que comprende todos los elementos que toman parte directa en los procesos del modelo, y el *no operativo o contextual*, que comprende aquellos dominios que no están involucrados en los procesos del citado modelo, pero los afectan, como por ejemplo el medio ambiente. Partiendo de este modelo conceptual se propone una matriz que en la que se señalan los lineamientos para optimizar la aplicación de la MEBCM en forma integral, a partir de las variables: *producción, proyecto y construcción*. Estas contienen aspectos referidos a la técnica en general en el eje vertical, y a su condición en Venezuela, en el eje horizontal. Las capas que contextualizan los lineamientos son:

- 1.- La capa básica que transversa todo el sistema, constituida por los principios de *visión integral, incertidumbre, sostenibilidad y ética*.
- 2.- La capa de los aspectos esenciales de la técnica, que incluye aspectos conceptuales
- 3.- La capa del contexto de aplicación, que está constituida por los elementos que acotan los aspectos generales y corresponden a la especificidad de los aspectos culturales, geo climáticos y políticas de vivienda del país, así como la capacidad productiva, condiciones de mercado, formación profesional, la modalidad de construcción, normativa y aspectos constructivos que particularizan la MEBCM en Venezuela. (GRÁFICO 61)

LINEAMIENTOS				CAPITULO III GRAFICO: 61	
CAPA 1.- PRINCIPIOS: VISION INTEGRAL, INCERTIDUMBRE, SOSTENIBILIDAD, ETICA					
CONTEXTO DE REFERENCIA: LA TÉCNICA CAPA 2.- FUNDAMENTACIÓN CONCEPTUAL: LA TECTÓNICA	CONSTRUCCION	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION, CICLO DE VIDA, COMPONENTES CONSTRUCTIVOS (fundaciones, losa, muro), PATOLOGIA	Control y disponibilidad de inventarios, reducción de transporte, reducción desperdicios, Exigencia aplicación de normas control calidad. Producción según escala y tipo de obra. Proyectos de innovación	Prever en el proyecto la continuidad de etapas del ciclo de vida de la construcción con participación de actores y modalidades en el tiempo. Incorporar asistencia técnica y capacitación a las comunidades para reducir vulnerabilidad	Programación de la obra, para optimizar procesos considerando la modalidad de construcción progresiva.. Invertir en investigación para optimizar rendimiento y calidad.
	PROYECTO	CONFIGURACIÓN ABERTURAS, ESPACIO, ESTRUCTURA, NORMAS, INSTALACIONES	Incluir servicio de asistencia técnica a proyectistas, medios divulgativos, programas de incentivo. Incorporación de valores formales al producto. Producción componentes para facilitar construcción progresiva. Control de calidad sobre capacidad resistente, dimensiones, humedad, acabado	Reforzar capacitación profesional para proyectos tipo progresivo, documentación específica, asistencia técnica, reducción de vulnerabilidad. Elaborar Normas para proyecto y cálculo, verificación experimental de innovaciones	Incorporar al proceso constructivo criterios para la sostenibilidad, mantenimiento, consolidación, crecimiento, modificación, y demolición de las viviendas, Proponer mecanismos sencillos para control de calidad en la ejecución, a fin de reducir la vulnerabilidad
	PRODUCCION	CARACTERISTICAS COMPONENTES Y SU PRODUCCIÓN: bloques, mortero, concreto, acero.	Reforzar capacidad instalada en regiones con tradición de uso. Producción y comercialización según tipo de mercado. Adecuación de normas al tipo de producción. Reducción de energía, transporte y desperdicios. Control de calidad Invertir en investigación para optimizar productos y procesos	Incorporar características y medios de producción de los componentes como determinantes de diseño Incorporar conocimiento de características y opciones de productos como determinante	Producción cercana a obra Propiciar reducción de desperdicios en obra Modalidades de comercialización para autoconstrucción. Asistencia técnica para optimizar aplicación, mantenimiento, consolidación de la MEBC.
	ASPECTOS		TRADICION CAPACIDAD INSTALADA MERCADO NORMAS LOCALES	FORMACION PROFESIONAL VIVIENDA PROGRESIVA NORMAS LOCALES	AUTOCONSTRUCCION COSTOS
		PRODUCCION	PROYECTO	CONSTRUCCION	
CAPA 3.- ASPECTOS CULTURALES y GEOCLIMÁTICOS, POLITICAS DE VIVIENDA,					
CONTEXTO DE APLICACIÓN: VENEZUELA					

ELABORACIÓN PROPIA

Los lineamientos para la producción, proyecto y construcción que se señalan en la diagonal de la matriz (celdas fondo gris) consideran los aspectos de la técnica y del contexto de aplicación en forma independiente para cada fase. Los lineamientos de las celdas adyacentes a los ejes horizontal y vertical (celdas fondo blanco), contienen elementos relacionadores.

En este sentido se definen actores y roles que trascienden el ámbito de la especificidad de la tecnología, y que en definitiva constituyen el vehículo para lograr lineamientos pertinentes y factibles.

3.4.1.- Actores y roles que intervienen en el Modelo Propuesto:

Las fases de producción, proyecto y construcción y su contexto involucran la interacción de los siguientes actores y roles:

1. El Estado en sus diferentes niveles: define políticas, aporta recursos, dicta normas y aprueba proyectos.
2. El sector financiero que facilita los recursos para el desarrollo de las actividades.
3. Los empresarios que intervienen en la producción de componentes, promoción y construcción de edificaciones.
4. Las universidades, centros de investigación y de capacitación, colegios profesionales, que contribuyen a la generación y difusión del conocimiento.
5. Los profesionales, que intervienen en la fase de producción, proyecto, construcción, asesoramiento técnico, inspección

6. Las comunidades organizadas, que pueden gestionar el proceso de producción habitacional
7. Los usuarios, que habitan y gestionan los procesos de consolidación, modificación y crecimiento de las viviendas.

Cada uno de estos actores tiene roles y responsabilidades dentro del proceso de construcción del hábitat e interactúan en función de establecer y ejecutar sus acciones para el logro del objetivo. En el caso de la aplicación de la MEBCM, se definen en el modelo, los criterios que deberían orientar cada fase, y que deben ser impulsados conforme a su competencia, por los actores correspondientes.

3.4.2.- Lineamientos para incrementar y optimizar la Producción de MEBCM: (actores: el Estado, los financistas, los empresarios, las universidades, las comunidades organizadas)

1. Reforzar la capacidad instalada de productores de bloques de concreto en las regiones de Venezuela que tienen tradición de uso y tipologías arquitectónicas compatibles con la MEBCM.
2. Vincular el tipo de producción al mercado, condicionando el grado de industrialización de las empresas a la demanda de vivienda y a los sistemas de comercialización que presenten mayores ventajas para los usuarios y productores, bien sea en forma directa a las comunidades organizadas o a través de las redes establecidas para venta de materiales de construcción.

3. Incluir en las normas COVENIN consideraciones específicas para la producción de bloques en forma artesanal, que tengan factibilidad de aplicación y estén en sintonía con los requerimientos técnicos del producto y las condiciones socio económicas del país.
4. Contribuir a la sostenibilidad mediante la organización del proceso productivo para reducir los gastos de energía y evitar desperdicios en el proyecto y desechos en la construcción.
5. Invertir en investigación para optimizar los productos y procesos.
6. Mantener control y disponibilidad de los inventarios de los productos conforme a la demanda, a fin de facilitar el flujo de material y la optimización de los procesos de construcción.
7. Evitar los desperdicios durante el transporte del material previendo las condiciones adecuadas referidas al manejo, almacenamiento, manipulación y medio de transporte.
8. Cumplir los requisitos normativos a fin de reducir la vulnerabilidad de la construcción, aumentar la confiabilidad del producto e incentivar su consumo.
9. Brindar asesoría y documentación técnica a los proyectistas, para facilitar el uso de los productos e incrementar la demanda.
10. Incorporar a los productos y componentes que faciliten la consolidación y el crecimiento de la construcción progresiva.
11. Incorporar valores formales a los productos, a fin de promover su utilización en obras de arquitectura que sirvan de modelo para su aplicación.

12. Promover concursos y programas experimentales como incentivo para el uso de la mampostería.

3.4.3.- Lineamientos para incrementar y optimizar el Proyecto con MEBCM.- (actores: el Estado, las universidades, los profesionales)

1. Reforzar la capacitación profesional para proyectos de tipo progresivo con MEBCM, incluyendo el manejo de la representación gráfica y documental en forma coherente con dicha modalidad de construcción.
2. Elaborar normas para proyecto y cálculo de la MEBC que contemplen la modalidad de construcción progresiva, a fin de garantizar su factibilidad de aplicación en la forma de producción de vivienda más utilizada en el país.
3. Incluir la comprobación experimental como requisito indispensable para validar los productos y procedimientos de construcción de viviendas promovidos por los sectores público y privado, a fin de propiciar la reducción de la vulnerabilidad ante desastres socio naturales.
4. Incorporar las características y medios de producción de los componentes como determinantes del proceso de diseño.
5. Incorporar el conocimiento de los conceptos y opciones de uso de la mampostería, para el manejo adecuado de su tectónica en los proyectos de vivienda.
6. Prever en el proyecto los elementos para el desarrollo de las etapas del ciclo de vida de la construcción, con participación de actores y modalidades de construcción cambiantes en el tiempo.

7. Incorporar en la definición del proyecto la participación de la asistencia técnica y de las comunidades, a fin de contribuir a la reducción de la vulnerabilidad de las viviendas.

3.4.4.- Lineamientos para incrementar y optimizar la Construcción con MEBCM.- (actores: el Estado, los financistas, las universidades, los profesionales, las comunidades, los usuarios)

1. Organización de la obra para optimizar los procesos que requieren la modalidad de construcción progresiva.
2. Invertir en investigación para optimizar el rendimiento y la calidad de los productos.
3. Incorporar al proceso constructivo criterios para garantizar la sostenibilidad, la reducción de la vulnerabilidad ante desastres socio naturales, el mantenimiento, la consolidación, crecimiento, modificación y demolición.
4. Propiciar la utilización de las plantas productoras de bloques cercanas a la obra, a fin de reducir energía y costos de transporte, dentro de la idea de máximo aprovechamiento de los recursos locales.
5. Racionalizar los procesos constructivos para reducir los desperdicios en obra.
6. Demandar asistencia técnica a las empresas productoras para optimizar la aplicación, mantenimiento y consolidación de la MEBCM

3.5.- CONCLUSIONES.-

La matriz operativa referida a la producción, proyecto y construcción, al ser contextualizada con los elementos conceptuales de la técnica y las especificidades culturales, geoclimáticas y tecnológicas del país, es un modelo que permite visualizar la definición de lineamientos integrales para el incremento y la optimización de la MEBCM. Se fundamenta en el reconocimiento de la importancia de los factores sociales, tales como la formulación de políticas, la participación, la aceptación cultural, y la valoración de la pertinencia. La propuesta constituye una plataforma para el desarrollo de estudios técnicos, además de ser una herramienta estratégica para la gestión del desarrollo, en sus ámbitos nacional, regional, local o comunitario, así como de gestión ambiental en búsqueda de la sostenibilidad. Estas estrategias, contribuirían a la optimización de la aplicación de la MEBCM en Venezuela en forma sostenida. Entre ellas se sugieren:

1. Políticas de incentivo a la construcción en MEBC, para activar la producción nacional y el uso intensivo de mano de obra, concursos de proyectos, construcción, programas de asistencia técnica específicas.
2. Aprobación de normativa de producción y diseño para la modalidad de construcción total y progresiva, exigencia de su cumplimiento incluyendo las obras del Estado.
3. Incorporación del enfoque en las universidades y colegios profesionales, programas de investigación y desarrollo y de extensión
4. Descentralización de los programas, refuerzo a las capacidades locales y reconocimiento de las tipologías y valores culturales y ambientales del lugar.

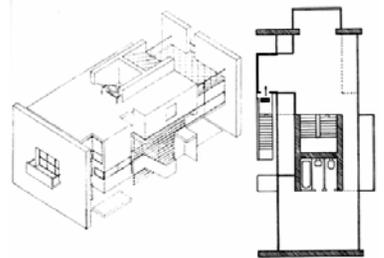
5. Utilización masiva en proyectos piloto con participación de la comunidad organizada y las organizaciones que brindan asistencia técnica. Estímulo y difusión de las mejores prácticas.

El modelo presentado en este capítulo pretende brindar una aproximación a la visión integral del estudio de la MEBCM, lo cual abre un camino para entender la tecnología más allá de sus especificidades, como un engranaje más en una realidad compleja, que exige cada día mayores compromisos con el ambiente y con la sociedad.

REFERENCIAS

- CASTILLA, ENRIQUE Y POSE, MANUEL. (1995). “Evaluación de muros de mampostería de concreto ante carga horizontal”. *Boletín Técnico Instituto de Materiales y Modelos Estructurales IMME UCV. Volumen 33, Nº 1*. Publicidad Gráficas León SRL. Caracas.
- CASTILLA, ENRIQUE Y VILLALOBOS FERNANDO. (1997). “Evaluación de solape de acero de refuerzo vertical en mampostería armada internamente bajo acciones sísmicas.” *Boletín Técnico Instituto de Materiales y Modelos Estructurales IMME UCV. Volumen 35, Nº 3*. Publicidad Gráficas León SRL. Caracas.
- CASTILLA, ENRIQUE Y MARINILLI, Angelo. 2003. “Experiencias recientes en Mampostería confinada de bloques de concreto”. *IMME. [online], vol.41, no.2-3* [citado 23 Agosto 2005], p.28-39. <http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0376-723X2003000200002&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0376-723X.
- CILENTO, ALFREDO. (1996). “Sincretismo e innovación tecnológica en la producción de viviendas”. Artículo en Revista Tecnología y Construcción Nº 12-I, UCV, LUZ, Caracas.
- CLIMENT, J. (1993). “From Linearity to Holism in Technology Transfers Models” *The Journal of Technology Transfer*. Vol. 18 Nos. 3 & 4. Chicago
- CLIMENT, J.; PALMER, C. Y RUIZ, S. (1995). “Omissions Relevant to the Contextual Domains of Technology Transfer Models” *The Journal of Technology Transfer*. Vol. 20 No. 1, Chicago.
- COVENIN. (1982). *Norma 42-82. Bloques huecos de concreto*. FONDONORMA. Caracas.
- CURIEL, ERNESTO. (1982). *La arquitectura en regiones de Venezuela*. Trabajo de Ascenso. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Central de Venezuela. Mimeo. Caracas.
- DE OTEIZA, IGNACIO. (1997). “Posibilidades del yeso en la construcción de viviendas de bajo costo”. *Artículo Revista Tecnología y Construcción 13-I*. IDEC. FAU. UCV.
- GALLEGOS, HÉCTOR. (1989 b). *Albañilería estructural*. Editorial La Casa. Perú.
- LÓPEZ, OSCAR, CASTILLA, HENRIQUE Y OTROS. (1986). *Estudios de Mampostería Estructural*. Vivienda 86.
- MARRERO, MERCEDES. (2000). *Diseño y riesgos, hacia una arquitectura pertinente*. Ediciones de la biblioteca de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo. UCV. Caracas.
- MARRERO, MERCEDES. (2002 b). *Tecnología Omniblock. Mampostería estructural de bloques de concreto para la construcción progresiva*. Informe Final Investigación financiada por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CDCH) de la Universidad Central de Venezuela UCV. Mimeo. Caracas.
- MORÍN, EDGAR (1999). *La cabeza bien puesta*. Ediciones Nueva Visión. Buenos Aires.
- MORÍN, EDGAR (2000). *Los siete saberes necesarios a la educación del futuro* FACES UCV / IESALC UNESCO. Caracas
- PANARESE, W.C., KOSMATKA, S.H. Y RANDALL JR., F.A. (1991). *Concrete masonry handbook*. Portland Cement Association. USA.
- <http://www.apocatasis.com/aletp.htm>

CONCLUSIONES



CONCLUSIONES.-

El presente trabajo fue planteado con el objetivo de realizar un aporte para incrementar y optimizar la aplicación de la MEBCM para la construcción de viviendas de bajo costo, entre uno y dos pisos, en Venezuela. La investigación, de tipo documental y formulativo, se desarrolló en tres capítulos. En el primero, se establecieron los aspectos que determinan el incremento y la optimización de la aplicación de la técnica, considerando la esencia de la mampostería como objeto físico, y sus leyes implícitas. En el segundo, se analizaron los aspectos relevantes que condicionan la aplicación de la MEBCM en Venezuela y en el tercero, se propusieron los lineamientos para incrementar y optimizar la técnica en sus fases de producción, proyecto y construcción, para lo cual se planteó la aplicación de un modelo, para definir lineamientos integrales que consideren las tres fases, la interacción entre ellas, y con el contexto de aplicación que las condicionan. El enfoque parte de las teorías expuestas por Morín (1999,2000), de globalidad e interacción del conocimiento pertinente, en contraposición al conocimiento fragmentado y aislado por disciplinas.

En conclusión se considera que:

1. La bibliografía consultada evidencia que la mampostería estructural es una de las tecnologías de mayor tradición en la historia de la humanidad, y cuenta con un extenso desarrollo de su conocimiento a través de prácticas constructivas e investigaciones que han producido conceptos, normas, y procedimientos para su producción, proyecto y construcción, el cual ha sido manejado en forma especializada.
2. La tecnología como producto del conocimiento, debe partir de una visión integral que evidencie su naturaleza compleja y la relación con el contexto de aplicación, así como

el manejo de valores como la sostenibilidad y la ética, y el reconocimiento de la incertidumbre como factor determinante para su pertinencia y desarrollo.

3. La metodología utilizada para determinar los lineamientos para contribuir al incremento y optimización de la aplicación de la MEBCM, permitió recopilar y sistematizar la información referida a la tecnología y a su contexto de aplicación, así como formular un modelo para establecer lineamientos para la inserción de una tecnología en el medio social y geoclimático específico de Venezuela.
4. Los lineamientos para incrementar y optimizar la aplicación de la MEBCM en Venezuela propuestos en esta tesis doctoral, trascienden las recomendaciones específicas de la tecnología y permiten identificar políticas y propuestas estratégicas, para impulsar dicha optimización desde distintos ámbitos referidos a la formación, producción, financiamiento, construcción, identificando los actores sociales que estarían involucrados.
5. Las políticas propuestas referidas a la producción constituyen el marco para el desarrollo de estrategias a ser impulsadas por el Estado hacia el Sector Industrial mediante programas de financiamiento, creación de mercados, y en general estímulos para la producción y utilización de bloques de concreto a nivel regional y local, con un estricto control de calidad que permitan su incorporación como material seguro, de producción constante y precios competitivos, para lo cual deberán preverse mecanismos de activación de la construcción con visión estratégica que incluya a todos los actores involucrados.
6. El Estado y las empresas productoras deben propiciar la utilización de la capacidad instalada en las regiones que tienen potencialidad y tradición de uso de la mampostería a fin de ofrecer productos de calidad adecuados al uso estructural, que incluya estrategias de

comercialización, financiamiento, y transporte que impulse esta actividad productiva. De igual forma, las comunidades organizadas podrán ser capacitadas para manejar pequeñas plantas productoras, siempre y cuando se garantice el adecuado control de calidad a través de programas de asistencia técnica.

7. Las políticas de incentivo industrial, proyecto y construcción en las regiones cuya tipología arquitectónica y constructiva es coherente con la MEBCM, tienen mayor posibilidad de obtener la receptividad de los actores involucrados. En Venezuela, tanto en la construcción formal como en la informal, es una constante el rol del patio como organizador espacial, la utilización de cerramientos portantes, el uso de mampostería y la consideración del riesgo sísmico, lo que representa una plataforma favorable para la optimización de la aplicación de la MEBCM.
8. Las empresas productoras deben incorporar estrategias de estímulo para la utilización adecuada de la MEBC, tales como la difusión de las potencialidades y limitaciones del producto, la incorporación de un servicio integral de asesoramiento, concursos de arquitectura, etc., La comercialización debe ser contemplada dentro del ciclo de vida del producto como medio de capacitación, asesoría e investigación, potenciando su capacidad de ampliar el mercado con mecanismos específicos para cada tipo de cliente, tanto para la fase de proyecto, como de construcción.
9. La Ley del Régimen Prestacional de Vivienda y Hábitat (2005) prevé la *participación de la comunidad*, lo que implica por parte de los profesionales, la aceptación de la interdisciplinariedad como herramienta indispensable para la integración de los procesos técnicos con los sociales, y la necesaria formación para actuar en los

programas de asistencia técnica a los organismos y usuarios para que asuman la gestión de la construcción del hábitat de una manera eficiente y con calidad.

10. La modalidad de proyecto y construcción de las viviendas, en correspondencia al tipo *terminada* o *progresiva* según los diferentes Programas de Vivienda contemplados en la Ley de Régimen Prestacional de Vivienda y Hábitat (2005), exige la modificación de los enfoques de diseño de edificaciones del hábitat popular y de su proceso constructivo, y hace imperativo que se incentive el interés y conocimiento de los profesionales hacia este tipo de viviendas, a través de las universidades, colegios profesionales y otras asociaciones.
11. Los procesos de diseño, el desarrollo y documentación del proyecto deben hacerse accesibles no solo a nivel de las instituciones sino también de las comunidades organizadas que serán los administradores finales de la obra, la cual se realizará a lo largo de la vida de sus ocupantes y no solo de manera puntual por parte de los expertos. Es decir el “*diseño del proceso*” pasa a tener un rol tan protagónico como el “*diseño del producto*”.
12. La optimización de la aplicación de la MEBCM en viviendas de bajo costo, requiere la incorporación de una visión de proyecto que además de observar las reglas de sostenibilidad, modulación, configuración, y espacialización requeridas para su desempeño como cerramiento estructural, prevea su elaboración y documentación considerando el crecimiento y consolidación como variable, la *relación suelo-edificación* y *edificación-contexto*, que condicionan la estabilidad y seguridad de la estructura; los criterios de crecimiento que condicionan el diseño de fundaciones, instalaciones, techos, y aprovechamiento de los servicios urbanos; los *criterios para crecimiento*,

modificaciones, consolidación de la construcción, mantenimiento preventivo y correctivo, las cuales reducen el impacto en la edificación, prolonga su vida útil y reduce residuos; la *coordinación modular* basada en las unidades de mampostería como módulo básico y la elección de otros componentes que correspondan a dicha modulación (cerámica, ventanas, puertas), lo cual contribuye a la eficiencia del proceso constructivo.

13. El conocimiento contextualizado referido a las potencialidades y limitaciones de la técnica en Venezuela, establece un marco de referencia que contribuye a incrementar y mejorar la aplicación de la tecnología, como plataforma para definir líneas de investigación para su desarrollo, sin perder la visión integral.
14. Las líneas de investigación que se desprenden del presente trabajo son extensas, pero en todos los casos se requiere una formulación interdisciplinaria, y la aplicación de la matriz de interrelaciones contenida en el modelo propuesto. A fines de estructurar los diferentes campos de estudio se proponen:
 - 14.1. Desarrollo de investigaciones sobre modelos para incrementar y optimizar la aplicación de tecnologías en forma integral y contextualizada.
 - 14.2. Políticas, programas de incentivo, estratégicas para estimular el uso de la MEBCM, potenciar sus posibilidades de aplicación en el país y aprovechar las ventajas competitivas que ofrece.
 - 14.3. Investigaciones referidas al manejo del conocimiento, que puedan orientar reformas curriculares para la formación de profesionales con visión integral.

- 14.4. Investigaciones referidas a la producción de materiales, componentes, maquinarias, procesos, almacenamiento, normativa, transporte, transferencia, comercialización.
 - 14.5. Desarrollo de aspectos estructurales, instalaciones, configuración espacialización, confort, seguridad, normas.
 - 14.6. Principios proyectuales, tipologías, criterios para diseño urbano progresivo, documentación, progresividad.
 - 14.7. Procesos constructivos, organización, racionalización, manejo comunitario, asesorías, gestión de obras.
15. La investigación realizada logra los objetivos propuestos en su formulación, establece las bases para la exploración del modelo en otros casos de estudio y para el desarrollo de los lineamientos expuestos en el Capítulo III, referidos a contribuir al incremento y optimización de la aplicación del uso de la MEBCM en Venezuela. Las acciones requeridas para este fin requieren de la voluntad política e iniciativas de los actores involucrados. En el caso específico del ámbito universitario, donde se realiza esta investigación, se considera que la tesis doctoral es una contribución a la construcción del conocimiento de la tecnología con una visión contextualizada que responda a su complejidad.

REFERENCIAS

- *LEY DE RÉGIMEN PRESTACIONAL DE VIVIENDA Y HÁBITAT.* (2005) Gaceta Oficial N° 338.204 del 08 junio 2005. Caracas
- MORÍN, EDGAR (1999). *La cabeza bien puesta.* Ediciones Nueva Visión. Buenos Aires.
- MORÍN, EDGAR (2000). *Los siete saberes necesarios a la educación del futuro* FACES UCV / IESALC UNESCO. Caracas

**BIBLIOGRAFIA
GENERAL**

BIBLIOGRAFÍA GENERAL.-

- ACOSTA, DOMINGO. (1986). “Una propuesta para mejorar la productividad”. *Tecnología y Construcción*, N° 2. FAU, UCV. Caracas.
- ACOSTA, DOMINGO. (2000 a). “La mampostería de bloques de suelo cemento ¿tecnología apropiada para la construcción masiva de viviendas de interés social?”. *Tecnología y Construcción No.16*. FAU. UCV. Caracas.
- ACOSTA, DOMINGO. (2000 b). “Sistema mixto de esqueleto metálico y mampostería para vivienda progresiva de interés social”. *Entre Rayas N° 34*. Caracas.
- ACOSTA SIERRA, CARLOS. (1987). “Edificaciones con mampostería simple y armada”. *Mimeo*. Caracas.
- ADELL, JOSEPH MA. (1992 a). “Razón y Ser de la Fabrica Armada”. *Informes de la Construcción. Vol. 44. N° 412*. Instituto Torroja. Madrid.
- ADELL, JOSEPH MA. (1992 b). “Arquitectura e Investigación con Fabrica Armada”. *Informes de la Construcción. Vol. 44. N° 412* Instituto Torroja. Madrid.
- AGUILA, IDALBERTO. (1999). “Tecnología alternativa de producción de cemento puzolánico con ceniza de cascarilla de arroz”. *Tesis Maestría Desarrollo Tecnológico de la Construcción*. Mimeo. IDEC /FAU/UCV. Caracas.
- AGUILA, IDALBERTO. (2001). “Cementos puzolánicos. Una alternativa para Venezuela”. *Tecnología y Construcción N° 17-III*. IDEC /FAU. Caracas.
- ALIVEN. s/f. *Catalogo Agregados Livianos*. Caracas.
- ALONSO, JOSÉ LUIS. (1999). “El terremoto de Caracas”. *Revista CIV 370*. Caracas.
- ASSOCIAZIONE NAZIONALE PRODUTTORI ELEMENTO LECA. ANPEL (1990). *Archittue, Superfii E Colori*. Rialan. Oficien Gráfiche De Agostini SpA Milano.
- ARNAL, HENRIQUE. (1985). *Diseño Antisísmico de Edificios*. Editorial Texto. Caracas.
- AROCA, RICARDO. (1993). “Los riesgos del oficio. Variaciones sobre la tradición constructiva”. *Revista A&V. N° 43*. Madrid.
- ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. (1984). *Código Colombiano de construcciones sismo-resistentes*. Decreto 1400 de Junio de 1984. Bogotá, Colombia.
- ASOCIACIÓN INTERNACIONAL DE INGENIERÍA SÍSMICA, Oficina central. (1986). *Guidelines for earthquake resistant non-engineered construction*. Octubre. Tokio, Japón.
- ASOCIACIÓN VENEZOLANA DE PRODUCTORES DE CEMENTO. (1985). *Historia del Cemento en Venezuela*. Edición Especial Cemento al Día. Caracas.
- ASSOCIAZIONE NAZIONALE PRODUTTORI ELEMENTO LECO. (s/f). *Folleto Buone ragioni per protegerti contro il fuoco*. Milano.
- BANCO OBRERO. Centro de Información y Documentación. (1967). *Manual de Coordinación Modular*. Mimeo. Caracas.
- BESSER COMPANY. (1992). *Catálogo de Equipos*. Alpena.
- BORGES, JUAN. (1989). *Nuevas Tecnologías de Construcción de bajo costo para la Vivienda Rural de la Región Andina*. ULA. Grupo de Vivienda Rural. Mimeo.

- BRONCANO, FERNANDO. (1989). "Las bases pragmáticas de la racionalidad tecnológica". *Artículo Revista Anthropos 94/95*. Editorial Anthropos. Barcelona.
- BUILDING CODE. *Requirements for concrete masonry structures* (ACI 531-79).
- CARABALLO, CIRO. (1980). "Tierra cruda en la arquitectura tradicional venezolana". *Revista MINIBUS 2*, Centro de Investigaciones Históricas y Estéticas. FAU. UCV.
- CAMARDA, JOSÉ. (1979). *Diseño Modular*. Espacio Editora. Buenos Aires.
- CAMBI, DI CRISTINA, STEINER. (1992). *Viviendas unifamiliares con patio*. Gustavo Gili, México.
- CAMBI, DI CRISTINA, STEINER. (1992). *Viviendas en bloques alineados*. Gustavo Gili, México.
- CAPORTIONI, GARLATI. (1971). *La coordinación modular*. Gustavo Gili. Madrid.
- CASTILLA, ENRIQUE Y LÓPEZ, OSCAR. s/f *Informe N° 205524. Pruebas sobre bloques y paredes*. Mimeo. Instituto de Materiales y Modelos Estructurales IMME UCV. Caracas.
- CASTILLA, ENRIQUE Y POSE, MANUEL. (1995). "Evaluación de muros de mampostería de concreto ante carga horizontal". *Boletín Técnico Instituto de Materiales y Modelos Estructurales IMME UCV. Volumen 33, N° 1*. Publicidad Gráficas León SRL. Caracas.
- CASTILLA, ENRIQUE Y VILLALOBOS FERNANDO. (1997). "Evaluación de solape de acero de refuerzo vertical en mampostería armada internamente bajo acciones sísmicas." *Boletín Técnico Instituto de Materiales y Modelos Estructurales IMME UCV. Volumen 35, N° 3*. Publicidad Gráficas León SRL. Caracas.
- CASTILLA, ENRIQUE Y MARINILLI, ANGELO. (2001). "Propiedades del acero de refuerzo para el diseño de estructuras sismo resistentes". *Boletín Técnico Instituto de Materiales y Modelos Estructurales IMME UCV. Volumen 39, N° 1*. Publicidad Gráficas León SRL. Caracas.
- CASTILLA, ENRIQUE Y MARINILLI, ANGELO. (2003). "Experiencias recientes en Mampostería confinada de bloques de concreto". *IMME. [online], vol.41, no.2-3* [citado 23 Agosto 2005], p.28-39. <http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0376-723X2003000200002&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0376-723X.
- CENTRO EXPERIMENTAL DE VIVIENDA ECONÓMICA. CEVE. (1992). *Manual sistema constructivo UMA*. Córdoba. Argentina.
- CEPAL (2002). *Anuario estadístico América Latina y el Caribe*. Formato electrónico <http://www.eclac.cl/publicaciones/Estadisticas>.
- CILENTO, ALFREDO. (1982). *Evolución y tendencias tecnológicas en la construcción de edificaciones en Venezuela*. Monografía. IDEC/FAU/UCV.
- CILENTO, ALFREDO. (1985). "La racionalización del proceso de producción y circulación de la vivienda". *Artículo en Revista Tecnología y Construcción N° 1*, UCV, Caracas.
- CILENTO, ALFREDO, (1994). "Innovación tecnológica y materiales de construcción para viviendas de bajo costo". *Enfoques de Vivienda*. Caracas.
- CILENTO, ALFREDO. (1996). "Sincretismo e innovación tecnológica en la producción de viviendas". *Artículo en Revista Tecnología y Construcción N° 12-I*, UCV, LUZ, Caracas.

- CILENTO, ALFREDO. (1997). "Construcción sostenible, de las declaraciones a la acción". *Artículo Revista Tribuna del Investigador*, Vol.4, Nº 2, APIU, UCV. Caracas.
- CILENTO, ALFREDO. (1997). "Tecnologías de construcción alternativas, apropiadas y apropiables". *Artículo Revista Entre Rayas Nº 22*. Caracas.
- CILENTO, ALFREDO. (1998). "Tendencias tecnológicas en la producción de viviendas". *Interciencia*. Vol. 23, Nº 1. Caracas.
- CILENTO, ALFREDO. (1999). "Cambio de paradigma del hábitat". C.D.C.H. U.N.E.S.C.O. Caracas.
- CILENTO, ALFREDO. (2000). "Hogares sostenibles de desarrollo progresivo". *Revista Tecnología y Construcción Nº 18-III*, UCV, LUZ, Caracas.
- CLIMENT, J. (1993). "From Linearity to Holism in Technology Transfers Models" *The Journal of Technology Transfer*. Vol. 18 Nos. 3 & 4. Chicago
- CLIMENT, J.; PALMER, C. Y RUIZ, S. (1995). "Omissions Relevant to the Contextual Domains of Technology Transfer Models" *The Journal of Technology Transfer*. Vol. 20 No. 1, Chicago.
- COLMENARES, ABNER. (1995). "El concepto de tipo en las teorías de la arquitectura". *Revista De Arquitectura*. Caracas.
- COMAS, CARLOS EDUARDO. (1992). "Identidad nacional, caracterización arquitectónica". En *Modernidad y Post Modernidad en América Latina*. Ediciones Escala, Bogotá.
- COMUNIDAD DE MADRID. (1993). *Manual de edificaciones con tierra armada*. Mimeo. Madrid.
- CONCRETERA LOCK JOINT. (1990). *Informe producción planta*.
- COTUGNO, ELVIRA. (1997). *Evoluzione delle structure in muratura portante*. Tesi di Laurea. Politécnico di Torino. Facoltà di Architettura. Torino. Italia.
- COVENIN. (1982). *Norma 42-82. Bloques huecos de concreto*. FONDONORMA. Caracas.
- CURIEL, ERNESTO. (1982). *La arquitectura en regiones de Venezuela*. Trabajo de Ascenso. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Central de Venezuela. Mimeo. Caracas.
- CURTIS, WILLIAM. (1993). "Construyendo ideas, de la tectónica a la monumentalidad". *Artículo en Revista A&V. Nº 43*. Madrid.
- *DECRETO 863, con rango y fuerza de ley, que regula el subsistema de vivienda y política habitacional*. (2000). Gaceta Oficial Nº 36.977. República Bolivariana de Venezuela.
- *DECRETO 3.570, creación Ministerio de Vivienda y Hábitat*. (2005) Gaceta Oficial República Bolivariana de Venezuela 38.162. 08 abril 2005.
- DE LLORENS, JOSEPH I. Y SOVEDILLA, ALFONSO. (1997). *Construció amb bloc de formigó*. Ediciones Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona.
- DE OTEIZA, IGNACIO. (1997). "Posibilidades del yeso en la construcción de viviendas de bajo costo". *Artículo Revista Tecnología y Construcción 13-I*. IDEC. FAU. UCV.
- DE OTEIZA, IGNACIO DE Y DÍAZ, ANA. (2000). "Análisis de la calidad y proceso productivo de bloques huecos de concreto de producción informal en la zona norte de Maracaibo". *Artículo Revista Tecnología y Construcción 16-II*. IDEC. FAU. UCV.

- DE SOLA, RICARDO. (1988). *Reurbanización de El Silencio*. Gráficas Armitano. Caracas.
- DIESTE, ELADIO. (1987). *La estructura cerámica*. Editorial Escala. Bogotá.
- DIRN (1994). “Informe Nacional de Venezuela”. Yokohama. Mimeo.
- DIRECCIÓN INGENIERÍA SANITARIA. (1980). *Manual de saneamiento*. Editorial Limusa. México.
- DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA. (1977). *Normas técnicas complementarias del Reglamento de construcciones para el DF*. México.
- DOAT. (1985). *Construir con tierra*. Bogotá. Fondo Rotatorio Editorial Enda. Fedevivienda. Paris.
- ENGEL, HEINRICH. (1977). *Sistemas de estructuras*. Editorial Blume. Madrid.
- ESCALONA, JAVIER Y GONZÁLEZ, ARÍSTIDES. (2001). *Boletín Técnico Instituto de Materiales y Modelos Estructurales*. IMME. UCV. Volumen 39. N° 1. Publicidad Gráficas León SRL. Caracas.
- FERNÁNDEZ COX, CRISTIAN. (1992). “Modernidad apropiada, modernidad revisada, modernidad reencantada”. *En Modernidad y Post modernidad en América Latina*. Ediciones Escala, Bogotá.
- FRAMPTON, KENNETH. (1994). *Studies in tectonic cultura*. John Cava. The MIT Press. Cambridge. Massachussets.
- FERRER, MERCEDES. (1995). *Ciudad Losada, proyecto urbano y de vivienda*. Fundaluz. Universidad del Zulia. Mimeo. Venezuela.
- GALLEGOS, HÉCTOR. (1989 a). *Albañilería armada*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Fondo Editorial Perú.
- GALLEGOS, HÉCTOR. (1989 b). *Albañilería estructural*. Editorial La Casa. Perú.
- GALLEGOS, HÉCTOR. (1985). “Diseño sismo resistente de edificios de albañilería”. IMME. *Normativa y Seguridad de Construcciones en zonas sísmicas*. Julio. Caracas.
- GARCÍA, LUIS. (1985). “Mampostería estructural en Colombia”. *Taller normativa y seguridad en zonas sísmicas*. IMME/SOCVIS/OEA. Caracas.
- GARCÍA, M. (1989). “Tecnología y naturaleza humana”. *Artículo en Revista Anthropos 94/95*. Editorial Anthropos. Barcelona.
- GASES, JOSÉ. (1994). *Venezuela, amenazas naturales*. Gráficas Monfort. Caracas.
- GASPARINI, GRAZIANO. (1985). *Arquitectura colonial de Venezuela*. Armitano. Caracas.
- GASPARINI, GRAZIANO. (1986). *Arquitectura popular de Venezuela*. Armitano. Caracas.
- GIURGOLA, ROMALDO. (1980). *Louis Kahn, Estudiopaperback*. Editorial Gustavo Gili. Barcelona.
- GONZÁLEZ LOBO, CARLOS. (2002). “Viviendas y ciudad posibles”. *Escala*. Santa Fe de Bogotá.
- GOVERNMENT OF INDIA. (2001). *Producción de componentes de construcción de bajo costo*. BMTPC. Nueva Deli.
- GOVERNMENT OF INDIA. (2001). *Guidelines for damage assessment and post earthquake action*. BMTPC. Nueva Deli.

- GOVERNMENT OF INDIA. (2001). *Catálogo de equipos*. BMTPC. Nueva Deli.
- GRAN ENCICLOPEDIA LAROUSSE. (1980). Editorial Planeta. Barcelona.
- GRASES, JOSÉ Y LÓPEZ O., HERNÁNDEZ. *Edificaciones sismo resistentes. Manual de aplicación de las normas*. Colegio de Ingenieros de Venezuela CIV. Caracas.
- GUIDAUD, PIERRE. (1979). *La semiología*. Siglo XXI Editores. México.
- HABRAKEN, N.J. ET.AL. (1979) *El diseño de soportes*. Editorial Gustavo Gili
- HANLON, J.R. (1970). "Prestressed concrete masonry". *Revista CONCRETE, Vol.4, N° 9*. London.
- HEINZ, THOMAS. (1982). *Frank Lloyd Wright*. Editorial Gustavo Gili. Barcelona.
- HERNÁNDEZ, JUÁN. (1990). *La casa de un solo muro*. Madrid.
- HUETE, RICARDO. (2000). "Aproximación a un modelo de construcción sostenible". *Material curso: Sostenibilidad en la Construcción*. IDEC. FAU. UCV. Caracas.
- HUMMEL, ALFRED. (1966). *Prontuario del Hormigón*. Editores Técnicos Asociados. Barcelona. España.
- INAVI. (1989). *60 Años de experiencias en desarrollos urbanísticos de bajo costo en Venezuela*. Editorial Metrópolis C.A. Caracas.
- INCOVEN. (1986). "El capital fijo en la rama de la construcción". *Revista Tecnología y Construcción N° 2*, IDEC, IU, SEU, FAU, UCV. Caracas.
- INSTITUTO ARGENTINO DE INVESTIGACIONES DE HISTORIA DE LA ARQUITECTURA Y EL URBANISMO. (1988). *Vivienda, ideas y contradicciones 1916-1950. De las casas baratas a la erradicación de las villas de emergencia*. Buenos Aires.
- INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y NORMALIZACIÓN DE LA VIVIENDA. Ministerio de Vivienda. (1982). *Norma E-070: Albañilería*. Normas Técnicas de Edificación Perú.
- INPRES. Ministerio de obras y servicios públicos de la nación. (1983). "Normas argentinas para construcciones sismo resistente". *Parte III. Construcciones de mampostería*. Argentina.
- KLINGNER, RICHARD (2000). "Análisis costo – beneficio de la adecuación sísmica de las autoconstrucciones". *Desastres sísmicos en desarrollo*. Centro de Ingeniería Sísmica CESIS IMME UCV Caracas
- LAHUERTA, JAVIER. (1992). "Cálculo de la fabrica armada". *Artículo en Informes de la Construcción, Vol. 4, N° 421*. Instituto Eduardo Torrojas. Madrid.
- LAFUENTE M., CASTILLA E. Y GENATIOS C. (1995). "Propuesta de desarrollo de una norma nacional para viviendas de muros de mampostería estructural". *Boletín Técnico IMME, Facultad de Ingeniería, UCV, Vol. 33, N° 3*. Caracas.
- LAFUENTE M. CASTILLA, E. Y GENATIOS C. (2000). "Experiencias sobre el comportamiento sísmico de muros de mampostería". *Desastres Sísmicos en Desarrollo. Centro de Ingeniería Sísmica, IMME, FI, UCV*. Caracas.
- LATINA, CORRADO. (1994). *Muratura portante in laterizio*. Edizioni Laterconsult. Roma
- LAQUIAN, APRODICIO. (1985). *Vivienda básica. Políticas sobre lotes urbanos, servicios y vivienda en los países en desarrollo*. Otawa.
- LEY DE RÉGIMEN PRESTACIONAL DE VIVIENDA Y HÁBITAT. (2005) Gaceta Oficial N° 338.204 del 08 junio 2005. Caracas

- LÓPEZ DE LUZURIAGA, JORGE. (2002). *Niveles de riesgo manejados en el diseño de instalaciones y servicios*. Mimeo. Trabajo Final Cátedra Diseño y Riesgos. IDEC. FAU UCV. Caracas.
- LÓPEZ, LUIS. (1988). *Cartilla del Constructor*. Tamare 120. Lagoven.
- LÓPEZ, OSCAR, CASTILLA, HENRIQUE Y OTROS. (1985). “Una proposición para el estudio de la mampostería estructural en Venezuela”. *Taller Normativa y seguridad en construcciones en zonas sísmicas*. IMME/SOCVIS/ OEA.
- LÓPEZ, OSCAR, CASTILLA, HENRIQUE Y OTROS. (1986). *Estudios de Mampostería Estructural*. Vivienda 86.
- LÓPEZ, OSCAR, RAVEN, ELIZABETH Y OTROS. (1995). “La influencia de la forma de la planta en la respuesta sísmica del edificio” *Boletín Técnico Instituto de Materiales y Modelos Estructurales*. IMME. UCV. Volumen 33. Nº 1. Publicidad Gráficas León SRL. Caracas.
- LORETO, ANA. (1986). *Estudio de la vialidad de la mampostería reforzada para la construcción de edificaciones*. Monografía. IDEC/FAU/UCV.
- LUENGO, GERARDO. (1985). *La vivienda alto andina, caracterización tipológica y ámbito geográfico*. ULA. Mérida.
- LUJÁN, JOSÉ LUIS. (1989). “Tecnología, Ciencia y Sociedad”. *Artículo Revista Anthropos 94/95*. Editorial Anthropos. Barcelona.
- MÁRQUEZ, AUGUSTO. (2003). *Componente modular prefabricado de concreto para placa de fundación superficial reticular alveolada*. Trabajo de Ascenso. FAU. UCV. Mimeo. Caracas.
- MARRERO, MERCEDES. (1992). *La mampostería estructural de bloques de concreto*. Tesis de Maestría. IDEC/FAU/UCV.
- MARRERO, MERCEDES. (1994). *Omniblock, sistema para construcciones progresivas. Manual de instrucciones*. IDEC UCV Caracas.
- MARRERO, MERCEDES. (1998). “La mampostería estructural de bloques de concreto. Una aproximación tectónica a la vivienda social”. *Artículo en Revista Tecnología y Construcción Nº 14-I*. UCV. LUZ. Caracas.
- MARRERO, MERCEDES. (1999). “Algunos aportes sobre la pertinencia y la factibilidad de aplicación de tecnologías constructivas”. *Artículo en Revista Tecnología y Construcción. Nº 15-I*. UCV. LUZ. Caracas.
- MARRERO, MERCEDES. (2000). *Diseño y riesgos, hacia una arquitectura pertinente*. Ediciones de la biblioteca de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo. UCV. Caracas.
- MARRERO, MERCEDES. (2001). “Mampostería estructural de bloques de concreto, proceso de diseño de la tecnología Omniblock”. *Artículo en Revista Tecnología y Construcción Nº 17-III*. UCV LUZ. Caracas.
- MARRERO, MERCEDES. (2002 a). “La vivienda de bajo costo”. *Revista Colegio de Ingenieros de Venezuela CIV*. Caracas.
- MARRERO, MERCEDES. (2002 b). *Tecnología Omniblock. Mampostería estructural de bloques de concreto para la construcción progresiva*. Informe Final Investigación financiada por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CDCH) de la Universidad Central de Venezuela UCV. Mimeo. Caracas.
- MARRERO MERCEDES, MÁRQUEZ AUGUSTO (2004) *Cartilla Tecnologías para Prevenir y Mitigar Desastres en Zonas de Alto Riesgo*. IDEC. FAU. UCV. Caracas

- MARTÍN, JUAN. (1995). "Los orígenes del interés social en las políticas públicas de vivienda en Venezuela". *Artículo Revista Urbana 16/17*. FAU/UCV/LUZ.
- MATAMOROS, CARLOS Y OTROS. (1989). *Estudio del comportamiento de una nueva pieza de concreto para mampostería estructural*. Tesis de Grado. Facultad de Ingeniería. UCV.
- MELI, ROBERTO. (1985). "Consideraciones sobre el diseño sísmico en edificaciones de mampostería". *Taller Normativa y Seguridad en zonas sísmicas*. IMME/SOCVIS/OEA.
- MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS. (1971). *Cartografía Nacional*. Atlas de Venezuela. Litografía Tecnocolor. Caracas.
- MORÍN, EDGAR (1999). *La cabeza bien puesta*. Ediciones Nueva Visión. Buenos Aires.
- MORÍN, EDGAR (2000). *Los siete saberes necesarios a la educación del futuro* FACES UCV / IESALC UNESCO. Caracas
- OEA. (1993). *Manual sobre el manejo de peligros naturales en la planificación para el desarrollo regional integrado*. OEA- USAID. Washington.
- ORTEGA, ALVARO. (1989). *Prearquitectura del bienestar*. Editorial Escala. Colombia.
- PALLADINO, B. Y OTROS. (1983). *Características estructurales de viviendas de mampostería ubicadas en zonas sísmicas*. Trabajo final de grado. Facultad de Ingeniería. UCV. Caracas.
- PANARESE, W.C., KOSMATKA, S.H. Y RANDALL JR., F.A. (1991). *Concrete masonry handbook*. Portland Cement Association. USA.
- PARICIO, IGNACIO. (1993). "La albañilería postensada". *Artículo en Revista A&V. N° 43*. Madrid.
- PARICIO, IGNACIO. (1993). "De los macizos excavados a las láminas plegadas". *Artículo en Revista A&V. N° 43*. Madrid.
- PARICIO, IGNACIO. (1993). "Armaduras isotropas y chapas de cubiertas". *Artículo en Revista A&V. No 43*. Madrid.
- 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.
- PFEFFERMAN, OSCAR. (1992). "El desarrollo de armaduras para tendeles a lo largo de dos décadas". *Artículo en Informes de la Construcción. Vol. 44. N° 412*. Instituto Torroja. Madrid.
- PINCHETTI, LUIGI. (1984). *Progettare e costruire con murature in lecablocchi*. Laterlite. Milán.
- PLAZOLA, ALFREDO. (1986). *ARQUITECTURA HABITACIONAL*. TRILLAS. MÉXICO.
- POSANI, JUAN PEDRO. (1966). "El eclecticismo criollo". En *Boletín N° 6. Centro de investigaciones históricas y estéticas*. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. UCV. Edición de Arte de Ernesto Armitano. Caracas.
- POPPER, KARL. (1974). *Conocimiento Objetivo*. Editorial Tecnos. Madrid.
- POPPER, KARL. (1994). *Knowledge and the body-mind problem*. Routledge, N.Y.
- *PREMIO NACIONAL DE ARQUITECTURA DE LADRILLO*. (1988-1991-1996). Editorial El Croquis. Madrid.
- QUINTANA, L. Y SORNES, B. (1995). "Editorial". *Revista Urbana 16/17*. FAU/UCV/LUZ.

- RAMOS ROYOS, CARLOS. (1967). "Ensayos de adherencia en barras estriadas de acero ordinario" *Boletín Técnico Instituto de Materiales y Modelos Estructurales. IMME. UCV. Volumen Nº 18.* Publicidad Gráficas León SRL. Caracas.
- Ramos, Mauricio. (2003). *Modelo propuesto de gestión de riesgos para el uso de la red XIV "G"- Hábitat de riesgo.* Mimeo. Programa CYTED. Caracas.
- REQUENA, ESTEBAN. (1989). "Tecnología y valores". *Artículo Revista Anthropos 94/95. Editorial Anthropos.* Barcelona.
- ROMERO, UTE. (1982). *La promoción del uso de la mampostería estructural en Venezuela.* IDEC/FAU/UCV.
- ROSAS, IRIS. (1988). "Construcción y calidad de la vivienda de los barrios". *Revista Tecnología y Construcción Nº 4.* IDEC / FAU / UCV.
- SADEGH, HASSAN. (1995), *Problematiche e possibilittá di impiego delle murature portanti.* Tesi di Laurea. Politécnico di Torino. Facoltà di Architettura. Torino. Italia.
- SALAS SERRANO, JULIÁN. (1992). *Tecnologías para viviendas de interés social.* Ediciones Escala. Tomo IV. Bogotá. Colombia.
- SÁNCHEZ, BENJAMÍN. (1996). *El derrumbe del tercer dogma: hacia una metodología alternativa.* Instituto de Filosofía. Facultad de Humanidades y Educación. UCV. Mimeo. Caracas.
- SÁNCHEZ, CLARA Y OSPINA, CLARA. (1990). *Construir con tierra.* Fondo Rotatorio Editorial. Bogotá.
- SANTA MARÍA, RODOLFO. (1992). "Algo empieza a ocurrir... está ocurriendo". En *Modernidad y post modernidad en América Latina.* Ediciones Escala, Bogotá.
- SCHUMACHER, E. (1978). *Lo pequeño es hermoso. Por una sociedad y una técnica a la medida del hombre.* Herman. Madrid.
- SHERWOOD, RICHARD. (1978). *Vivienda, prototipos del movimiento moderno.* Gustavo Gili. Barcelona.
- SOSA, MILENA. (1994). "Las fibras naturales y la producción de componentes constructivos". *Artículo Revista Tecnología y Construcción Nº 10-II.* UCV. Caracas.
- SOSA, MILENA. (1996). "El bambú y la construcción, nueva técnica". *Artículo Revista Tecnología y Construcción Nº 12 – 1.* UCV. Caracas.
- SOSA, MILENA. (1998). "Uso de materias primas vegetales para la producción de materiales de construcción". *Artículo Revista Información Tecnológica. Vol. 9 Nº 2.* La Serena. Chile.
- TECNIDEC. (1986). *Informe final programa de promoción industrial.* IDEC/FAU/UCV. Mimeo. Caracas.
- TEDESCHI, ENRICO. (1980). *Teoría de la Arquitectura.* Ediciones Nueva Visión. Buenos Aires.
- THIIIS-EVENSEN, THOMAS. (1979). *Archetypes in architecture.* Oslo. Noruega.
- UCV, LUZ, ULA, UNET. (1999). *Proyecto 4, materiales, componentes y técnicas de construcción.* Base de Datos del Proyecto. IDEC. Caracas.
- UCV, LUZ, ULA, UNET. (2000). "Proyecto 4, materiales, componentes y técnicas de construcción para viviendas de bajo costo en Venezuela". *Artículo Revista Tecnología y Construcción 16-I Y 16-II.* IDEC. FAU. UCV. Caracas.

- UNAM. (1994). *Diseño y construcción de estructuras de mampostería*. Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcción para el Distrito Federal. México.
- URDANETA, ENRIQUE. (1994). *Hábitat para todos*. Fundación de la vivienda popular FVP. Caracas.
- VILA, MARCO Y OTROS. (1968). *Zonificación neoeconómica de Venezuela*. Corporación venezolana de fomento CVF. Corporación Universo. Caracas.
- VILLANUEVA, CARLOS RAÚL. (1982). *Textos escogidos*. Facultad Arquitectura y Urbanismo. UCV. Ediciones AMON. Caracas.
- VILLANUEVA, F Y BALDÓ, J. (1995). "Tendencias de crecimiento en la zona de barrios del área metropolitana de Caracas y sector Panamericana – Los Teques de la región capital". *Artículo Revista Urbana 16/17 FAU/UCV/LUZ*. Caracas.
- VILLANUEVA, FEDERICO. (1987). "La circulación de capital en la industria de la construcción". *Revista Tecnología y Construcción N° 3*. IDEC. UCV. Caracas.
- VILLANUEVA, F. Y BALDÓ, J. (1995). "Tendencias de crecimiento en la zona de barrios del área metropolitana de Caracas y sector Panamericana – Los Teques de la región capital". *Revista Urbana 16/17*. UCV/LUZ. Caracas.
- VILLANUEVA SALAS, LUIS. (2002). "La producción semi-industrializada del bloque hueco de concreto en el estado Táchira". *Revista Tecnología y Construcción. N° 18 III*, UCV / LUZ. Caracas.
- VIVAS, VIRGINIA. (1999). "Principios para la conservación de bienes culturales inmuebles: conservación de emergencia". Coordinador: Arq. Enrique Capablanca. Mimeo Instituto del Patrimonio Cultural. IPC. Caracas
- VIVAS, FABIOLA Y OTROS. (1997). "Satisfacción residencial en viviendas unifamiliares de área reducida". *IV Encuentro Nacional de la Vivienda. Recopilación*. Ediciones Astro Data. Maracaibo.
- WEISENFELD, ESTHER. (1995). *La vivienda: su evaluación desde la psicología ambiental*. CDCH. UCV. Anauco Ediciones. Caracas.
- WEISENFELD, ESTHER. (1997). *La autoconstrucción, un estudio psicosocial del significado de la vivienda*. CONAVI. Impresos Minipres C.A. Caracas.
- WARD, COLIN. (1976). *Housing an anarchist approach*. Freedom Press, London.
- ZERBST, RAINER. (1993). *Antoni Gaudí*. Editorial Taschen. España.
- ZOLLA, ELERMIRE. (1983). *Arquetipos*. Monte Ávila editores. Caracas.

Páginas WEB:

- <http://www.bancomundial.org/temas/cities/datos.htm>
- <http://www.cideiber.com/infopaises/Venezuela>
- <http://www.eclac.cl/>
- <http://www.ine.gov.ve/ine/poblacion/distribucion.asp>
- <http://www.sigoweb.com/mayo.asp>
- <http://www.ventools.com/>
- <http://www.apocatastasis.com/aletp.htm>

APÉNDICE

APÉNDICE 1.- TABLA RESUMEN DE ESTUDIO DE NORMAS DE MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL SISMORESISTENTE

Descripción	Código colombiano de construcciones sismoresistentes	Norma de edificación de albañilería de Perú	Norma argentina para construcciones sismoresistentes	Normas de diseño y construcción de mampostería de México	Guía para construcciones sismoresistentes de Japón	Conclusiones generales del estudio de las normas
ESPECIFICACIONES DE MORTEROS						
Proporción cemento : cal	Tipo M - 1 : ¼ Tipo S - 1 : ¼ ~½ Tipo N - 1 : ½ ~1¼	1 : 1	Tipo E - 1 : ¼ Tipo I - 1 : ¼ ~½ Tipo N - 1 : ½ ~1¼	Tipo I - 1 : ¼ Tipo II - 1 : ¼ ~½ Tipo III - 1 : ½ ~1¼	Edif. Peligroso - 1 : 1 Edif. media peligr. - 1 : 2	Tipo M - 1 : ¼ Tipo S - 1 : ¼ ~½ Tipo N - 1 : ½ ~1¼
Proporción aglomerante (cemento +cal) : arena	1 : 2,25 ~ 3	1 : 2 ~ 3	1 : 2,25 ~ 3	1 : 2,25 ~ 3	1 : 3	1 : 2,25 ~ 3
Resistencia mínima del mortero	Tipo M - 175 Kg/cm ² Tipo S - 120 Kg/cm ² Tipo N - 50 Kg/cm ²		Tipo E - 150 Kg/cm ² Tipo I - 100 Kg/cm ² Tipo N - 50 Kg/cm ²	Tipo I - 125 Kg/cm ² Tipo II - 75 Kg/cm ² Tipo III - 40 Kg/cm ²		Tipo M - 175 Kg/cm ² Tipo S - 120 Kg/cm ² Tipo N - 50 Kg/cm ²
ESPECIFICACIONES PARA LOS BLOQUES						
Espesor mínimo de paredes de bloque de concreto	Bloque 10 cm - 2,0 cm Bloque 15 cm - 2,5 cm Bloque 20 cm - 2,5 cm					Bloque 10 cm - 2,0 cm Bloque 15 cm - 2,5 cm Bloque 20 cm - 2,5 cm
Espesor mínimo de paredes del bloque de arcilla			8 mm			8 mm
Dimensiones mínimas de celdas para refuerzo	5 cm		5 cm	5 cm		5 cm
Area mínima de celdas para refuerzo	30 cm ²		30 cm ²	30 cm ²		30 cm ²
Resistencia mínima bloques de concreto		Tipo I - 140 Kg/cm ² Tipo II - 60 Kg/cm ²	45 Kg/cm ²			(45 ~ 60) Kg/cm ²
Resistencia mínima bloques de arcilla		Tipo I - 60 Kg/cm ² Tipo II - 70 Kg/cm ² Tipo III - 95 Kg/cm ² Tipo IV - 130 Kg/cm ² Tipo V - 180 Kg/cm ²	45 Kg/cm ²			(45 ~ 60) Kg/cm ²
Ancho mínimo del bloque			17 cm			12 cm
Dimensiones mínimas de las celdas para ser rellenas con concreto armado como confinante			12 X 12 cm			12 X 12 cm

Descripción	Código colombiano de construcciones sismoresistentes	Norma de edificación de albañilería de Perú	Norma argentina para construcciones sismoresistentes	Normas de diseño y construcción de mampostería de México	Guía para construcciones sismoresistentes de Japón	Conclusiones generales del estudio de las normas
LIMITACIONES DE LOS MUROS DE MAMPOSTERÍA NO REFORZADA						
Espesor mínimo de muros	12 cm	h/20		10 cm	19 cm	12 cm
Relación máxima distancia sin apoyos/espesor	25 cm					25 cm
Distancia entre juntas verticales de muros	Sin ref horiz - 12 m Ref hor a 60cm - 13,5 m Ref hor a 40cm - 15 m Ref hor a 20cm - 18 m					12 m
Dimensión mínima de las columnas	30 cm					30 cm
Relación altura/espesor máxima muros y columnas	20					20
LIMITACIONES DE LOS MUROS DE MAMPOSTERÍA PARCIALMENTE REFORZADA						
Espesor mínimo de muros	15 cm	h/20				12 cm
Relación máxima distancia sin apoyos/espesor	Necesaria evitar pandeo					Necesaria evitar pandeo
Distancia entre juntas verticales de muros	Ref hor a 60cm - 13,5 m Ref hor a 40cm - 15 m Ref hor a 20cm - 18 m					Ref hor a 60cm - 13,5 m Ref hor a 40cm - 15 m Ref hor a 20cm - 18 m
Dimensión mínima de las columnas	30 cm					30 cm
Relación altura/espesor máxima muros y columnas	20					20
- Cuantía mínima de refuerzo de columnas	- (0,5-4)% área columna - 4 barras de ½ "					- (0,5-4)% área columna - 4 barras de ½ "
- Diámetro mínimo de estribos en columnas	¼ "					¼ "
- Espaciamiento máximo de estribos de columnas	- 16 Ø de barra principal - 40 Ø de estribo - Lado menor columna - 20 cm					- 16 Ø de barra principal - 40 Ø de estribo - Lado menor columna - 20 cm
- Cuantía acero mínima muros en cada dirección	0,00027					0,00027
- Espaciamiento máximo de refuerzo vertical	2,4 m					2,4 m
- Espaciamiento máximo de refuerzo horizontal	0,8 m					0,8 m
- Armadura en bordes aberturas mayores de 60 cm	1 Ø ½ " ó 2 Ø ¾ "					1 Ø ½ " ó 2 Ø ¾ "

Descripción	Código colombiano de construcciones sismoresistentes	Norma de edificación de albañilería de Perú	Norma argentina para construcciones sismoresistentes	Normas de diseño y construcción de mampostería de México	Guía para construcciones sismoresistentes de Japón	Conclusiones generales del estudio de las normas
LIMITACIONES DE LOS MUROS DE MAMPOSTERÍA REFORZADA						
- Espesor mínimo de muros	15 cm	h/26	17 cm	10 cm	19 cm	12 cm
- Relación máxima distancia sin apoyos/espesor	Necesaria evitar pandeo			30		Necesaria evitar pandeo
- Distancia entre juntas verticales de muros	Ref hor a 60cm - 13,5 m Ref hor a 40cm - 15 m Ref hor a 20cm - 18 m					Ref hor a 60cm - 13,5 m Ref hor a 40cm - 15 m Ref hor a 20cm - 18 m
- Dimensión mínima de las columnas	30 cm					30 cm
- Relac. altura/espesor máxima muros y columnas	20					20
- Cuantía mínima de refuerzo de columnas	- (0,5~4)% área columna - 4 barras de ½ "					- (0,5~4)% área columna - 4 barras de ½ "
- Diámetro mínimo de estribos en columnas	¼ "					¼ "
- Espaciamiento máximo de estribos de columnas	- 16 Ø de barra principal - 40 Ø de estribo - Lado menor columna - 20 cm					- 16 Ø de barra principal - 40 Ø de estribo - Lado menor columna - 20 cm
- Cuantía acero mínima horizontal en muros	0,0007	² / ₃ de la cuantía total	0,0013	0,0007		0,0007
- Cuantía acero mínima vertical en muros	0,0007		0,0007	0,0007		0,0007
- Cuantía acero mínima sumadas dos direcciones	0,002	0,0015		0,002		0,002
- Espaciamiento máximo de refuerzo vertical	1,2 m			- 6 veces espesor muro - 90 cm		1,2 m
- Espaciamiento máximo de refuerzo horizontal	0,6 m			- 6 veces espesor muro - 90 cm		0,6 m
- Armadura en bordes aberturas mayores de 60 cm	1 Ø ½ " ó 2 Ø ³ / ₈ "	2 Ø ³ / ₈ "		1 Ø ½ " ó 2 Ø ³ / ₈ "		1 Ø ½ " ó 2 Ø ³ / ₈ "
- Separación mínima entre barras horizontales	- Ø Barra - 2,5 cm					- Ø Barra - 2,5 cm
- Diámetro máximo de barras	1"					1"
- Número máximo de barras por celdas	Muros de 15 – 1 Muros > 15 y Ø ≥ ½ " - 1 Muros > 15 y Ø < ½ " - 2					Muros de 15 – 1 Muros > 15 y Ø ≥ ½ " - 1 Muros > 15 y Ø < ½ " - 2

- Refuerzo longitudinal adicional en los extremos, bordes horizontales e intersecciones de los muros de los edificios	1 y 2 pisos - 2 $\varnothing^{3/8}$ " 3 pisos - 4 $\varnothing^{3/8}$ " pisos 1y2 - 2 $\varnothing^{3/8}$ " piso 3 4 pisos - 4 $\varnothing^{3/8}$ " pisos 1y2 - 2 $\varnothing^{3/8}$ " pisos 3y4 5 pisos - 6 $\varnothing^{3/8}$ " piso 1 - 4 $\varnothing^{3/8}$ " pisos 2y3 - 2 $\varnothing^{3/8}$ " pisos 4y5					1 y 2 pisos - 2 $\varnothing^{3/8}$ " 3 pisos - 4 $\varnothing^{3/8}$ " pisos 1y2 - 2 $\varnothing^{3/8}$ " piso 3 4 pisos - 4 $\varnothing^{3/8}$ " pisos 1y2 - 2 $\varnothing^{3/8}$ " pisos 3y4 5 pisos - 6 $\varnothing^{3/8}$ " piso 1 - 4 $\varnothing^{3/8}$ " pisos 2y3 - 2 $\varnothing^{3/8}$ " pisos 4y5
- Distancia mínima entre barra y pared del bloque	\varnothing de la barra			$\frac{1}{2} \varnothing$ de la barra		\varnothing de la barra
- Distancia mínima entre barra y cara del muro	- 1,5 \varnothing - 1,5 cm			- \varnothing - 1,5 cm		- 1,5 \varnothing - 1,5 cm
- Resistencia mínima del concreto de relleno				75 Kg/cm ²		75 Kg/cm ²

Descripción	Código colombiano de construcciones sismoresistentes	Norma de edificación de albañilería de Perú	Norma argentina para construcciones sismoresistentes	Normas de diseño y construcción de mampostería de México	Guía para construcciones sismoresistentes de Japón	Conclusiones generales del estudio de las normas
LIMITACIONES DE LOS MUROS DE MAMPOSTERÍA CONFINADA						
- Espesor mínimo de muros	10 cm			10 cm	19 cm	12
- Relación máxima distancia sin apoyos/espesor	25					25
- Relación altura/espesor máxima de muros y columnas	20					20
- Resistencia mínima concreto vigas y columnas	150 Kg/cm ²		11 MN/m ² (110 Kg/cm ²)	150 Kg/cm ²	15 MPa (150 Kg/cm ²)	150 Kg/cm ²
- Ancho mínimo de vigas	Espesor del muro	Espesor del muro	Espesor del muro	Espesor del muro	Espesor del muro	Espesor del muro
- Alto mínimo de vigas			- ½ del espesor del muro - 15 cm		Con 2 barras - 7,5 cm Con 4 barras - 15 cm	- ½ del espesor del muro - 15 cm
- Area mínima de sección transversal de vigas	200 cm ²					200 cm ²
- Separación máxima entre vigas			2 separación columnas			2 separación columnas
- Acero longitudinal mínimo en vigas	4 Ø 3/8 "		Alto sismo - 4 Ø 10mm Bajo sismo - 4 Ø 8mm		Alt sism muro 5m -2 Ø12 Alt sism muro 7m -2 Ø16 Alt sism muro 9m -4 Ø16 Baj sism muro 5m -2Ø10 Baj sism muro 7m -2Ø10 Baj sism muro 9m -2Ø12	4 Ø 3/8 "
- Cuantía de acero longitudinal mínima en vigas	0,0075					0,0075
- Separación máxima de estribos en vigas	- 20 cm - 1,5 menor dimensión		- 20 cm - Menor dimensión		15 cm	- 20 cm - Menor dimensión
- Diámetro mínimo de estribos en vigas			4 mm		6 mm	4 mm
- Ancho mínimo de columnas	Espesor del muro	Espesor del muro	Espesor del muro	Espesor del muro		Espesor del muro
- Dimensión paralela al muro mínima de columnas			- 2/3 del ancho - 15 cm			- 2/3 del ancho - 15 cm
- Area mínima de sección de columnas	200 cm ²					200 cm ²
- Separación máxima entre columnas	- 4 m - 1,5 altura del muro					- 4 m - 1,5 altura del muro
- Acero longitudinal mínimo en columnas	3 Ø 3/8 "		Alto sismo - 4 Ø 10mm Bajo sismo - 4 Ø 8mm			3 Ø 3/8 "
- Cuantía de acero longitudinal mínima en columna	0,007					0,007

- Separación máxima de estribos en columnas	- 20 cm - 1,5 menor dimensión		- 20 cm - Menor dimensión			- 20 cm - Menor dimensión
- Separación máxima barras de vigas y columnas			20 cm			- 20 cm - Menor dimensión
- Diámetro mínimo de estribos en columnas			4 mm			4 mm

Descripción	Código colombiano de construcciones sismoresistentes	Norma de edificación de albañilería de Perú	Norma argentina para construcciones sismoresistentes	Normas de diseño y construcción de mampostería de México	Guía para construcciones sismoresistentes de Japón	Conclusiones generales del estudio de las normas
LIMITACIONES DE LOS EDIFICIOS CONSTRUIDOS CON MAMPOSTERÍA						
- Espesores mínimos para muros de carga en edificios	1 piso alto sismo - 12cm 1 piso inter sismo - 12cm 1 piso bajo sismo - 10cm 2 pisos plan. baja - 12cm					1 piso alto sismo - 12cm 1 piso inter sismo - 12cm 1 piso bajo sismo - 10cm 2 pisos plan. baja - 12cm
- Abertura máxima de muros sin reforzar bordes	35 % área del muro		10 % área del muro			35 % área del muro
- Dimensión horizontal máxima de aberturas	50 % longitud entre amarres verticales		35 % longitud del muro		50 % longitud del muro	50 % longitud del muro
- Dimensión vertical máxima de aberturas			35 % altura del muro			
- Distancia Horizontal mínima entre la abertura y la esquina del muro	¼ de altura de abertura		25 % longitud del muro		- ¼ de altura de abertura - 60 cm	- ¼ de altura de abertura - 60 cm
- Separación mínima horizontal entre aberturas	- ½ alto abertura mayor - 50 cm				-½ altura abertura menor - 60 cm	-½ altura abertura menor - 60 cm
- Separación mínima vertical entre aberturas	- ½ ancho abert. mayor - 50 cm				-½ ancho abert. menor - 60 cm	-½ ancho abert. menor - 60 cm
- Altura máxima de edificios de mampostería no reforzada	Bajo sismo - 8 m Intermedio Sismo - 12 m Alto sismo - No permite	Riesgo sísmico – 1 nivel	Bajo sismo - 3,5 m - 1 piso Alto sismo – No permite			Bajo sismo - 3,5 m - 1 piso Alto sismo – No permite
- Altura máxima de edificios de mampostería parcialmente reforzada	Bajo sismo - 12 m Intermedio Sismo - 12 m Alto sismo - 2 pisos					Bajo sismo - 12 m Intermedio Sismo - 12 m Alto sismo - 2 pisos
- Altura máxima de edificios de mampostería reforzada	Intermedio Sismo - 75 m Alto sismo – 50 m		Bajo sismo - 12,5 m - 4 pisos Alto sismo - 9,5 m - 3 pisos			Bajo sismo - 12,5 m - 4 pisos Alto sismo - 9,5 m - 3 pisos
- Altura máxima de edificios de mampostería confinada	Intermedio Sismo - 75 m Alto sismo - 2 pisos		Bajo sismo - 6,5 m - 2 pisos Alto sismo - 4 m - 1 piso			Bajo sismo - 6,5 m - 2 pisos Alto sismo - 4 m - 1 piso

Descripción	Código colombiano de construcciones sismoresistentes	Norma de edificación de albañilería de Perú	Norma argentina para construcciones sismoresistentes	Normas de diseño y construcción de mampostería de México	Guía para construcciones sismoresistentes de Japón	Conclusiones generales del estudio de las normas
RECOMENDACIONES GENERALES PARA EL DISEÑO ANTISISMICO DE EDIFICACIONES						
- Simetría de la edificación	Edificios y sus bloques ser lo más simétricos respecto a ambos ejes, al igual que ubicación y tamaño de aberturas				Edificios y sus bloques ser lo más simétricos respecto a ambos ejes, al igual que ubicación y tamaño de aberturas	Edificios y sus bloques ser lo más simétricos respecto a ambos ejes, al igual que ubicación y tamaño de aberturas
- Geometría de la planta	Evitar bloques largos y angostos, la longitud no debe sobrepasar 3 veces el ancho, de ser así dividir en bloques				Planta edificio regular, rectángulo mejor ante sismo que otras formas, controlar salientes en planta sean pequeños. Si requiere asimetría o secciones alargadas más que tres veces el ancho dividir en bloques con juntas de 3 a 4 cm	Planta edificio regular, rectángulo mejor ante sismo que otras formas, controlar salientes en planta sean pequeños. Si requiere asimetría o secciones alargadas más que tres veces el ancho dividir en bloques con juntas de 3 a 4 cm
- Complejidad del diseño					Simplicidad de diseño aconsejable para sismo. Ornamentación debe contar con refuerzo de acero	Simplicidad de diseño aconsejable para sismo. Ornamentación debe contar con refuerzo de acero
- Geometría de los espacios					Edificios formados áreas cerradas, cajas rígidas, bien ante sismo, colocar muros transversales en edificios largos	Edificios formados áreas cerradas, cajas rígidas, bien ante sismo, colocar muros transversales en edificios largos
- Disposición de muros resistentes en planta	Muros resistentes proporcionales en dos direcciones ortogonales, máxima diferencia de rigidez, 25 %.		Muros resistentes en planta garanticen sistema estructural sismoresistente en dos direcciones ortogonales y ser los más simétricos para evitar torsión			Muros resistentes en planta garanticen sistema estructural sismoresistente en dos direcciones ortogonales y ser los más simétricos para evitar torsión
- Densidad de muros en cada dirección ortogonal			En ambas direcciones ortogonales contar con densidad de muros suficiente para resistir acciones sísmicas			En ambas direcciones ortogonales contar con densidad de muros suficiente para resistir acciones sísmicas
- Condiciones de los entrepisos y techos	Losa de entripiso comportarse como diafragma rígido y transportar fuerzas horizontales del sismo	Entrepisos funcionar como diafragma rígido	Entrepisos y techos conformar diafragmas rígidos y resistentes en su plano para transmitir esfuerzos de corte a muros resistentes			Entrepisos y techos conformar diafragmas rígidos y resistentes en su plano para transmitir esfuerzos de corte a muros resistentes
- Peso de la cubierta	Evitarse elementos pesados en cubierta					Evitarse elementos pesados en cubierta

- Conexión entre elementos estructurales	Elementos estructurales bien conectados para transmitir fuerzas sismo					Elementos estructurales bien conectados para transmitir fuerzas sismo
- Ubicación de muros resistentes en diferentes niveles	Muros llegar hasta la base de la edificación	Muros resistentes superiores coincidiendo con inferiores. Cuando no coincidan, confinar en su nivel para trabajen juntos y transmitan carga al piso inferior	Construcciones varias planta muros resistentes superiores coincidiendo con inferiores			Construcciones varias planta muros resistentes superiores coincidiendo con inferiores. Cuando no coincidan, confinar en su nivel para trabajen juntos y transmitan carga al piso inferior. Muros llegar hasta la base de la edificación
- Continuidad de armaduras de acero entre pisos		Armaduras de piso superior continuación del inferior, deben estar bien empalmadas				Armaduras de piso superior continuación del inferior, deben estar bien empalmadas
- Combinación de sistemas estructurales diferentes	No conveniente mezclar sistemas estructurales con diferente capacidad de disipación de energía					No conveniente mezclar sistemas estructurales con diferente capacidad de disipación de energía
- Variaciones de resistencia, rigidez y masa			Evitar variación brusca de resistencia, rigidez y masa, planta y elevación			Evitar variación brusca de resistencia, rigidez y masa, planta y elevación
- Apoyos de muros			Muros apoyen en cuatro bordes para soportar mejor esfuerzos perpendiculares a ellos			Muros apoyen en cuatro bordes para soportar mejor esfuerzos perpendiculares a ellos
- Vinculación entre muros perpendiculares			Muros perpendiculares bien vinculados entre sí, garantizar trabazón			Muros perpendiculares bien vinculados entre sí, garantizar trabazón
- Colocación de tubos para instalaciones		Tubos de instalaciones colocar en alveolos de bloques en vertical, sin picar muros. Diámetro máximo de tubos $\frac{1}{5}$ del espesor muro				Tubos de instalaciones colocar en alveolos de bloques en vertical, sin picar muros. Diámetro máximo de tubos $\frac{1}{5}$ del espesor muro

REFERENCIAS:

- 1.- Código colombiano de construcciones sismo-resistentes. Decreto 1400 de Junio de 1984. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Bogotá, Colombia.
- 2.- Norma E-070: Albañilería. Normas Técnicas de Edificación. 1982. Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la vivienda. Ministerio de Vivienda. Perú.
- 3.- Normas Argentinas para construcciones sismoresistentes. Parte III, Construcciones de mampostería. Noviembre 1983. INPRES. Ministerio de obras y servicios públicos de la nación. Argentina.
- 4.- Diseño y Construcción de estructuras de mampostería. Normas técnicas complementarias del Reglamento de construcciones para el distrito federal. 1977. Méjico.

- 5.- Guidelines for earthquake resistant non-engineered construcción. Octubre 1986. Asociación internacional de ingeniería sísmica, Oficina central. Tokio, Japón.

ANEXOS

ANEXO 1.-

**ESTUDIO DE LA VENTILACIÓN NATURAL EN EDIFICACIONES
CONSTRUIDAS CON LA TECNOLOGÍA OMNIBLOCK**

**ING. LUIS ROSALES
INVESTIGADOR IDEC/FAU/UCV
OCTUBRE 2000**

RESUMEN

La imposibilidad de adaptar ventanas cuadradas grandes o ventanas horizontalmente alargadas a edificaciones de vivienda construidas con el sistema de bloques estructurales OMNIBLOCK concebido por la arquitecto Mercedes Marrero, llevó a realizar un estudio en el que se trató de precisar si el uso de ventanas alargadas verticalmente, únicas factibles, era desfavorable para la ventilación natural en tanto que medio para enfriar los espacios internos. A tal efecto se construyó un “simulador de vientos”, equipo en el que se reprodujo un viento atmosférico a escala y con el cual se hicieron observaciones de los flujos de aire al interior de maquetas diseñadas para el fin planteado. Igualmente, se calcularon los caudales de ventilación usando un programa de computación especializado, de modo de confirmar y completar las observaciones experimentales. Los resultados sugirieron que la ventilación natural en el caso de ventanas verticalmente alargadas es aproximadamente un tercio menos eficiente que en el caso de ventanas cuadradas grandes. Ello dio lugar al análisis de diversas alternativas de mejoramiento, llegándose a la conclusión de que las opciones que involucran únicamente a las ventanas son de provecho limitado. Sin embargo, se plantearon posibilidades de mejoramiento en un ámbito más general, cuya validez dependerá fundamentalmente de la calidad del diseño térmico integral y del ámbito climático.

INDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN – PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
LA VENTILACIÓN NATURAL - BREVE RESUMEN DE CONCEPTOS.....	1
ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.....	4
SIMULADOR DE VIENTOS CONSTRUIDO PARA EL ESTUDIO.....	7
METODOLOGÍA.....	8
LA MAQUETA.....	9
PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	9
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	11
CÁLCULO DEL CAUDAL DE VENTILACIÓN USANDO EL PROGRAMA DE COMPUTACIÓN AIOLOS.....	15
CONCLUSIONES.....	18
RECOMENDACIONES.....	19
Referencias.....	21
ANEXO – PRINCIPIOS DE DISEÑO POR CLIMATIZACIÓN PASIVA.....	22

INTRODUCCIÓN – PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Entre los objetivos del proyecto de investigación titulado “Proyecto de Confort Térmico para Estudio Comparativo”, a cargo de la Arq. Mercedes Marrero, estuvo el evaluar uno de los factores que afectan el ambiente de las edificaciones climatizadas por medios pasivos, como lo es la ventilación natural. La Arquitecto Marrero es la creadora de un sistema de bloques estructurales denominado “Omniblock” [Marrero 1992], sistema en el cual, por razones de tipo constructivo, no es posible integrar ventanas cuadradas grandes o ventanas horizontalmente alargadas, siendo la única solución la implantación de ventanas estrechas y alargadas verticalmente. De ahí la inquietud de conocer hasta qué punto las ventanas verticales son desfavorables para la ventilación natural en comparación con las horizontales y cuáles podrían ser las mejoras. En tal sentido, se planteó un estudio experimental destinado a visualizar los patrones de flujo de aire al interior de las edificaciones, para lo cual se construyó un simulador de vientos, equipo en el que se reprodujo un flujo de viento a escala, el cual se torna visible usando humo. De esta forma, al colocarse maquetas transparentes y en combinación con una iluminación adecuada, se pueden filmar los trazos que delinea el humo al interior de las mismas.

LA VENTILACIÓN NATURAL - BREVE RESUMEN DE CONCEPTOS

En las regiones tropicales, se deben usar métodos para mantener fresco el interior de las edificaciones, ya que el sol es intenso y tiende a calentar las mismas hasta niveles irritantes. El aire acondicionado soluciona el problema, pero su costo es alto, en tanto que, al funcionar con refrigerantes de compuestos de cloro, daña la capa de ozono y promueve el calentamiento global de la tierra.

Una alternativa es el acondicionamiento natural o pasivo. Éste se refiere al empleo de estrategias de diseño adaptadas al clima y a técnicas de enfriamiento asociadas, las cuales funcionan con energía natural renovable. Las estrategias de diseño incluyen orientar la edificación adecuadamente, sombrear, reflejar la radiación solar, bloquear la entrada de calor (aislamiento térmico), reducir las fuentes de calor internas y controlar la onda térmica diaria manejando la masa térmica. Por su parte, las técnicas de enfriamiento tienen como fin evacuar el excedente de calor que podría presentarse, con destino a sumideros energéticos específicos (el aire, el suelo, el cielo, etc.).

La ventilación natural es una técnica de enfriamiento natural en la que el sumidero de calor es el ambiente exterior. El aire exterior penetra al interior expulsando hacia afuera el aire caliente y refrescando los espacios y los cerramientos. Se trata de la técnica más ligada al diseño mismo, pues obedece a la configuración de la envolvente y de los espacios internos y a la relación del conjunto con los vientos de la zona.

La potencia de enfriamiento de la ventilación natural es proporcional al caudal con que se renueva el aire y a la diferencia de temperatura entre el aire exterior e interior. Por ejemplo, una vivienda que se encuentra a una temperatura de 28°C y en la cual se induce una renovación de aire de 1 m³/s estando el aire exterior a 26°C, empieza a evacuar unos 2 KW de calor, cantidad cercana a la potencia de enfriamiento de un módulo de aire acondicionado de tipo consola.

Por otro lado, dependiendo del tipo de clima, conviene acentuar ciertas formas de ventilación natural. En los climas con brisas diurnas y temperaturas del aire agradables, se debe promover el contacto entre los usuarios y el aire en movimiento, induciendo la ventilación cruzada. Si la zona no tiene brisas perceptibles, se puede provocar un flujo sensible abriendo las ventanas en los puntos más bajos y más altos del conjunto de ambientes vinculados entre sí. Esto promueve las corrientes térmicas (efecto de chimenea), corrientes que se pueden acentuar con una claraboya de salida del aire.

En regiones con noches frescas y días calientes (climas cálido-secos), es recomendable dejar entrar el aire en la noche a fin de enfriar los cerramientos, lo que se conoce con el nombre de ventilación nocturna. Una vivienda bien protegida del sol durante el día ganará unos 0,6°C/h cuando la temperatura externa se encuentre alrededor de los 30°C. En consecuencia, al amanecer más fría, el aumento diario global resultará menor.

En climas calientes y húmedos (climas tropicales) en los que la amplitud de la variación diaria de la temperatura es pequeña, conviene ventilar, siempre que la humedad no sea muy alta, pues en ese caso el aire se siente denso y pegajoso (sin mencionar el daño que la humedad produce en los objetos). Más concretamente, es la combinación de la humedad y la temperatura del aire lo que determina esta molestia. A tal efecto, diversos autores han creado diagramas en los que se muestra bajo cuáles circunstancias conviene ventilar.

En términos generales, se habla de unos límites absolutos comprendidos entre 25°C y aire saturado y 32°C y humedad relativa de 60% [Givoni 1978 ; Koenigsberger et al 1977 ; Aynsley 1977 ; Olgyay 1998 ; Santamouris et al 1996].

En general, en los climas tropicales, la temperatura media del aire al interior de las edificaciones es mayor que la temperatura media del aire exterior a la sombra. La diferencia depende del diseño de la envolvente: en la medida en que la envolvente y las aberturas estén protegidas de la radiación solar y los espacios interiores estén ventilados, la temperatura del aire interior se aproxima a la temperatura exterior a la sombra, colmándose el potencial de enfriamiento de la ventilación.

Tan importante como aprovechar al máximo la capacidad de enfriamiento del aire exterior, es distribuir los flujos de aire a lo largo y ancho de los espacios habitables. Con ello se distribuyen los beneficios relativos al confort, producidos por los intercambios térmicos directos entre el cuerpo humano y el aire fresco en movimiento.

En resumen, aprovechar la ventilación natural consiste en aplicar dos reglas fundamentales:

- producir un caudal idóneo y acorde con la temperatura del aire de la zona
- repartir los flujos de aire a lo largo y ancho de los espacios habitables (o de los cerramientos, cuando se trate de ventilación nocturna).

Así, un estudio riguroso de los beneficios o inconvenientes de una determinada configuración arquitectónica conlleva evaluar el grado de cumplimiento de ambas reglas. A tal efecto se han diseñado diversos métodos, los cuales pueden clasificarse en tres grupos (detalles sobre estos métodos pueden consultarse en [Allard 1998 ; Rosales, 1999]):

- Métodos analíticos: Se basan en enfoques teóricos en los que se aplican principios de mecánica de los fluidos y de análisis numérico. Se presentan comúnmente bajo la forma de programas de computación.
- Métodos empíricos: Combinan apreciaciones teóricas con ensayos realizados en campo y en laboratorio a fin de proponer correlaciones de cálculo fácilmente aplicables.
- Métodos experimentales: Consisten en mediciones experimentales de caudales, patrones de flujo y velocidad de aire usando edificaciones reales, prototipos o maquetas a escala.

Bien que en los últimos años se ha avanzado mucho en el desarrollo de métodos de predicción de la ventilación natural, existen aún serias dificultades para modelar el viento que llega y atraviesa las aberturas (sobre todo las grandes), pues se trata en gran medida de un fenómeno turbulento y aleatorio, razón por la cual los métodos analíticos y empíricos no siempre son confiables. De ahí que los métodos experimentales sigan siendo todavía indispensables cuando se requiera precisión.

Sin embargo, los métodos experimentales conllevan a su vez varias dificultades: en el caso de mediciones en edificaciones reales, éstos sirven más que todo de comprobación de suposiciones hechas durante el diseño o de predicciones hechas con métodos analíticos o empíricos. Por su parte, cuando se trata de prototipos o maquetas a escala, se debe disponer de la plataforma tecnológica adecuada o prever un costo adicional importante para la puesta en funcionamiento de la misma.

El mejor equipamiento para medir la ventilación natural en maquetas es el túnel de viento atmosférico (sobre túneles de viento, consultar [Gandemer 1981 ; Rosales 1994]). Un túnel de viento es un instrumento en el que se simula el viento a bajas alturas (viento atmosférico), para luego colocar maquetas y realizar mediciones.

La mayoría de los estudios experimentales orientados a evaluar las variables de diseño que influyen la ventilación natural han sido hechos en túneles de viento ([Celestine 1985 ; CSTB 1995 ; CSTB 1992 ; Gouin 1984 ; Sobin 1981 ; Bowens 1976] ; etc.). Sobre la base de dichos estudios se han planteado reglas de diseño y correlaciones empíricas para ser usadas por los diseñadores con el fin de optimizar la ventilación.

Sin embargo, la dificultad de conjugar de una manera global y rigurosa todos los factores que intervienen en la formación de los flujos de aire al interior de las edificaciones es considerable, pues éstos son muy cambiantes. Bastaría con mencionar la topografía del lugar, el entorno de la edificación, la geometría particular

de tal o cual componente constructivo o la turbulencia del viento incidente (el aire, por ejemplo, puede, sólo por causa de la turbulencia, entrar y salir al mismo tiempo por una misma abertura).

Es por ello que adicionalmente a estos estudios paramétricos se hayan realizado estudios de un carácter más elemental, con el fin de establecer reglas y recomendaciones de diseño [CSTB 1992 ; ALLARD et al 1998 ; KOENIGSBERGER 1977 ; AYNSLEY 1977 ; OLGAY 1998 ; etc.]. A continuación se presentan algunas de las conclusiones generales que se pueden extraer de estas recomendaciones:

1. El viento siempre tiende a ejecutar el menor trabajo posible para recobrar su trayectoria natural.

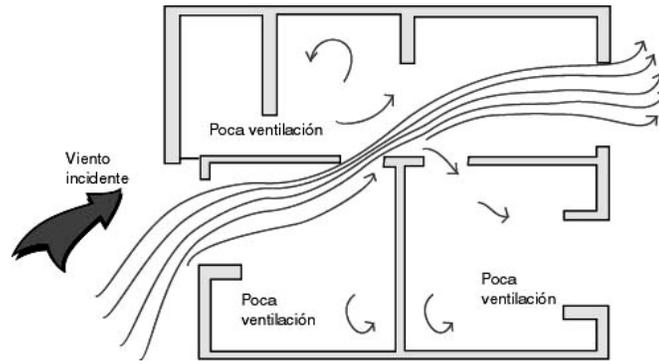


Fig. 1 – El viento tiende siempre a mantener su trayectoria natural

2. La mejor manera de no perturbar el flujo natural del viento es acoplando la edificación a la trayectoria. Mientras más se entorpezca la trayectoria del viento al interior, más se producirán zonas de estancamiento y turbulencias que generarán pérdidas de energía cinética.

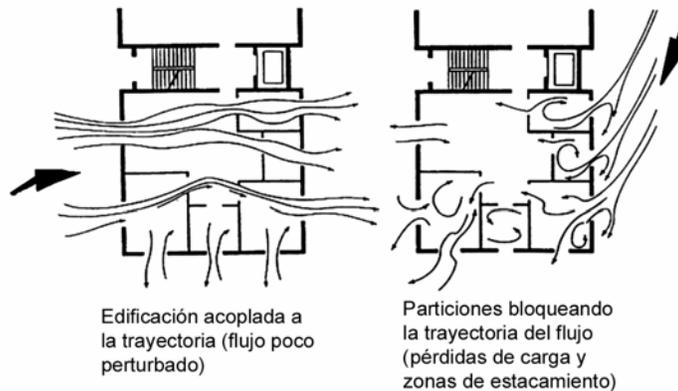


Fig. 2 – Acoplamiento de las particiones internas a la trayectoria del viento

3. Cualquier canalización aerodinámica reducirá las pérdidas por fricción, aumentándose la velocidad.

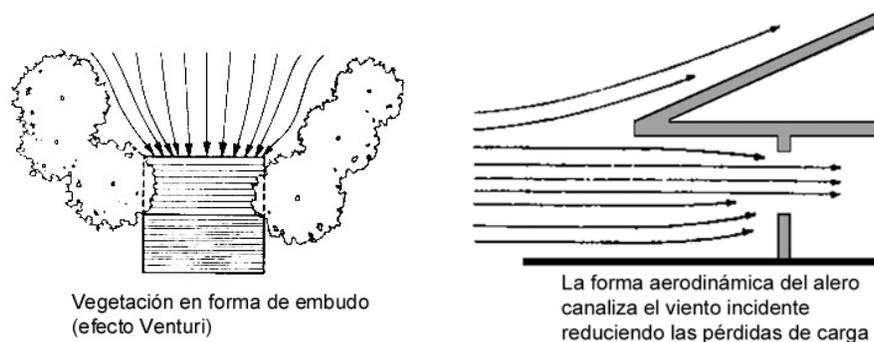


Fig. 3 – Canalizaciones del viento en forma aerodinámica

4. Mientras mayor sea la diferencia entre las presiones en las fachadas de entrada y salida del viento, mayor será la energía disponible para ventilar.

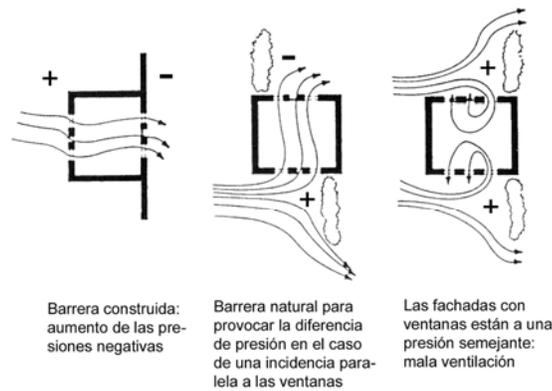


Fig. 4 – Inducción de la ventilación manejando las diferencias de presión

5. La altura de las aberturas corresponderá aproximadamente a la altura más ventilada de los ambientes

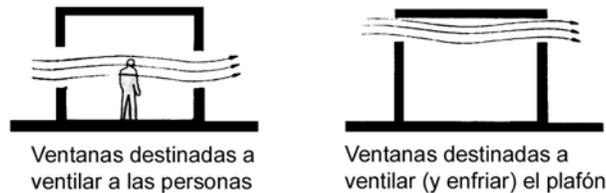


Fig. 5 – Ubicación de las aberturas a los efectos de ventilar distintas zonas de la edificación

ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

La proporción de las ventanas:

Son pocos los estudios conocidos conducentes a determinar cuáles ventanas son mejores para ventilar, si las horizontales o verticales. De hecho, no se pudo encontrar ninguna publicación que tratase específicamente del tema, sólo un par de referencias. Kindangen [Kindangen 1997] menciona un trabajo de Sobin [Sobin 1981], quien, al estudiar la geometría de las ventanas usando un túnel de viento, llegó a la conclusión de que, para un área de ventana definida, las aberturas horizontales son las más eficientes para ventilar, independientemente del ángulo de incidencia del viento. Igualmente menciona un estudio de Kukreja [Kukreja 1978], quien evaluó diversas combinaciones ancho-alto para una incidencia perpendicular, llegando a la conclusión de que la altura óptima se encuentra entre 1,2 y 1,5 m.

De acuerdo con esto, las ventanas cuadradas grandes u horizontales parecen ser mejores que las verticales. Ello se debe tal vez a que una de las premisas que rige a la ventilación en tanto que medio para enfriar directamente a las personas es la de cubrir horizontalmente los espacios en un margen de altura que abarque las partes más importantes del cuerpo. En consecuencia, el riesgo que se corre con las ventanas verticales es el de ventilar sólo una franja vertical del espacio, dejando sin movimiento de aire otros sitios en los que pudieran permanecer los usuarios.

La dificultad de hallar información sobre el tema se debe a que la proporción alto-ancho de las ventanas constituye tan sólo una de las muchas variables que intervienen en la distribución de los flujos de aire al interior de las edificaciones. Normalmente, los trabajos de investigación experimentales consideran muchas de estas variables de manera somera, dando mayor importancia a otras, conforme a los objetivos del autor.

Tal como se dijo, estas variables se examinan, la mayoría de las veces, en túneles de viento, sobre la base de edificaciones de referencia. Luego de realizar un estudio bibliográfico, se presenta a continuación un compendio de conclusiones de estudios referidos a la relación entre la ventilación y las ventanas:

Tamaño de las ventanas: Diversos autores investigaron la influencia del tamaño de las ventanas en los caudales de ventilación. En términos generales, todos concluyeron en que luego de 20 a 30% de porosidad (relación de área de ventanas con respecto al área de la fachada) la ventilación deja de aumentar en forma importante. Esto se debe a que por encima de estos valores, las aberturas reducen la diferencia de presión generada por la geometría global de la envolvente.

Posición vertical de las ventanas: Para un tamaño determinado de ventana, Chand et al [Chand et al 1977] encontraron que la altura del antepecho debe ser ligeramente inferior que la altura a la que se desea obtener las máximas velocidades de aire al interior. También concluyeron en que la posición vertical de la ventana de salida, aunque determine el trayecto del flujo, tiene poca influencia en el caudal de ventilación. Kukreja [Kukreja 1978] en cambio afirma que en el caso de ventilación transversal, los caudales óptimos se obtienen cuando las ventanas de entrada y de salida se encuentran a la misma altura.

Posición horizontal de las ventanas: Estudios realizados por Kukreja [Kukreja 1978] indicaron que para el caso de ventilación transversal y un viento oblicuo entrando por una ventana situada en el centro de la fachada en barlovento, la ubicación horizontal de la ventana de salida tiene poca influencia. Además observó que la mayor velocidad interior se obtiene cuando ambas ventanas se sitúan formando diagonal.

La relación de tamaño de las ventanas: Diversos investigadores sondearon el efecto de la relación de las áreas de las ventanas de entrada y salida del aire. Constataron que la velocidad del aire al interior aumenta si las ventanas de salida son entre 25% y 50% más pequeñas que las ventanas de entrada. No obstante, el aumento no es significativamente mayor que cuando las ventanas son iguales.

La revisión bibliográfica que se reseñó lleva a suponer las siguientes cuatro limitaciones al momento de proponer soluciones para mejorar la ventilación en el caso de edificaciones construidas con el bloque estructural Omniblock:

- No se obtiene un mayor caudal aumentando la porosidad de las fachadas más allá del 30%
- El antepecho de las ventanas debería ser un tanto más bajo que la parte más ventilada, la cual debería concordar con las zonas en las que se hallan las partes más sensibles del cuerpo (el torso y la cabeza).
- No se aumenta el caudal al cambiar la posición de la ventana de salida, aunque sí se afecta el recorrido del aire y su velocidad en algunos puntos.
- No se gana en caudal colocando ventanas más grandes en las fachadas de salida del aire.

Simulador de vientos:

Si se desea efectuar un estudio experimental y riguroso, se hace necesario usar un túnel de viento. Ya se mencionó que un túnel de viento es un instrumento en el que se simula a escala el viento atmosférico, para luego colocar maquetas y realizar mediciones. Esta simulación conlleva concretamente cumplir con cuatro condiciones de similitud:

- reproducir la variación de la velocidad media con la altura
- reproducir la variación de la turbulencia con la altura (intensidad de turbulencia)
- reproducir las escalas de turbulencia (torbellinos máximos)
- reproducir la densidad espectral de la turbulencia (frecuencia con que pasan torbellinos de dimensiones características).

En realidad, reproducir correctamente estos cuatro parámetros resulta costoso y complejo, pues impone dimensiones de túnel grandes e instrumentos de medición de alta tecnología (Figura 6).



Fig. 6 – Túnel de viento de la Escuela de Arquitectura de Gales (<http://www.cf.ac.uk>)

Sin embargo, para estudios de carácter cualitativo y cuando la precisión buscada no sea grande, se puede aprovechar el que, en el caso de edificaciones con aristas (edificaciones no redondeadas), los patrones generales de flujo al interior son el resultado primordialmente de las aristas mismas. En estos casos puede considerarse como representativo simular solamente la variación de la velocidad media con la altura o, incluso, reproducir un viento uniforme.

Lo anterior puede hacerse por medio de instrumentos sencillos como simuladores de viento o canales de agua. La visualización de los patrones de flujo al interior de las maquetas se realiza usando materiales transparentes y proyectando partículas ligeras o humo en combinación con una iluminación adecuada.

Tomando en cuenta lo anterior, para el estudio de las ventajas o desventajas de las ventanas verticales se propuso fabricar un simulador de vientos en el que se reproduzca únicamente la variación de la velocidad media con la altura.

Ello implicó indagar primero acerca de la eficacia de tales instrumentos. Sin embargo, no fue mucho lo que se pudo averiguar con relación a experiencias anteriores. Las grandes universidades e institutos tecnológicos del mundo que estudian los fenómenos asociados con el viento atmosférico, disponen de túneles de viento formales. Sólo se tuvo conocimiento de dos simuladores de viento, específicamente, en la Architectural Association School de Londres [Koenigsberger 1977] y en el CIHE de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires [Fernández 1997].

A pesar de la existencia de dichos simuladores y de haber incluso observado en sitio el del CIHE de la Universidad de Buenos Aires, no se pudo dar con ningún estudio paramétrico realizado con dichos instrumentos. El simulador de vientos de la Universidad de Buenos Aires se ha usado fundamentalmente como herramienta didáctica y para investigar la manera en que fluye el aire al colocar maquetas de edificaciones, complejos urbanos o topografías, siempre en el marco de trabajos más generales y sin usar alguna técnica de visualización recuperable.

Debido a lo anterior, la construcción de un simulador de vientos que permita visualizar y registrar los patrones de aire al interior de las edificaciones constituyó una experiencia un tanto incierta, por lo que se fueron presentando imprevistos que fueron solucionándose en el transcurso del trabajo.

Por otro lado, una experiencia previa que resultó de gran ayuda fue el haber realizado un experimento con el canal hidráulico de la Universidad de La Rochelle, Francia [Rosales 1999]. Un canal hidráulico permite estudiar la ventilación natural usando agua en lugar de aire. El principio que autoriza usar un canal de agua es la analogía de Reynolds entre flujos de aire y de agua. De una manera general, a 20°C existe una relación de uno a veinte entre la viscosidad del aire y del agua, lo que permite hacer mediciones de velocidad utilizando modelos a escala 1:20 y conservando la velocidad real.

En la figura 7 se muestra el canal hidráulico del LEPTAB de la Universidad de La Rochelle y el equipamiento para arrastrar las maquetas y fotografiar los patrones del flujo. El caso específico que se muestra es el de una maqueta de un conjunto residencial ubicado en Cabudare y que fue objeto de mediciones en sitio [Sosa et al 1995 ; Sosa et al 1996]. Se usó un equipo de plano láser para visualizar las trayectorias trazadas por partículas flotantes a nivel de las ventanas. Al fotografiar estas partículas conociendo la velocidad de arrastre de la maqueta y el tiempo de abertura del objetivo, se obtuvieron trazos que permitieron calcular las velocidades (Figura 8).

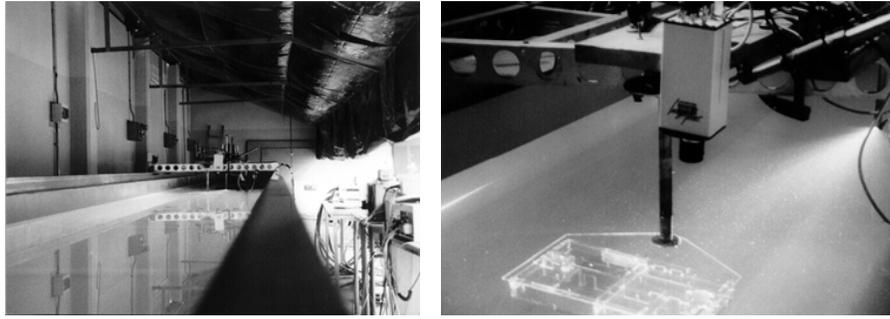


Fig. 7 – Canal hidráulico del LEPTAB de la Universidad de La Rochelle, Francia

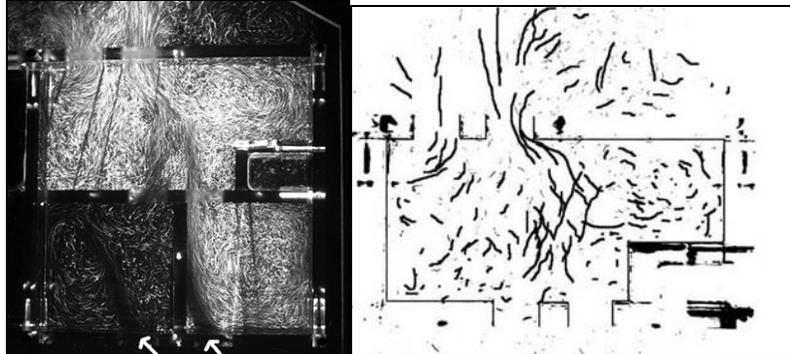


Fig. 8 – Fotografía en canal hidráulico del patrón de flujo de aire sobre una maqueta y apreciación de los trazos que permiten calcular la velocidad.

La experiencia en canal hidráulico dio la idea de tantear un método de visualización similar, pero esta vez en un simulador de vientos y usando humo. La meta fue registrar de la mejor manera los patrones de aire con una cámara de video, de modo de comparar posteriormente la diferencias entre los movimientos del aire para el caso de ventanas verticales y horizontales, así como las posibles mejoras que se pudiesen proponer.

SIMULADOR DE VIENTOS CONSTRUIDO PARA EL ESTUDIO

El equipo que se construyó consta de un ventilador industrial, el cual echa aire a lo largo de un conducto de fibra de vidrio de sección variable que canaliza el viento y nivela las presiones. El aire sale a través de una rendija de madera cuyo fin es obligar una distribución vertical acorde con el perfil de velocidad media buscado. Al interior del conducto se colocaron mallas para uniformizar la velocidad. El aire llega hasta una mesa de prueba en la que se colocan maquetas transparentes (acrílico o mica), de modo que al inyectar humo o algún otro gas visible, se puedan filmar o fotografiar las líneas de corriente.

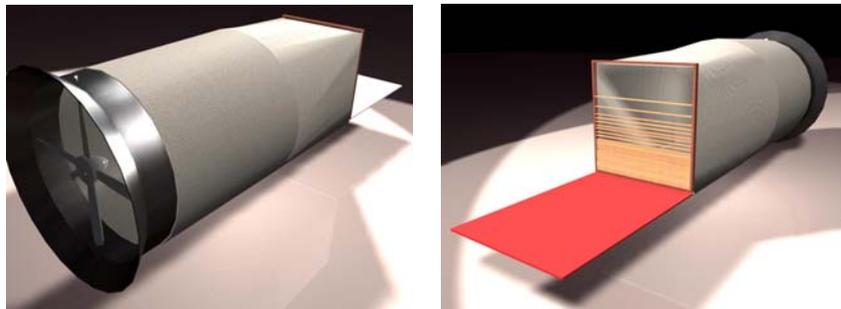


Fig.9 - Vista general del simulador tal como se proyectó al comienzo



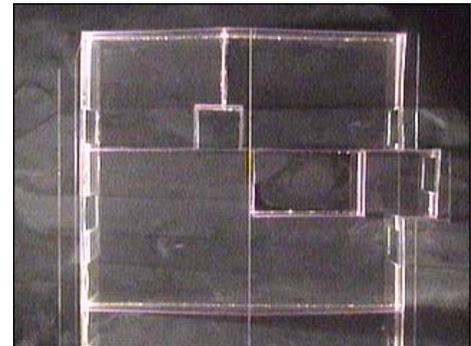
Fig. 10 - Conducto de fibra de vidrio durante la etapa de construcción



Fig. 11 – Vista general del simulador ya listo para ser usado

Contrariamente a lo que pudiera parecer, la parte más problemática no fue la reproducción del viento buscado, sino el método de visualización. Luego de intentar varias alternativas, se encontró que la mejor manera de captar el recorrido del aire al interior de las maquetas era usando el humo que desprende la fibra de coco al quemarse. Para resaltar los patrones de flujo en un plano determinado de los espacios, se iluminó la maqueta usando una diapositiva que sólo dejaba pasar un haz de luz plano. Un ejemplo del resultado se muestra en el video 1.

Video 1 – Ejemplo de filmación obtenida



METODOLOGÍA

Teniendo ya funcionando el simulador, se planteó la siguiente metodología para estudiar el caso Omniblock:

1. Elaborar maquetas de edificaciones cuya construcción esté planteada con bloque estructural Omniblock:
 - 1.1 Hacer estas maquetas colocando apartamentos, unos con ventanas verticales y otros con ventanas cuadradas. Dejar la posibilidad de abrir o cerrar las puertas o colocar aberturas adicionales.
2. Colocar las maquetas en el simulador y verificar si efectivamente las ventanas verticales son desfavorables.
3. Proponer y verificar cambios que mejoren el caso de las ventanas verticales:
 - 3.1 Ubicación relativa de las ventanas
 - 3.2 Configuración de los espacios y particiones internas
 - 3.3 Posibilidad de colocar aberturas adicionales que ayuden a repartir el flujo

LA MAQUETA

La maqueta que se utilizó fue la de un edificio de 4 pisos, cuyos dos últimos fueron hechos de mica transparente, cuidando muy bien que las intersecciones entre paredes, pisos y techos queden completamente selladas. La mitad de los apartamentos se hicieron con ventanas verticales y la otra mitad con ventanas cuadradas grandes. En la siguiente figura se muestran dibujos esquemáticos y una fotografía de la maqueta.

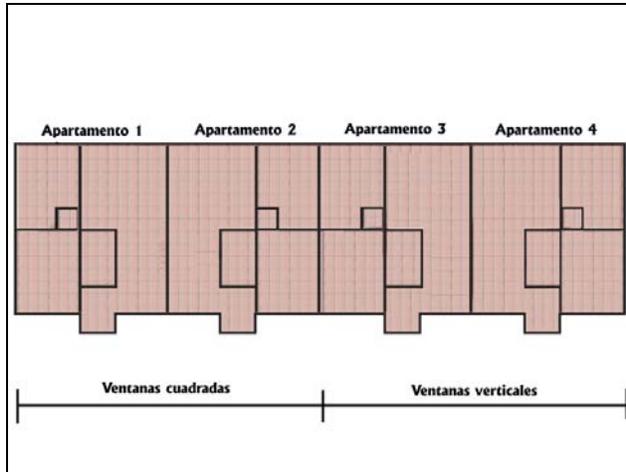


Fig. 12 - Vista en Planta

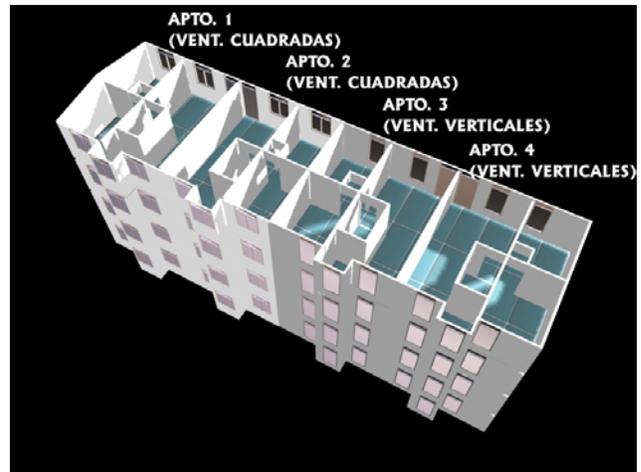


Fig. 13 - Perspectiva

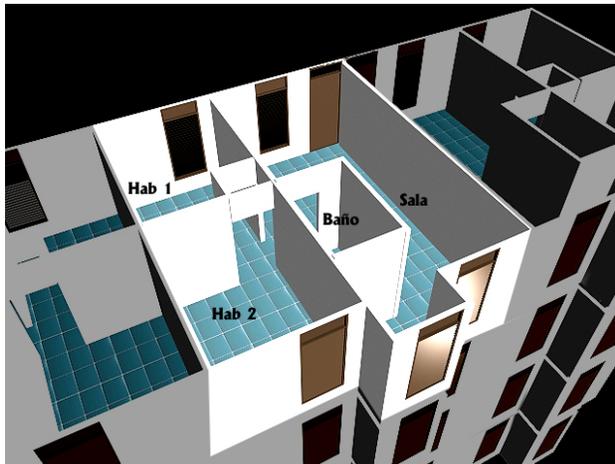


Fig. 14 - Espacios internos (Apto. 3)

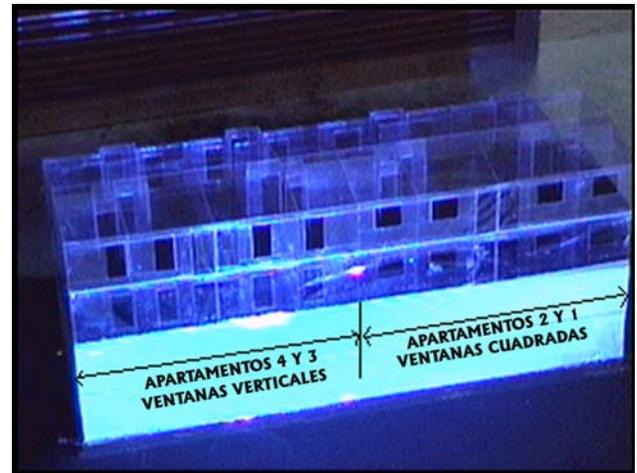


Fig. 15 - Fotografía de la maqueta

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Los resultados experimentales que se muestran son videos. Para verlos, se debe clicar encima de ellos. A fin de ayudar a la observación, se trazaron algunas líneas de corriente (verde) y se demarcaron las zonas en las que se aprecian las mayores velocidades (rojo). Se recomienda en todos los casos orientar la atención a cada espacio por separado, para luego concebir el conjunto.

Las pruebas que se hicieron se dividen en dos grupos: ventanas cuadradas y ventanas alargadas verticalmente. Con el fin de realizar las mediciones con mayor desenvoltura, y como se dijo en el aparte anterior, se colocaron ambos tipos de ventanas en la misma maqueta, en apartamentos simétricos. Al procesar los videos en computadora, se generó un reflejo vertical para las vistas en planta y un reflejo horizontal para las vistas en corte, en los Apartamentos 3 y 4 (los de ventanas verticales), con el fin de igualar las imágenes con las de los apartamentos 1 y 2 y comparar los flujos de aire con mayor facilidad.

Debido a que lo que se buscaba filmar es lo que ocurre al interior de los apartamentos, los videos en planta sólo se hicieron en el último piso y los videos en corte, en los apartamentos 1 y 4 de los dos últimos pisos.

La razón de esta restricción es la reducción de visibilidad cuando se trata de observar a través de más de una capa de cerramiento transparente.

Todas las pruebas se hicieron con las puertas interiores abiertas, suponiendo que se mantiene la comunicación entre los espacios. Para cada uno de los dos grupos (ventanas cuadradas y ventanas verticales) se hicieron videos de los siguientes escenarios:

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

Todos los casos anteriores se probaron para una incidencia de viento perpendicular, con el aire entrando por las habitaciones, y algunos casos se probaron para una incidencia de viento oblicua (45°), igualmente con el aire entrando por las habitaciones.

En la siguiente tabla se presenta en forma esquemática lo antedicho:

		PRUEBAS FILMADAS							
		Incidencia perpendicular				Incidencia oblicua			
		Puerta abierta	Puerta cerrada	Abertura arriba de la puerta	Ventilación por un solo lado	Puerta abierta	Puerta cerrada	Abertura arriba de la puerta	Ventilación por un solo lado
Ventanas Cuadradas	Apto 1	Planta	○	○	○	○	○	○	○
		Corte	○	○	○	○			
	Apto 2	Planta	○	○	○	○	○	○	○
		Corte							
Ventanas Verticales	Apto 3	Planta	○	○	○	○	○	○	○
		Corte							
	Apto 4	Planta	○	○	○	○	○	○	○
		Corte	○	○	○	○			

Por otra parte, las pruebas filmadas en corte se hicieron para diferentes lugares de los apartamentos. En la siguiente figura se muestra la ubicación del plano de iluminación de las diferentes tomas con respecto a la posición de las ventanas.

Se debe señalar que la totalidad de los videos se incluyen en el CD de anexo. El presente informe sólo contiene una cantidad limitada de ellos, aquellos que ilustran lo que se considera que es necesario destacar, sobre la base de los objetivos que se plantearon en el estudio.

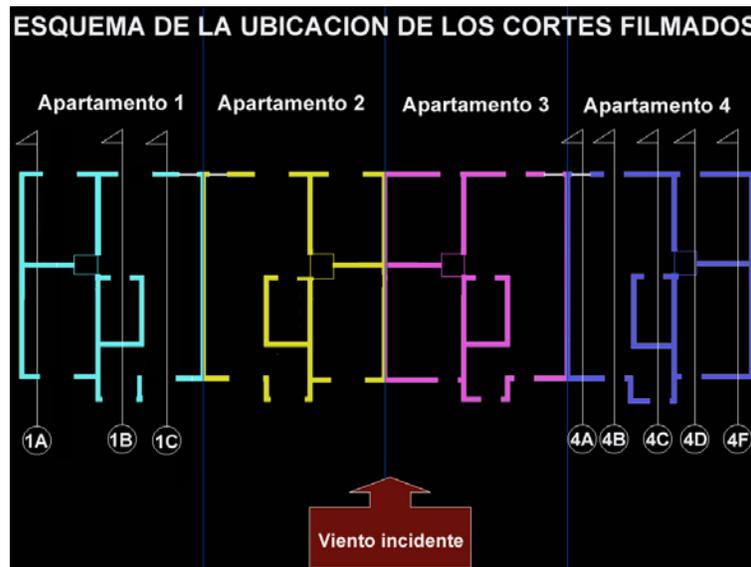
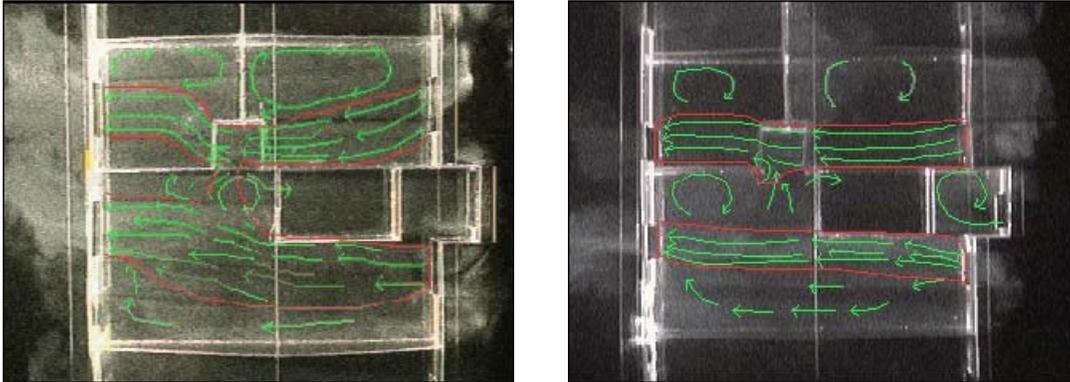


Fig.16 - Ubicación de las tomas hechas en corte

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

A continuación se muestran los videos obtenidos en planta con incidencia perpendicular y la puerta cerrada para los apartamentos 2, con ventanas cuadradas, y 3, con ventanas verticales.



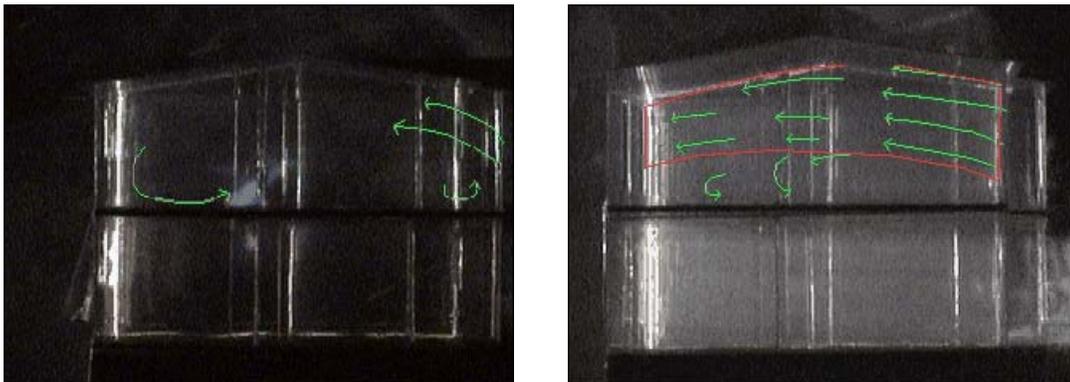
Videos 2 y 3 - Apartamentos 2 y 3 con la puerta cerrada e incidencia perpendicular.

La primera constatación es la desigualdad de las áreas que cubre la parte del flujo de aire que viaja entre fachadas en correspondencia con las paredes. Se ve que en el apartamento 2, de ventanas cuadradas, el flujo cubre mayor área. Esto era de prever, puesto que dichas ventanas son más anchas.

De igual forma, una visión de conjunto revela que en el caso de las ventanas cuadradas, el patrón general de flujo es más agitado a lo largo y ancho de los espacios, lo que demuestra que la ventilación es más activa. Si bien se pueden advertir con cierta facilidad las diferencias de velocidades entre ambientes distintos (el baño con respecto al resto de los ambientes es el caso más patente) o, para un mismo ambiente, entre diferentes puntos, es muy difícil tener una apreciación de las diferencias de velocidad entre los dos apartamentos en las zonas correlativas del patrón de flujo. La percepción primaria es que las velocidades son similares.

Con respecto a lo anterior, se debe recordar que el simulador no fue construido teniendo como objetivo inicial la medición clara de velocidades, pues se sabía que esto era problemático sin el recurso de la tecnología adecuada, propia ya de un túnel de viento. Esto no significa que más adelante, realizando algunos cambios, específicamente, reduciendo aún más la velocidad de salida del aire, se pueda, quizás, con el concurso de la experiencia, llegar a apreciar mejor estas diferencias.

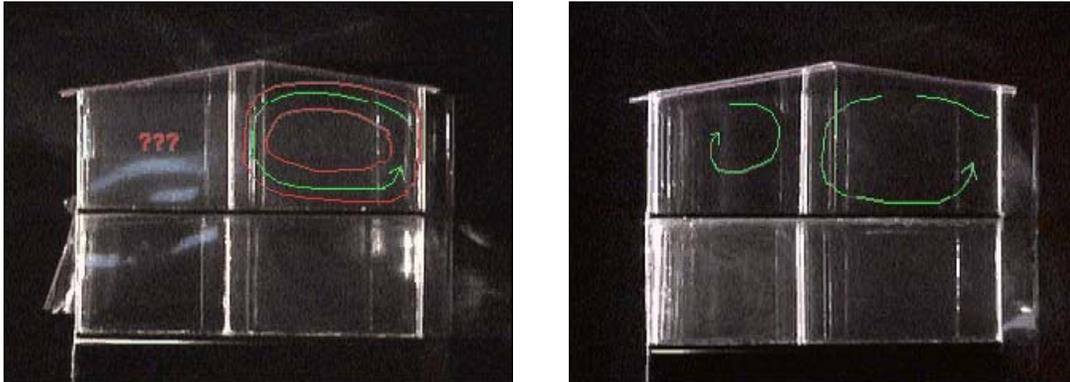
Considerando que la diferencia fundamental entre ambos casos no es la forma genérica del patrón de flujo, sino la diferencia en sus anchuras, conviene seguidamente observar qué pasa en los planos verticales. A continuación se muestran los videos que se obtuvieron en los apartamentos 1 y 4, iluminando en corte (cortes 1C y 4B) a la altura de la sala y con la puerta de entrada cerrada (lamentablemente, el registro del apartamento 1 no resultó ser de buena calidad, por lo que éste debe observarse con mayor agudeza). Igualmente, se aprovechó esta medición para mirar simultáneamente los apartamentos gemelos del tercer piso, en los cuales se eliminó la ventilación transversal, sellando las ventanas de la fachada de salida del aire.



Videos 4 y 5 – Apartamentos 1 y 4. Vista en corte (1C y 4B) a la altura de la sala (puerta de entrada cerrada)

A pesar de la dificultad de observación, es evidente que la ventilación, usando ventanas verticales, es más amplia. Se debe resaltar que el plano filmado coincide con la ubicación de la ventana de entrada del aire. En los apartamentos del piso de abajo, en los que no hay ventilación cruzada, se repite este hecho: allí también se nota claramente que el viento penetra por ráfagas más anchas.

Lo anterior era de suponer, puesto que estamos en la zona donde están las ventanas. Si ahora observamos otros dos cortes ubicados en las habitaciones, en las zonas donde no hay ventanas (Cortes 1A y 4F), vemos que la ventilación es más notoria en el caso de las ventanas cuadradas (Apartamento 1). Sin embargo, no pareciera ser mucha la diferencia.



Videos 6 y 7 – Apartamentos 1 y 4. Vista en corte a la altura de las habitaciones (puerta de entrada cerrada)

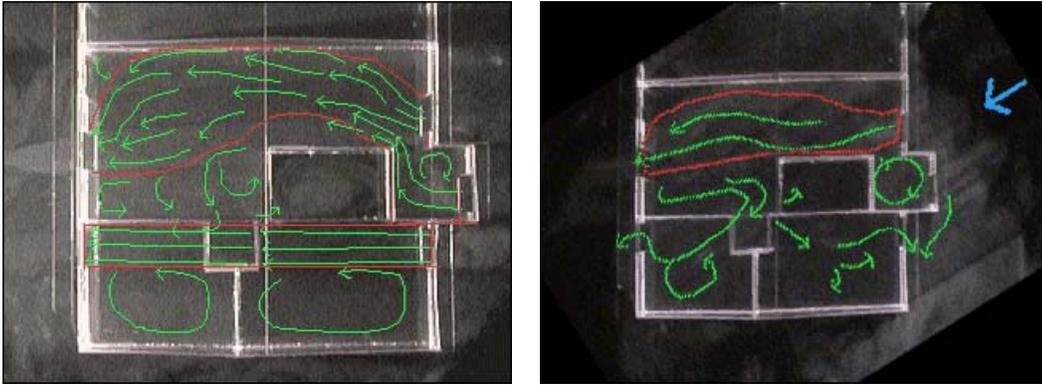
Antes de seguir, se debe señalar que en las pruebas presentadas existe un factor de perturbación en cuanto a la objetividad de las aseveraciones que de ellas se desprenden, y es el uso de los apartamentos del último piso como punto de referencia. Ocurre que la extensión del edificio produce en este piso una entrada de viento ligeramente hacia arriba, al buscar éste flaquear la fachada completa, pasando por arriba del techo. A pesar de que en el momento de filmar no se tomó en cuenta esta circunstancia y que por ende los apartamentos del tercer piso sólo se filmaron en corte y para una ventilación por un solo lado sin pensar en la conveniencia de filmarlos en iguales condiciones, se considera que combinando ambos casos, es posible llegar a conclusiones de carácter general (de todos modos, el mismo fenómeno ocurre en los apartamentos extremos del tercer piso, pero esta vez hacia los lados).

Volviendo a los dos videos anteriores y observando conjuntamente los apartamentos del tercer piso, queda claro que, al salirnos del área vertical de las ventanas, la trayectoria del aire es más franca en el caso de las ventanas cuadradas, mientras que en el caso de las ventanas verticales, ya se presentan cambios de dirección y movimientos particulares causados por la perturbación del aire al chocar con las paredes.

Repasando los casos expuestos hasta ahora, se puede afirmar que resulta preferible colocar ventanas anchas, pues éstas permiten una mejor repartición horizontal del aire, que es lo que interesa cuando se desea ventilar a las personas, sin considerar en qué lugar de los apartamentos estén. Por el contrario, las ventanas verticales alargadas, si bien producen un flujo bastante amplio en los planos coincidentes con ellas, imponen la necesidad de que los usuarios realicen sus actividades en esos lugares específicos, que son aquellos donde “sopla el viento”.

No obstante, las diferencias entre todos los casos no parecen ser de consecuencias radicales, puesto que siempre existe un flujo de aire en apariencia aceptable en términos de ventilación natural. Más adelante se presentarán algunos resultados de simulaciones en computadora conducentes a calcular los caudales y orientados a establecer las diferencias en cuanto a las cargas de enfriamiento. Sin embargo, por ahora, en vista de que lo que interesa es la repartición espacial del flujo, se presentan algunas de las pruebas realizadas con el fin de evaluar posibles mejorías.

Pudiera en primer lugar pensarse que si se colocan las ventanas de entrada y salida del aire formando diagonal con relación al ángulo de incidencia del viento, se repartiría mejor el aire que circula, al estar éste obligado a zigzaguear por los espacios. A fin de corroborar esta suposición, se presenta a continuación el apartamento 4 para una incidencia oblicua y se le compara con el caso de una incidencia perpendicular.



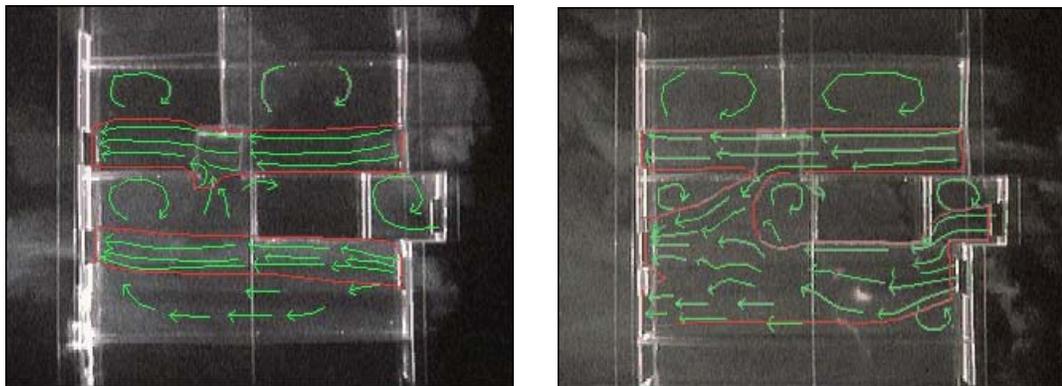
Videos 8 y 9 – Apartamento 4. Incidencia perpendicular e incidencia oblicua (puerta de entrada cerrada)

Aquí se manifiesta una de las reglas ya señaladas al comienzo, aquella que alude a las pérdidas de energía cinética cuando se obstruye el paso del aire. Al chocar el mismo contra las paredes, se reduce fuertemente su velocidad. Como detalle adicional, en este caso particular, el saliente de la fachada funciona como un rompevientos, evitando la libre entrada del aire en las habitaciones.

Se podría argumentar que el problema son las paredes, y que si colocan las ventanas en diagonal sin que se presenten obstáculos entre ellas, la velocidad mejoraría. A esto se puede responder que sin duda que aumentaría, pero, en lo tocante a la distribución del flujo, lo que finalmente ocurre es que se mueve sin más el plano vertical por donde circula el aire.

Por lo anterior, se deduce que las mejoras deben venir de la colocación de aberturas adicionales. La primera de estas mejoras (y la más fácil de realizar) es colocar rejas en las puertas de entrada. Las rejas no tienen otro fin que mantener la seguridad de las personas, puesto que se podría lograr el mismo efecto de ventilación dejando la puerta completamente abierta. La ventaja de este cambio es que no se introducen perturbaciones en el comportamiento estructural de la construcción (recuérdese que el Omniblock es un bloque estructural, de modo que la implantación de aberturas adicionales altera dicho comportamiento).

En los siguientes videos se compara el apartamento 3 (ventanas verticales) para los casos en los que la puerta de entrada esta cerrada y luego abierta:



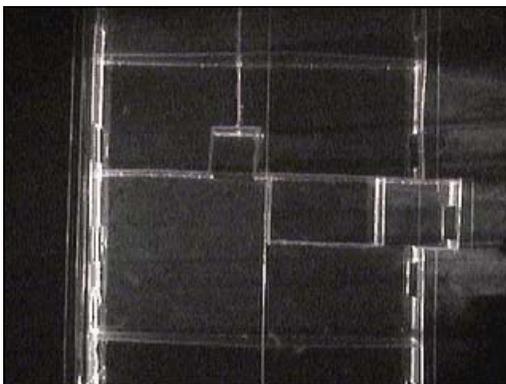
Videos 10 y 11 – Apartamento 3. Puerta cerrada y puerta abierta.

Sin bien cuando se abre la puerta se disminuye la velocidad en la zona de mayor concentración de aire en la sala, el flujo se reparte de manera más uniforme. Obsérvese como dato curioso que ahora se revierte el sentido del paso del aire entre las habitaciones y la sala. Por representar la puerta abierta una salida más franca, el aire que entra por las habitaciones busca también salir por allí.

La opción de abrir la puerta es por lo tanto válida para el caso de la sala, mas no para el caso de las habitaciones. Por otro lado, se debe señalar que las habitaciones con frecuencia se mantienen con la puerta cerrada, por razones de privacidad. Sin embargo, dependiendo del tipo de clima, esto se atenúa por el hecho de que el metabolismo de las personas que duermen es mucho menor (mayor tendencia a sentir frío). En

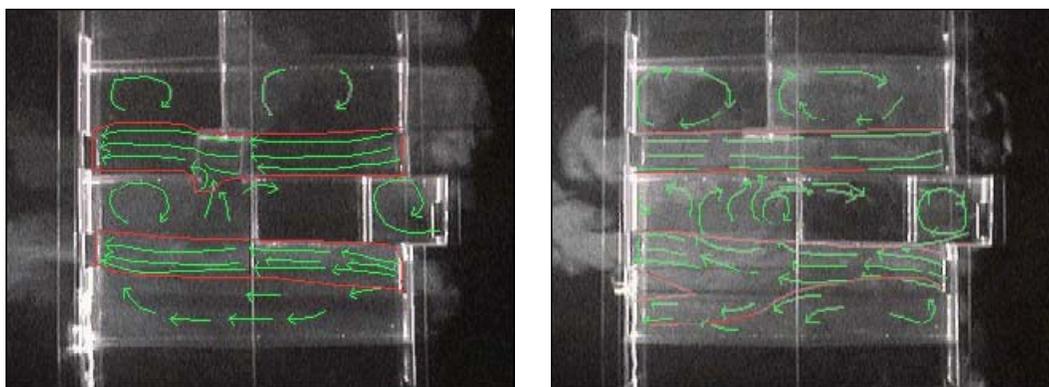
todo caso, para este diseño específico, es imposible que las habitaciones cuenten por sí solas con ventilación cruzada, a menos que se abran las puertas interiores o se construyan puertas permeables.

Solamente para ilustrar la importancia de contar con una ventilación cruzada, se muestra a continuación la dramática caída de la velocidad cuando se cierran las ventanas de salida del aire:



Video 12 – Apartamento 3. Ventilación por un solo lado.

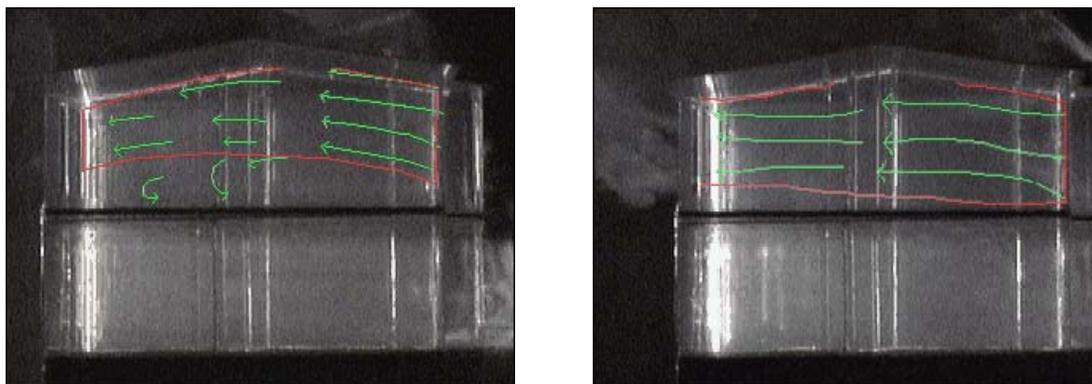
Suponiendo ahora que existan motivos para no poner una reja en la puerta debido a que ésta se deba mantener cerrada (de noche, por ejemplo), se investigó la posible ventaja de colocar una pequeña abertura arriba de la misma, del mismo ancho que las ventanas. A continuación se muestran las tomas realizadas en el apartamento 3, para los casos de la puerta cerrada sin esta abertura y con ella:



Videos 13 y 14 – Apartamento 3. Puerta cerrada y abertura arriba de la puerta.

Visto en planta, no pareciera haber mucha diferencia entre ambos casos. Sólo un pequeño ensanchamiento del flujo al acercarse éste a la abertura.

A fin de indagar mejor esta alternativa, se muestra a continuación lo que ocurre en los planos verticales:



Videos 15 y 16 – Apartamento 4. Puerta cerrada y abertura arriba de la puerta (Sala).

A pesar de que el patrón se asemeja mucho en ambos casos, se nota algo más de movimiento en el caso de la abertura, sobre todo, cerca de la puerta, en la parte alta del ambiente. Asimismo se observa que por la abertura sale una cierta cantidad de aire. Con todo, al combinar esta observación con la vista en planta, se puede afirmar que la influencia de la abertura en el patrón general de flujo es muy localizada.

En realidad, si se piensa bien, no son muchas las alternativas para distribuir mejor los flujos de aire en el caso de las ventanas verticales, propias del sistema Omniblock, pues se impone muy fuertemente la limitación estructural de no colocar aberturas en abundancia.

Las opciones que se analizaron anteriormente son probablemente las únicas que requerían de cierta indagación por encima de las reglas generales de diseño por ventilación natural. Las mejoras a que haya lugar se deben limitar por consiguiente a la escogencia del tipo de marco, buscando promover al máximo una repartición más equitativa del aire. De resto, las recomendaciones inevitablemente trascienden a la ventana misma, teniendo que ver con aspectos más generales de diseño.

No obstante lo anterior, el experimento sirvió para probar que el problema no parece ser en exceso adverso. Si se observa con detenimiento, no es tan grande la diferencia entre las ventanas de un tipo y de otra. Basta con comparar todas las tomas aquí presentadas con un caso verdaderamente desventajoso como el de la ventilación por un solo lado, para darse cuenta de ello.

Sin embargo, queriendo ir más allá, se decidió, a manera de comprobación, cuantificar los caudales de manera analítica, introduciendo los datos geométricos y de viento en el programa de computación AIOLOS.

CÁLCULO DEL CAUDAL DE VENTILACIÓN USANDO EL PROGRAMA DE COMPUTACIÓN AIOLOS

Aiolos es un programa de computación para el cálculo de los caudales de ventilación en edificaciones funcionando con ventilación natural. Fue desarrollado en el departamento de Física Aplicada de la Universidad de Atenas por un equipo a cargo del Prof. Matheos Santamouris [Santamouris et al 1996]. Se basa en el método de red de presión, método que consiste en aplicar las ecuaciones fundamentales de la mecánica de los fluidos relativas al caudal producido por diferencias de presión entre dos puntos y al caudal atravesando aberturas (para más información acerca del método, consultar [Santamouris et al 1996 ; Rosales 1999]).

Con el fin de corroborar lo observado con el simulador de vientos y tener una idea cuantitativa de las diferencias entre todos los casos, se procedió a calcular los caudales con el mencionado programa. Ello implicó introducir los datos geométricos de los apartamentos en el contexto del edificio, así como tomar en consideración algunas suposiciones con respecto al clima y a los vientos incidentes.

Los datos geométricos consistieron principalmente en los volúmenes de los espacios, los tamaños de las puertas que los comunican, la magnitud y ubicación de las aberturas externas con respecto a los puntos cardinales y al ángulo de incidencia del viento y la ubicación del apartamento en el contexto del edificio. Estos datos se introdujeron para los cuatro casos que aquí interesan, a saber:

1. Apartamentos con ventanas cuadradas (1,5x1,5m)
2. Apartamentos con ventanas verticales (0,8x2m)
3. Apartamentos con ventanas verticales, pero con una abertura por encima de la puerta (0.8x0,5m)
4. Apartamentos con ventanas verticales, pero con la puerta abierta.

Por su parte, los datos climáticos que se introdujeron fueron los de un día caluroso de Caracas, con excepción del viento, el cual, para poder comparar, se mantuvo a una velocidad constante e igual a 1, pero variándose el ángulo de incidencia uniformemente entre 0 y 345°, desde la 1 AM hasta las 12PM (15°/hora). Esta variación de la dirección del viento incidente se planteó también con la finalidad de averiguar si se presentan variaciones particularmente visibles, que pudieran llamar la atención.

El primer resultado que vale la pena resaltar es el del caudal de la sala, para los cuatro casos (medido en cambios de aire por hora o volumen del local por hora). A continuación se muestra la gráfica que se obtuvo:

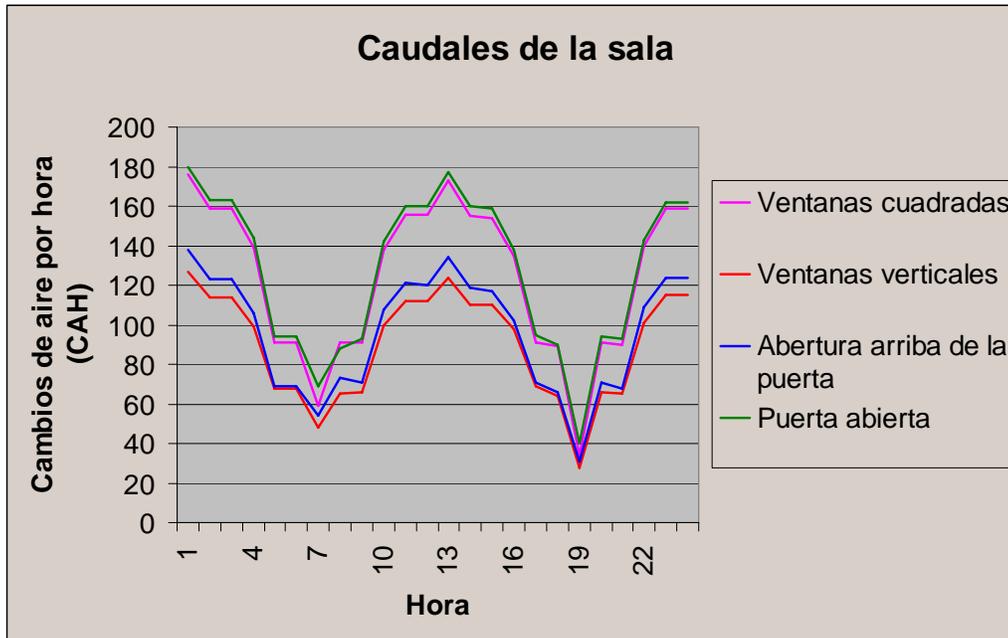


Fig. 17 - Cambios de aire por hora en la sala, calculados con (Aiolos)

Se advierte que el caudal disminuye en promedio alrededor de un 30% cuando se pasa de las ventanas cuadradas a las verticales. Si bien este caudal se logra aumentar algo colocando la abertura por encima de la puerta, es sólo cuando se abre franca la puerta de entrada, que ambos casos se equiparan.

De hecho, es poca la contribución que tiene una abertura como la planteada en el caudal global. La siguiente gráfica muestra la diferencia entre el caudal atravesando dicha abertura y el caudal que atraviesa la puerta cuando ésta se encuentra totalmente abierta:

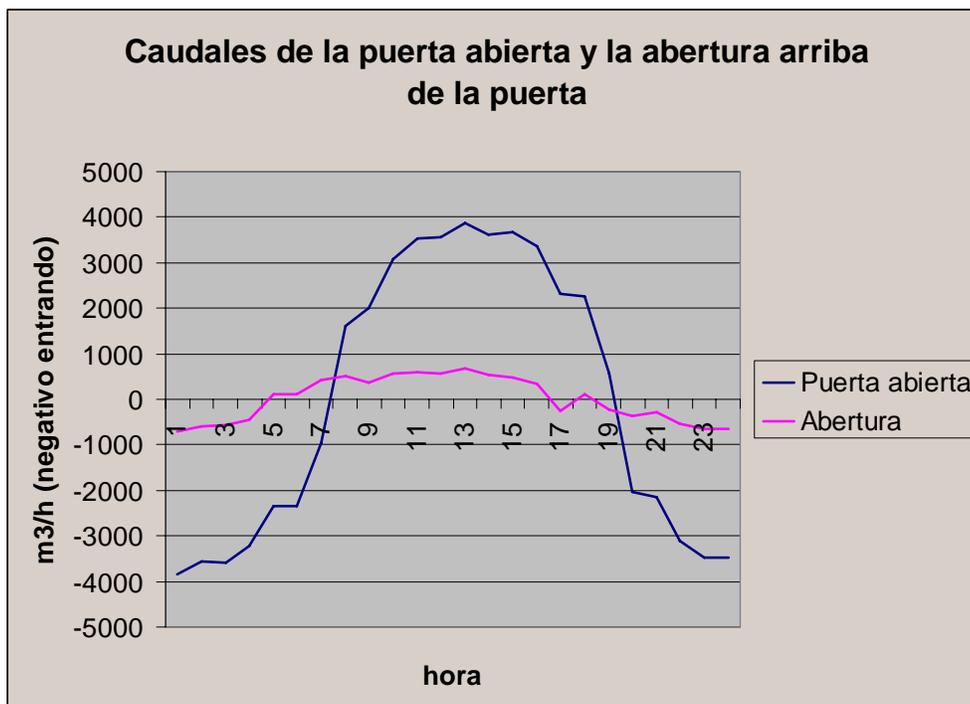


Fig. 18 - Caudales en m^3/h atravesando la abertura por encima de la puerta y la puerta abierta (Aiolos).

Vemos que los caudales se mantienen casi ocho veces mayores en la puerta, aunque la relación de áreas sea de 1:4. Esto se debe quizás a que el viento incidente tiende primero a entrar por donde encuentre me-

nos resistencia, yéndose en consecuencia la mayor parte a través de las aberturas más grandes. Lo mismo se confirma al comparar los caudales atravesando las ventanas contiguas a la puerta:

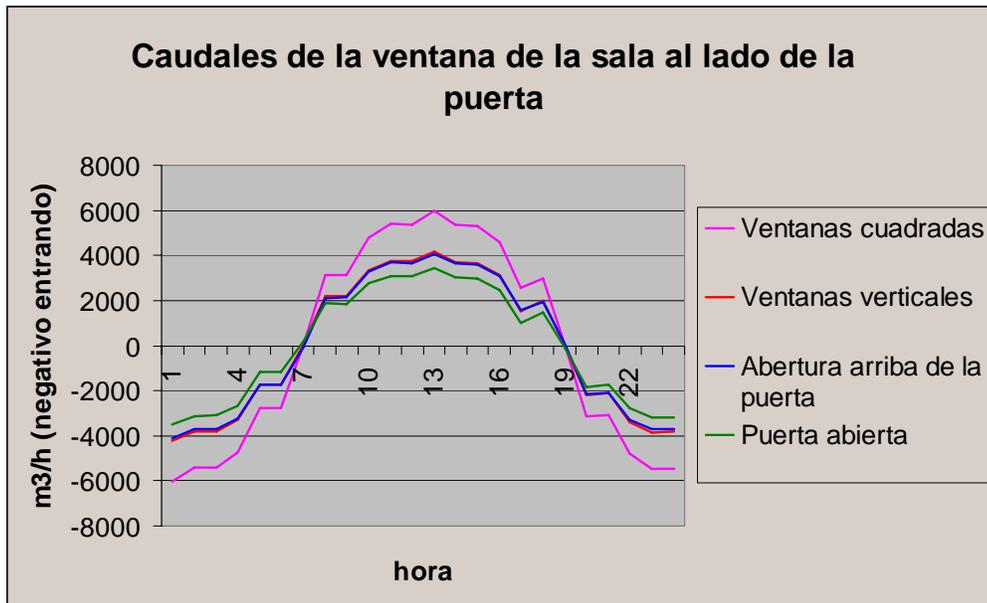


Fig 19 - Caudales en m³/h atravesando la ventana cercana a la puerta, calculados con Aiolos.

Adviértase que al abrir la puerta, el caudal que atraviesa a la ventana adyacente disminuye fuertemente. Es importante resaltar este fenómeno, pues es el que determina la poca utilidad de colocar aberturas adicionales pequeñas cerca de aberturas más grandes. Esto quizá tenga una utilidad en lo tocante a la distribución de los flujos de aire, pero en realidad resulta ser un mejoramiento cuya influencia es muy localizada, como se observó anteriormente en las filmaciones hechas con el simulador de vientos.

El comportamiento de la habitación 2, aquella que se encuentra del lado del baño (del lado opuesto a la puerta de entrada), fue muy similar al de la sala, razón por la cual no se expone. Sin embargo, no ocurrió así con la habitación 1, cuyos caudales se muestran en la siguiente gráfica:

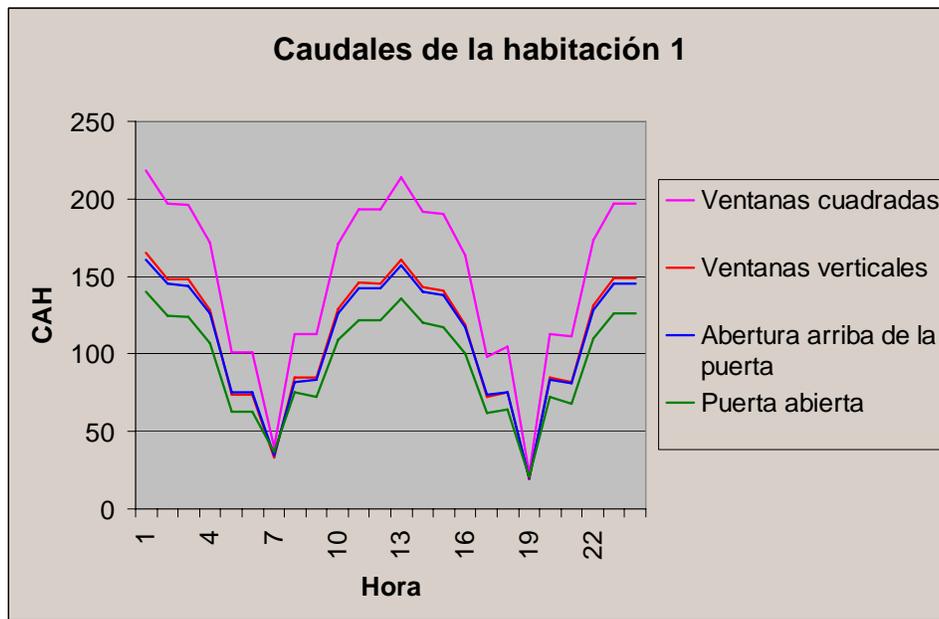


Fig. 20 - Cambios de aire por hora para la habitación 1, calculados con Aiolos

En este caso ocurre con los espacios lo mismo que con las ventanas: al mantenerse la puerta abierta, el aire que sale de la habitación 2, en lugar de entrar totalmente en la habitación 1, cruza en parte hacia la sala, buscando salir con en el menor trabajo posible por la puerta totalmente abierta.

De una manera resumida, se puede afirmar que las simulaciones hechas con Aiolos confirmaron lo observado en el simulador. Sin embargo, al contrario de lo que inicialmente se aseveró, la disminución de la ventilación, concretamente del caudal, parece ser un tanto mayor de lo que se supuso durante la experimentación, situándose en alrededor de un 30%.

CONCLUSIONES

Las ventanas verticalmente alargadas son más desfavorables que las ventanas cuadradas en dos aspectos:

1. Por ser menos anchas, producen un flujo de aire más concentrado en el plano horizontal, cubriendo menos área en planta.
2. Producen un caudal global aproximadamente 30% menor (según el cálculo). Esto se debe quizá a dos razones: la primera es que el viento atmosférico está esencialmente estratificado en planos horizontales, por lo que no penetra con igual fuerza a todo lo alto de la ventana. La segunda, ligada a la primera, es que los coeficientes de descarga (coeficientes de pérdida energética al atravesar el aire una abertura), son más desfavorables [Santamouris et al 1996].

La primera desventaja tiene relación con el hecho de que, a efectos de enfriar a las personas, el aire en movimiento al interior de los espacios debería cubrir la mayor área horizontal, puesto que la gente se desplaza horizontalmente, sin ser necesariamente predecibles los lugares en los que rutinariamente permanecerán. Igualmente, la altura de mayor velocidad debe corresponder con las zonas más sensibles del cuerpo humano, que son el torso y la cabeza. Al respecto, se sabe por experiencias previas y referencias [Chand et al 1977] que las mayores velocidades se obtienen a una altura ligeramente superior que el antepecho de las ventanas.

La segunda desventaja tiene que ver con la carga de enfriamiento de la ventilación. Ya se dijo que ésta depende de la diferencia de temperatura entre el aire exterior e interior y del caudal global que se genera. Concretamente, la relación que permite calcular este enfriamiento es la siguiente:

$$\Phi_{\text{enfriamiento}} = Q c_a (T_e - T_i)$$

Donde: Φ es la carga de enfriamiento (W)

Q es el caudal de renovación de aire (m^3/s)

c_a es el calor específico del aire (aproximadamente $1000 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$ a 25°C)

T_i y T_e son las temperaturas del aire al exterior y al interior respectivamente ($^\circ\text{C}$)

Si por ende se tiene un caudal 30% menor en el caso de las ventanas verticales en comparación con las ventanas cuadradas, la potencia de enfriamiento será también 30% menor.

Por las razones antedichas, se puede objetar que sea un beneficio el que las ventanas verticales produzcan un flujo de aire más amplio en el plano vertical de la ventana, pues poco vale ventilar más eficazmente un plano vertical cuando se desconoce la probabilidad de que los usuarios se encuentren allí. Por otro lado, se desperdicia en cierta forma buena parte del aire en movimiento, al circular éste a la altura de las rodillas o por encima de la cabeza.

La búsqueda de una mejor distribución del patrón de flujo y de un mayor caudal de renovación de aire llevó a tantear la viabilidad de agregar más aberturas, a pesar de la limitación estructural de los bloques Omniblock en cuanto a la cantidad de aberturas posibles. En tal sentido, se analizaron dos soluciones viables:

1. Colocar una reja y abrir completamente la puerta de entrada (que es una abertura ya existente).
2. Agregar aberturas pequeñas.

De ambos casos, el que logró equipararse al caso de las ventanas cuadradas, fue el de la puerta abierta. Esto sencillamente se debe a que la puerta representa una abertura grande adicional. En este punto, se debe recordar que la ventilación se genera principalmente por las diferencias de presión. Experimentos realizados al comienzo del presente informe señalan que por encima de 30% de porosidad de la fachada, no se gana en caudal, pues se reduce la acción de la edificación en tanto que obstáculo y, en consecuencia, se reducen los coeficientes de presión.

Por lo mismo, la implantación de una abertura pequeña resultó una solución de poca ayuda, pues al estar cerca de otra mucho más grande, el aire a través de ella es empujado con poca fuerza, siendo su influencia de un carácter muy localizado. Esto no significa que no se pueda plantear con seriedad el caso de aberturas pequeñas ubicadas más lejos de las ventanas o en sitios clave, como la cocina o rincones en donde exista la tendencia a colocar sillones o escritorios.

En conclusión, las recomendaciones, exceptuando el caso de la reja en la puerta, no versan tanto en la colocación de aberturas adicionales, como en el tipo de ventanas que se use y en las recomendaciones generales de diseño para ventilación natural que vayan más allá de las ventanas y, más integralmente, en las recomendaciones generales de diseño térmico.

A pesar de todo lo dicho, se debe recordar que el caso de las ventanas alargadas verticalmente no representa en rigor una carencia grave si se le compara con otros errores que comúnmente se cometen en el diseño por ventilación natural. Ya se presentó la diferencia entre el caso planteado y un caso en el que se impide la ventilación transversal, caso mucho más perjudicial. El que las ventanas verticales tengan un rendimiento aproximadamente 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 térmico, entre las cuales, la ventilación es sólo una.

RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que se infieren del presente estudio son las siguientes:

1. Conviene colocar una reja en la puerta de entrada de modo de poder usar esta última como abertura grande adicional sin que por ello se atente contra la seguridad de los usuarios ni contra el comportamiento estructural de la edificación.
2. Si los requerimientos estructurales lo permiten, conviene ubicar aberturas pequeñas lo más alejadas de las grandes o en sitios clave como la cocina o en donde se prevea que los usuarios tenderán a colocar muebles como sillones o escritorios.
3. Se recomienda usar ventanas con elementos móviles que permitan dirigir el flujo de aire. Estas ventanas tendrán que tener paletas verticales y no horizontales. Si bien dichas paletas producirán una cierta pérdida de carga, la posibilidad de que el usuario modifique el plano vertical de mayor velocidad le permitirá ajustar el flujo de acuerdo a la zona de ocupación.



Fig. 21 - Ventanas de abertura vertical que permiten dirigir el flujo de aire.

4. Considerando que no se tiene mucho campo de acción manejando únicamente la variable ventana, se debe plantear como una solución más amplia aplicar las recomendaciones generales de diseño por ventilación natural (si se desea ahondar en el tema, se puede consultar [Sosa 1999 ; Allard et al 1998 ; Rosales 1999 ; CSTB 1992] ; etc.). Resumidamente, estas recomendaciones son:
 - Orientar las ventanas de entrada y salida del aire de modo que formen ángulos mayores que 60° (preferiblemente 90°) con respecto a la dirección de viento predominante en la zona.
 - Configurar los espacios internos de modo que las paredes sean paralelas a la dirección del viento incidente, para que se produzcan pocas pérdidas de energía cinética.
 - Aprovechar la vegetación y las construcciones externas para inducir una captación aerodinámica del viento o para aumentar las diferencias de presión entre las fachadas de entrada y salida de aire.
 - Usar en la medida de lo posible cerramientos internos permeables.
 - Usar techos que tengan aberturas que induzcan la entrada de viento hacia los espacios.
 - Usar techos cuya forma actúe como obstáculo, de modo de aumentar las diferencias de presión entre fachadas opuestas o cuyos volados configuren una forma aerodinámica de captación del viento.
 - Usar parasoles verticales ubicados de tal forma que aceleren la entrada de los vientos dominantes.
 - En el caso de complejos urbanos, ubicar las viviendas en un orden geométrico óptimo para que el viento llegue a todas ellas.

5. Como punto final, es imperativo tener siempre presente que la ventilación no es una estrategia de enfriamiento que se pueda aislar de un conjunto amplio de reglas de diseño térmico. Un correcto diseño por climatización pasiva es en realidad una composición de soluciones relacionadas entre sí. Una breve descripción de las reglas generales del diseño por climatización pasiva se presenta en el anexo (Si se desea ahondar en el tema, se podrá consultar [Givoni 1978 ; Olgyay 1998 ; Santamouris et al 1998 ; Koenigsberger 1977 ; etc.]). Considerando que las soluciones para mejorar el rendimiento de la ventilación mediante ventanas verticales en el caso de los bloques estructurales Omniblock son un tanto restringidas, es importante, al momento de diseñar, tomar en consideración todas estas reglas, de modo de paliar por otros caminos esta limitación.

Referencias:

- ALLARD F., SANTAMOURIS M., ALVAREZ S., DASCALAKI E., GUARRACINO G., MALDONADO E., SCIUTO S., VANDAELE L., *Natural ventilation in buildings-A design handbook*, Altener Project, James&James, London, 1998.
- AYNSLEY R., *Architectural aerodynamics*, Applied Science Publishers, London, 1977.
- BOWENS A., *A wind tunnel investigation using simple building models to obtain mean surface wind pressure coefficients for air infiltration estimates*, Laboratory technical report, National Aeronautical Establishment, National Research Council, Canada, 1976.
- CELESTINE C., *Ventilation naturelle et confort thermique dans l' habitat en climat tropical humide - Approche experimentale en vraie grandeur de la ventilation naturelle sur un site de la Guadeloupe – Etude comparative en soufflerie*. Tesis de doctorado en ingeniería, INSA, Lyon, 1985.
- CSTB, *Guide sur la climatisation naturelle de l'habitat en climat tropical humide*, Tome I, Imprimerie France Quercy, Cahors, 1992.
- CSTB, *L'effet du vent dans le milieu bâti*, Nantes, Imprimerie France Quercy, Cahors, 1987.
- CHAND I., SHARMA V., BHARGAVA P., *Influence of plan dimension ratio of enclosures on indoor air motion*, Indian Journal of Technology, Vol.15, 1977.
- CHAND I., SHARMA V., BHARGAVA P., *Influence of plan dimension ratio of enclosures on indoor air motion*, Indian Journal of Technology, Vol.15, 1977.
- DREYFUS J., *Le confort dans l'habitat en pays tropical*, Editions Eyrolles, Paris, 1960.
- FERNÁNDEZ A., *El túnel de viento: una herramienta para promover el diseño bioambiental*, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires, MIMEO, 1997.
- FERNÁNDEZ A., *El túnel de viento: una herramienta para promover el diseño bioambiental*, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires, MIMEO, 1997.
- GANDEMER J., *La soufflerie a couche limite turbulente du CSTB*, Cahiers du CSTB, N°141.
- GIVONI B., *L'homme, l'architecture et le climat*, Editions du Moniteur, Paris, 1978.
- GOUIN G., *Contribution aerodynamique a l'etude de la ventilation naturelle de l'habitat en climat tropical humide*. These de doctorat, Universite de Nantes, 1984.
- KINDANGEN J., *Contribution a l'etude des coefficients de vitesse a l'aide des reseaux de neurones – Application a l'ecoulement de l'air dans les batiments pour le confort thermique en climat tropical humide*, These de doctorat, Lyon, 1997.
- KOENIGSBERGER O., INGERSOLL T., MAYHEW A., SZOKOLAY S., *Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales*, Paraninfo, Madrid, 1977.
- KOENIGSBERGER O., INGERSOLL T., MAYHEW A., SZOKOLAY S., *Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales*, Paraninfo, Madrid, 1977.
- KUKREJA C., *Tropical Architecture*, Tata McGraw-hill, New Delhi, 1978.
- KUKREJA C., *Tropical Architecture*, Tata McGraw-hill, New Delhi, 1978.
- MARRERO M., *Sistema de mampostería estructural de bloques de concreto para viviendas progresivas*, Tesis de la Segunda Maestría en Desarrollo Tecnológico en Construcción, IDEC/FAU/UCV, Caracas, 1992.
- OLGAY V., *Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1998.
- ROSALES L., *La capa límite atmosférica y su simulación en túnel de viento*, IDEC/FAU/UCV, Caracas, 1994, Informe técnico.
- ROSALES L., *Ventilación natural. Principios Fundamentales y métodos de predicción*, Trabajo de Ascenso, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Central de Venezuela. IDEC/FAU/UCV, Caracas, 1999.
- SANTAMOURIS M., ASIMAKOPOULOS D., *Passive cooling of buildings*, James&James, London, 1996.
- SOBIN H., *Window design for passive ventilative cooling: an experimental model-scale study*, Proceedings Passive Hybrid Cooling Conference, Miami Beach, 1981.
- SOBIN H., *Window design for passive ventilative cooling: an experimental model-scale study*, Proceedings Passive Hybrid Cooling Conference, Miami Beach, 1981.
- SOSA M.E., ROSALES L., *Comportamiento térmico del sistema constructivo Per-tab*, Informe técnico, IDEC/FAU/UCV, Caracas, 1995.
- SOSA M.E., ROSALES L., *Influencia de la ventilación natural en la temperatura del aire interior de viviendas: mediciones experimentales*, Revista Tecnología y Construcción N°11-II, IDEC/FAU/UCV, Caracas, 1996.
- SOSA M.E., *Ventilación natural efectiva y cuantificable*, Publicación del CDCH, Caracas, 1998.

De una manera general, los procedimientos de diseño por climatización pasiva en climas cálidos y húmedos consisten en evitar que los espacios de las edificaciones sean calurosos. Esto se logra mediante tres estrategias fundamentales. Dependiendo de qué tan caluroso sea el clima y del uso de la edificación, podrán utilizarse todas estas estrategias o sólo alguna(s) de ella(s). Las estrategias en cuestión son:

1. Reducir las cargas de calor
2. Modular las cargas de calor
3. Evacuar las cargas de calor

1. REDUCIR LAS CARGAS DE CALOR:

Los procedimientos para disminuir las cargas de calor solar se refieren a:

- El emplazamiento:

Las características de un lugar y los elementos del paisaje (montañas, colinas, árboles, diversos tipos de vegetación y edificios circundantes) proporcionan con frecuencia recursos de sombreado para los espacios exteriores o las fachadas de los edificios.

Para proporcionar un sombreado efectivo, la ubicación de las plantas con relación al edificio debe examinarse con cuidado. Lo más provechoso es sombrear las ventanas y si es posible, el techo. El uso de vegetación también puede expandir los espacios habitables hacia el exterior bajo condiciones térmicas apropiadas.

La vegetación además modifica el microclima al disminuir las temperaturas del aire y de las superficies, pero incrementa a su vez la humedad relativa del aire. Adicionalmente, las plantas regulan la contaminación del ambiente, filtrando el polvo y reduciendo el nivel de ruido proveniente de diversas fuentes.

Las superficies o cuerpos de agua modifican el microclima de las áreas circundantes, reduciendo la temperatura del aire ambiente por evaporación o por contacto del aire caliente con las superficies de agua frías. Las fuentes, estanques, arroyos, caídas de agua, rocíos de niebla o micro gotas de vapor de agua pueden usarse como fuentes de enfriamiento para bajar la temperatura del aire ambiente y del aire que entra en los edificios. Sin embargo, debido a que las superficies de agua incrementan la humedad del aire, su uso es muy conveniente en climas secos, no así en climas demasiado húmedos.

- La forma de la edificación o de la envolvente

La combinación apropiada de la orientación, dimensiones y geometría de la envolvente y las aberturas es determinante para controlar la cantidad de radiación solar recibida. Esto se debe a que estos parámetros afectan la exposición de las superficies al sol durante los ciclos diurnos y mensuales.

La forma misma del edificio (en forma de L o U, volados en cubiertas, balcones, arcadas, verandas, muros laterales y patios) puede tener un efecto de sombreado importante en algunas superficies externas.

La inclinación de una superficie afecta su posición con respecto al cielo y al ángulo de incidencia del sol. Las superficies de cualquier orientación pero inclinadas mirando al cielo reciben mayor radiación solar que las superficies verticales. Tales superficies deben evitarse o al menos disminuirse. Aquellas superficies inclinadas que miran al suelo reciben menor cantidad de radiación solar directa y difusa, pero mayor cantidad de radiación reflejada por el suelo.

Las aberturas orientadas hacia el Norte son en general convenientes cuando se precise disminuir las ganancias solares, disminución que se debe conciliar con una entrada adecuada de luz natural. En las otras orien-

taciones, la radiación solar incidente es mayor. En consecuencia, las ventanas orientadas al Este y al Oeste deben utilizarse lo menos posible o sustituirse por otras soluciones de diseño.

- La protección solar de la envolvente y de las aberturas mediante dispositivos adicionales (sombreado)

Los dispositivos de control solar o sombreado pueden ser de tipo externo, interno, intermedio, fijo, móvil o la combinación de éstos. Los dispositivos externos de control solar son más eficientes que los internos, porque bloquean la radiación solar incidente antes de que alcance las superficies del edificio. Sin embargo, los dispositivos internos son más económicos y fáciles de controlar. Los dispositivos de control solar que no se puedan ajustar para seguir el movimiento del sol (volados horizontales, parteluces verticales, celosías, reflectores de luz) pueden ser muy útiles, aunque proporcionen un sombreado parcial. Por el contrario, los dispositivos de sombreado ajustables (toldos, persianas, pérgolas, cortinas, persianas de rodillos) pueden levantarse, enrollarse o cerrarse, ya sea manualmente o respondiendo automáticamente a los niveles de radiación solar y luz visible. Los dispositivos de control solar externos con elementos de sombreado automático pueden ser muy eficientes, pero en general son costosos.

- El aislamiento térmico

Una edificación que tenga una resistencia térmica alta (materiales de poca conductividad) en los cerramientos más expuestos al sol (sobre todo el techo y la fachada Oeste), reducirá todas las formas de conducción de calor a través de la envolvente al bloquear buena parte del calor que trata de penetrar.

- La absorptividad de las superficies de la envolvente.

La absorptividad es la fracción de radiación solar que la superficie de un cuerpo absorbe y que luego se transforma en su interior en calor. Depende especialmente del color y la rugosidad de la superficie. Varía entre cero para un espejo perfecto y uno para el cuerpo negro teórico. Mientras más clara y brillante sea una superficie, más refleja la radiación y en consecuencia menos absorbe. A manera ilustrativa, los valores de absorptancia para algunos materiales de construcción son: asfalto 0,90 ; cemento 0,6 ; aluminio 0,20. En los climas como el venezolano en los que el sol es muy fuerte, es provechoso utilizar materiales con superficies de poca absorptividad a fin de minimizar la llegada de calor al interior de los materiales y en consecuencia al interior de la edificación.

- El control de las ganancias internas (calidad de los equipos, densidad de usuarios, etc.)

Los equipos eléctricos y las personas producen calor. El diseño debe evitar espacios en los que se produzca una aglomeración de personas, y si esto no se puede evitar debido al uso de la edificación, se deben prever los mecanismos de evacuación del calor como la ventilación natural o mecánica. Igualmente ocurre con los equipos eléctricos, para lo cual el arquitecto debe prever, bien sea el uso de equipos de alta eficiencia o buscar la manera de evacuar el calor.

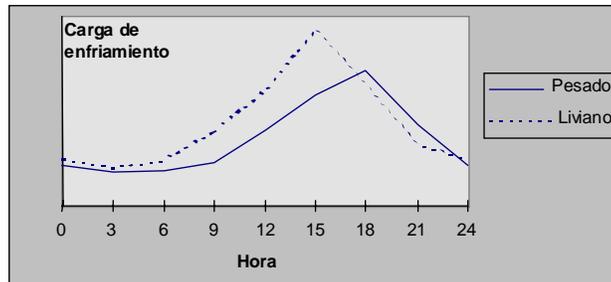
2. MODULAR LAS CARGAS DE CALOR

La temperatura del aire en el interior de un edificio depende principalmente de los parámetros climatológicos externos (radiación solar, temperatura exterior), de las cargas de calor internas (actividades humanas, equipos de iluminación) y de las características mismas del edificio. El resultado son fluctuaciones de temperatura cuyos picos se presentan en las horas más desfavorables, generalmente al mediodía o a comienzos de la tarde. Durante esas horas, las altas temperaturas exteriores dificultan el uso de sistemas pasivos de enfriamiento como la ventilación natural. En esas circunstancias, lograr y mantener el confort térmico implica remover el calor rápidamente, para lo cual se necesitaría contar con un sistema mecánico convencional.

Una alternativa para reducir los picos de la carga de enfriamiento es almacenar el calor en los materiales estructurales de las superficies interiores y exteriores, en lo que se conoce con el nombre de masa térmica del edificio. La masa térmica se encuentra generalmente contenida en paredes, muros divisorios, cubiertas, plafones y pisos construidos con materiales de alta capacidad calorífica, tales como concreto vertido, tabiques, ladrillos y tejas.

La energía disponible que resulta de las ganancias solares del día se almacena en la masa del edificio para transmitirse al interior lentamente y con retardo. El calor se almacena en la masa térmica disipándose progresivamente hacia el interior en horas posteriores, reduciendo los picos de la carga térmica de enfriamiento.

La variación diurna de la carga térmica de enfriamiento de un edificio ligero (poca masa térmica) y otro pesado (alta masa térmica) se ilustra en la Figura. Como resultado de las cargas externas, durante las primeras horas de la mañana y al mediodía, la carga térmica del edificio pesado es menor que la del ligero. La carga pico de la construcción pesada también es menor que la del ligero y ocurre varias horas después. Durante las horas vespertinas y nocturnas, la carga térmica de enfriamiento es mayor en el edificio pesado, debido a que el calor almacenado sigue ingresando al interior. Las áreas bajo las dos curvas son iguales, lo que significa que la carga térmica de enfriamiento total permanece igual, con una reducción deseable del pico de esta carga y un cambio de tiempo en la distribución de la curva hacia la derecha.



Variación en el tiempo de la carga térmica de enfriamiento en un edificio ligero y otro pesado

3. EVACUAR LAS CARGAS DE CALOR

Las principales técnicas para evacuar el calor que penetra en las edificaciones son:

- la ventilación natural
- el enfriamiento radiativo
- el enfriamiento evaporativo
- el enfriamiento por el suelo

Algunas de estas técnicas producen un efecto inmediato mientras que otras aprovechan el frío de la noche para atenuar las cargas durante el día.

El principio general de estas técnicas es emitir el exceso de calor del aire interior o de la masa de la edificación hacia "sumideros" que se encuentran a temperaturas más frías. Estos sumideros son principalmente:

- el aire exterior
- el cielo
- la tierra
- el agua

a) La ventilación:

Consiste en refrescar a las personas y enfriar la edificación usando el aire más fresco de afuera.

Las fuerzas que inducen la ventilación son:

- Las fuerzas naturales (el viento y la diferencia de temperatura)
- Las fuerzas mecánicas (ventiladores)

La ventilación se puede usar para:

- Mejorar el confort (ventilación diurna)
- Enfriar la masa térmica de la edificación (ventilación nocturna)

b) Enfriamiento radiativo:

Consiste en irradiar con destino al cielo nocturno el calor acumulado durante el día (generalmente por el techo).

Los sistemas radiativos se dividen en:

- Sistemas radiativos directos: se basan en el uso de materiales de alta emisividad o en el uso de techos con cubiertas aislantes móviles por debajo de las cuales se inserta una capa de agua ("Roof Pond").
- Sistemas radiativos indirectos: se basan en el aprovechamiento del cielo nocturno para enfriar agua o aire que luego se utiliza para enfriar la edificación (mediante sistemas de circulación de aire o de agua).

c) Enfriamiento evaporativo:

Consiste en aprovechar el calor latente que se encuentra en el agua para absorber el calor sensible del aire o de la edificación cuando se evapora el agua en contacto con ellos.

Los sistemas evaporativos se dividen en:

- Sistemas evaporativos directos: se basan en la evaporación de agua en contacto directo con el aire o con la edificación.
- Sistemas evaporativos indirectos: se basan en evaporar agua en contacto con una superficie para luego poner en contacto al aire con la superficie y enfriar por convección.

d) Enfriamiento por el suelo:

Consiste en emplear las temperaturas inferiores del subsuelo para despachar el calor acumulado en la edificación.

Los sistemas de enfriamiento por el suelo se dividen en:

- Sistemas directos: se basan en poner en contacto directo con el subsuelo a la masa de la edificación de modo de producir flujos de calor por conducción.

Sistemas indirectos: se basan en enfriar por convección al aire que se introduce en la edificación haciéndolo pasar previamente por conductos enterrados a cierta profundidad.

