

SISTEMA CONSTRUCTIVO HÍBRIDO BAHAREQUE-MARCOS RÍGIDOS DE CONCRETO ARMADO. UNA POSIBILIDAD EN EL DESARROLLO SUSTENTABLE

Neria-Hernández R.^a; Cruz-Pacheco X.M.^a

^a Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo, División de Arquitectura, Mixquiahuala de Juárez, Hidalgo, México. C.P. 42700. neria@itsoeh.edu.mx

Recibido 01 de Noviembre de 2016; aceptado 29 de Junio de 2017

Palabras clave:

Otomí,
Arquitectura vernácula,
Sustentabilidad

RESUMEN. El incesante crecimiento de la sociedad en las últimas décadas ha dejado de manifiesto una serie de nocivas consecuencias sobre el medio ambiente que hoy, más que nunca, resulta importante no ser ajeno a ellas. La construcción, particularmente, mediante el uso de materiales contemporáneos como el acero, cemento y resinas sintéticas representa una de las industrias que mayor impacto negativo tienen sobre los ecosistemas. Bajo este contexto, esta investigación tuvo como propósito desarrollar un sistema constructivo para la configuración, en proyectos arquitectónicos, de envolventes sustentables. Por ende, resultó fundamental replantear alternativas basadas en técnicas constructivas vernáculas de la región de estudio, ya que al desarrollarse mediante la utilización de productos tomados directamente de la naturaleza los niveles de impacto ambiental derivados de emisiones de CO₂ y gasto energético son sustancialmente mínimas en comparación con materiales industrializados. Esta investigación se sustentó en una metodología de tipo analítico-sintético. Inició como una investigación documental histográfica y de campo que buscó identificar el sustento a la respuesta práctica de la arquitectura vernácula local, en función de sus sistemas constructivos, técnicas y materiales utilizados, así como aspectos mecánico-funcionales para finalmente a partir de la implementación de componentes contemporáneos, desarrollar una propuesta constructiva híbrida actual y sustentable. Los resultados manifiestan que el sistema constructivo híbrido: bahareque-marco rígido de concreto armado es una innovadora alternativa al ser una propuesta que al tiempo de ser una estructura sismoresistente, es versátil en el diseño al permitir una variada configuración formal de los espacios. De igual forma la alternativa propuesta da cuenta de una serie de ventajas bioclimáticas y sustentables que le son generadas al tener como componente predominante a la tierra, material que desde siglos atrás fue utilizado por la cultura Otomí de la región y que le significó un rasgo característico en su cultura constructiva.

Key words:

Otomí,
Vernacular architecture,
Sustainability

ABSTRACT. The incessant growth of society in the last decades has shown a series of harmful consequences on the environment that today, more than ever, it is important not to be alien to them. Construction, particularly using contemporary materials such as steel, cement and synthetic resins, represents one of the industries that have the greatest negative impact on ecosystems. Under this context, this research had the purpose of developing a constructive system for the configuration, in architectural projects, of sustainable envelopes. Therefore, it was fundamental to rethink alternatives based on vernacular construction techniques of the study region, since when developed by using products taken directly from nature, the environmental impact levels derived from CO₂ emissions and energy expenditure are substantially minimal in comparison with industrialized materials. The work presented below was based on an analytical-experimental methodology. Part of a histographic and field documentary research that sought to identify the support to the practical response of the local vernacular architecture in function of its constructive systems, techniques and materials used as well as mechanical-functional aspects to finally starting from the implementation of contemporary alternatives. To develop a current and sustainable constructive proposal. The results show that the construction system hybrid: bahareque-rigid frame of reinforced concrete is an innovative alternative to be a proposal that at the time of being an earthquake-resistant structure, is versatile in the design to allow a varied formal configuration of the spaces. Similarly, the proposed alternative accounts for a series of bioclimatic and sustainable benefits that are generated by having as a predominant component the land, material that was used by the Otomi culture of the region for centuries and that was a characteristic feature in its constructive culture

INTRODUCCIÓN

CIRAM Construcciones, empresa ubicada en el Municipio de Mixquiahuala de Juárez, Hidalgo dedicada al ramo de la edificación, en colaboración con investigadores de la División de Arquitectura

realizó el proyecto arquitectónico denominado "Centro de Convenciones" ubicado en el Parque Acuático Maguey Blanco en la comunidad del mismo nombre en el Municipio de Ixmiquilpan, en el estado de Hidalgo. Dentro de las características

que debía cumplir tal proyecto, se tenía el hecho de que manifestara en su composición, construcción y diseño el ser innovador, sustentable y transmisor de los valores y tradiciones de la cultura Otomí. Por lo tanto, se planteó desarrollar un sistema constructivo que a partir de la comprensión de las técnicas constructivas vernáculas pudiera ser utilizado, mediante la incorporación de innovaciones contemporáneas, en la edificación de la propuesta. Como parte medular y punto de partida se buscó contar con un sustento importante a partir de un análisis histórico de la vivienda construida, ya que como cita Álvarez¹ en el caso de los grupos indígenas otomí, la vivienda típica había significado durante mucho tiempo un soporte fundamental de los rasgos característicos que conforman su identidad cultural¹. Actualmente en México se han desarrollado una serie de normativas importantes como las materializadas en las NOM destinadas para la edificación sustentable. Al respecto se tienen normas con distintos matices y características como la NOM-020-ENER-2011² para eficiencia energética en edificaciones de uso habitacional o la NOM-018-ENER-2011³ para aislantes térmicos para edificaciones y la NOM-008-ENER-2001⁴ para eficiencia energética en edificaciones no residenciales; de tal manera que esta norma es relevante en esta investigación porque su "finalidad es la preservación y uso racional de los recursos energéticos"⁴.

Bajo este contexto, el objetivo de esta investigación fue desarrollar un sistema constructivo para envolventes, con la finalidad de ser una alternativa contemporánea en la edificación de proyectos arquitectónicos sustentables locales.

METODOLOGÍA

Para la presente investigación se estructuró una metodología de tipo análisis-síntesis con la finalidad de analizar las partes de un todo para estudiarlas de manera individual y reunir de forma racional los

elementos dispersos existentes para estudiarlos en su totalidad⁵. Parte de una investigación documental histográfica y de campo que permitió analizar aspectos compositivo-espaciales entorno a una serie de sistemas constructivos vernáculos de la zona de estudio, la cual proporcionó información que fue procesada mediante una serie de matrices de tabulación que determinó sus aspectos más significativos. Posteriormente, con la información obtenida se planteó determinar en función de su factibilidad técnica, económica y sustentable la mejor de todas las opciones a través de un análisis F.O.D.A. (Tabla 1).

Finalmente, en función de las oportunidades y amenazas, se planteó una propuesta de mejora mediante la incorporación de técnicas contemporáneas que permitieran subsanar posibles fallas y potencializar las fortalezas, tomando siempre en consideración los lineamientos de la NOM-008-ENER-2001⁴.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como primera parte, fruto de la investigación documental histográfica, la Tabla 2 expone los sistemas constructivos vernáculos más utilizados para la envolvente de una vivienda en la región de estudio junto con sus características compositivo-espaciales.

Los resultados manifestados a partir de los análisis F.O.D.A que se desarrollaron en cada uno de los sistemas seleccionados y que evidentemente por cuestiones de extensión no se mostraron en su totalidad, permitieron determinar que el Bahareque fue la técnica constructiva que más posibilidades y ventajas tenía para poder ser rediseñada, mejorada y a la postre utilizada en el diseño del anteproyecto arquitectónico (Tabla 3).

Tabla 1. Aspectos a considerar para elaborar en análisis F.O.D.A.

Fortalezas	Oportunidades	Debilidades	Amenazas
Capacidades especiales y ventajas competitivas del esquema constructivo.	Factores que resultan positivos, favorables, explotables que podría tener el esquema constructivo.	Factores que provocan una posición desfavorable frente algunos otros esquemas constructivos. Carencias	Situaciones que provienen del entorno y que atentan contra el esquema constructivo.

Tabla 2. Sistemas constructivos vernáculos para muros y sus características compositivas y espaciales

Técnica	Muro de adobe	Muro de piedra	Muro de bahareque
Características compositivas	<p>Cada bloque que conforma un muro es elaborado a base de barro y materiales como paja, estiércol y agua.</p> <p>El muro es compuesto por una serie de bloques unidos entre sí por una argamasa de tierra y agua, situación que acarrea problemas estructurales.</p> <p>En las esquinas de los muros se traslapan bloques con la finalidad de brinda mayor rigidez.</p> <p>La altura promedio de un muro de adobe es de 2.10 m.</p>	<p>Cada bloque que conforma un muro es una piedra, que dependiendo la región puede ser de tipo volcánica o caliza.</p> <p>El muro es compuesto por una serie de piedras unidas entre sí por una argamasa de tierra y agua, situación que acarrea problemas estructurales.</p> <p>En las esquinas de los muros se colocan piedras de mayor tamaño con la finalidad de brindar mayor soporte, sin embargo, no existe una unión importante de las mismas con el resto del muro.</p> <p>La altura promedio de un muro de piedra es de 1.90 m.</p>	<p>Cada muro de bahareque está conformado por una estructura interna elaborada a base de cañas de carrizo y embutida de una argamasa de tierra, paja y agua.</p> <p>- En las esquinas se ubican, dependiendo la zona, troncos de madera endémica como el bambú con la finalidad de brindar mayor soporte y traslapes de carrizo con la finalidad de brindar mayor rigidez al muro.</p> <p>- La altura promedio de un muro de bahareque es de 2.10 m.</p>
	Características espaciales	<p>Las medidas varían dependiendo de la zona y van desde 15 x 30 x 8 cm. Hasta 25 x 40 x 20 cm.</p> <p>Espacialmente es un material con apariencia áspera y en el color natural de la tierra, situación que lo mimetiza con el contexto.</p>	<p>El espesor de los muros en promedio es de 50 cm.</p> <p>Espacialmente es un muro con apariencia natural ya que no se recubre la piedra con algún material situación que lo mimetiza con el contexto.</p> <p>El muro de piedra al ser pequeño de altura condiciona el espacio en su interior.</p>

Bahareque. "El bahareque es un americanismo que significa "pared de cañas y/o maderas y tierra"; ha sido a lo largo de la historia una solución tecnológica al hábitat constructivo de muchas culturas"⁶. El bahareque tradicional consiste en una estructura de madera rellena de tierra con paja, embutiéndola al interior de la armazón doble de tiras de bambú o cañas delgadas⁷ (Figura 1).

Sistema híbrido de bahareque y marcos rígidos de concreto armado. Una vez elegido el sistema constructivo del Bahareque, se procedió a solventar cada una de las problemáticas encontradas dentro de las cuales sobresalía el hecho de tener problemas estructurales en las esquinas unión de los muros al no contar con elementos adecuados

sismoresistentes, misma situación que limitaba a la estructura para la edificación de muros de poca altura y de variada configuración espacial al permitir solamente espacios regulares y compactos. En virtud de lo planteado se decidió que la alternativa más adecuada, era la incorporación de marcos rígidos de concreto armado. Los marcos rígidos son un sistema estructural compuesto por columnas y través o muros y losas que forman uniones rígidas capaces de resistir las cargas verticales y laterales sin que haya desplazamientos lineales o angulares en sus extremos⁸ (Figura 2). De igual forma, con la idea de no perder de vista la sustentabilidad la alternativa híbrida planteada permite incorporar en su estructura, no solo el tradicional entramado a base de cañas de carrizo puede incluso estar

constituida por un entramado de cintas de madera reciclada de pallet (Figura 3).

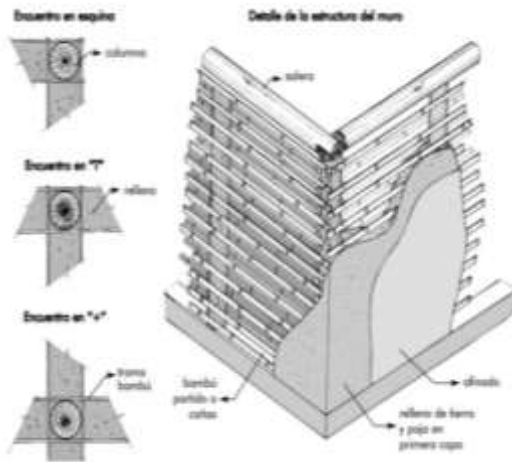


Figura 1. Estructura de sistema constructivo bahareque⁷.

Investigaciones como la realizada por Aedo et al.⁷ al proponer el sistema Bahareque Cerén Reforzado representan una importante alternativa en el mejoramiento de la capacidad sísmica de la construcción con Bahareque. Sin embargo, al utilizar columnas esquineras reforzadas con varas de caña y coladas con mortero elaborado a base de barro y paja⁹, la resistencia a la compresión resulta limitada, prueba de ello es el hecho de recomendar solamente cubiertas ligeras. Si bien la alternativa propuesta cumple con los requerimientos para la edificación de una vivienda de un solo nivel, no se puede utilizar como alternativa estructural capaz de soportar al menos un piso superior.

Por otro lado, el Manual de Construcción en Tierra desarrollado por Minke⁹ importante autoridad internacional en la materia, en la serie de recomendaciones que plantea para las construcciones antisísmicas de tierra, sustenta la mayoría de ellas en aspectos de forma más que de composición. De tal manera que propone que cada uno de los espacios no deba tener diferentes niveles, o ubicarse en terrenos inclinados; de igual forma plantea que los espacios sean compactos y que cada uno de ellos tenga cubiertas ligeras y con pocos vanos⁹. Si bien las recomendaciones son adecuadas limitan de una manera importante el

diseño formal del espacio habitable situación que la propuesta híbrida de bahareque-marcos rígidos no plantea, siendo esta una alternativa que se adapta a cualquier forma, incluso irregular al tiempo que es más versátil en el sentido de poder soportar diferentes tipos de cubierta.

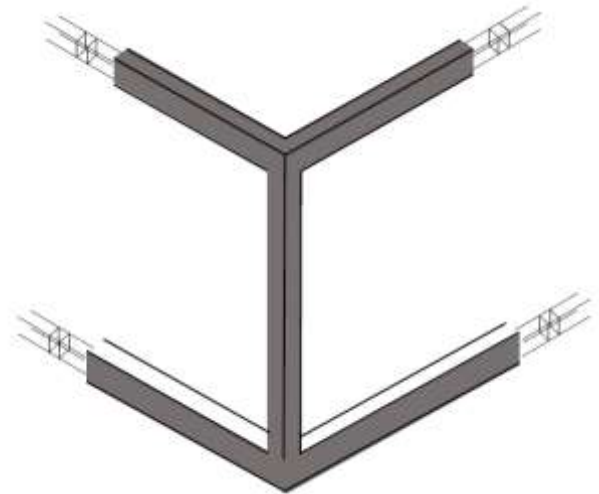


Figura 2. Estructura de marcos rígidos a base de concreto armado

CONCLUSIONES

El sistema híbrido bahareque-marcos rígidos de concreto armado es un sistema constructivo para envolventes que presenta, por un lado, ventajas sustentables al utilizar componentes de origen natural, fácil obtención y bajo impacto ambiental. Además de ventajas bioclimáticas al ser un sistema constructivo que al tener como material predominante la tierra, manifiesta un bajo índice en la transferencia de calor; dúctil por contar con una estructura interna maleable que puede adaptarse a cualquier forma compositiva contemporánea. Así también, innovadora ya que al incorporar marcos de concreto armado, técnica contemporánea de gran eficiencia estructural, tiene la ventaja de ser utilizado en alturas y anchos importantes. Finalmente, trasmisor de los valores y tradiciones de la cultura Otomí ya que el bahareque surge del conocimiento empírico heredado de generación en generación lo que lo hace formar parte de la identidad constructiva local.

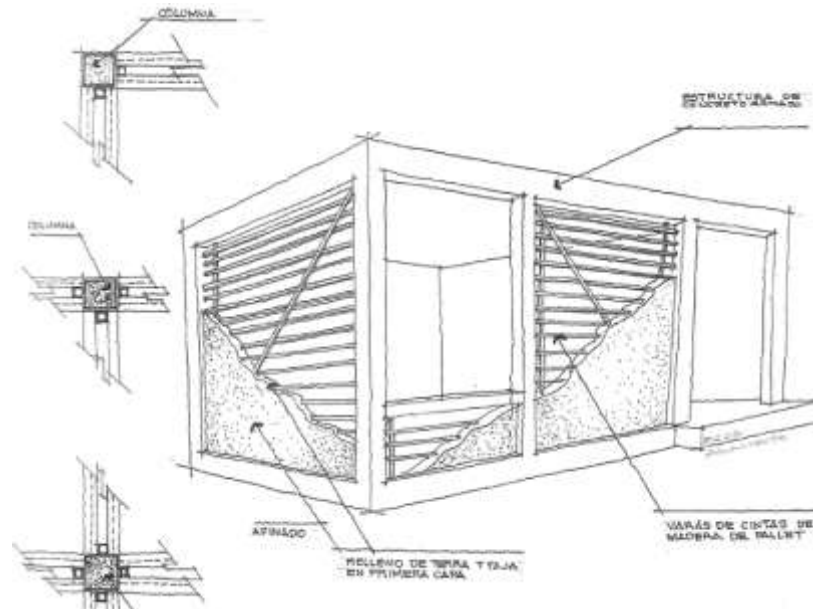


Figura 3. Estructura de sistema constructivo bahareque-marcos rígidos de concreto armado

REFERENCIAS

1. Álvarez, O. L. R. (2003). Del Maguey al concreto: migración y transición de la vivienda Otomí. *Scripta Nova: revista electrónica de geografía y ciencias sociales*, p.7
2. Mexicana, N. O. NOM-020-ENER-2001. *Eficiencia energética en edificaciones-envolvente de edificios para uso habitacional considerando*. Editada en el Diario Oficial
3. Mexicana, N. O. NOM-018-ENER-2001. *Para aislantes térmicos para edificaciones*. Editada en el Diario Oficial
4. Mexicana, N. O. NOM-008-ENER-2001. *Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales*. Editada en el Diario Oficial.
5. Razo, C. M. (1998). *Cómo elaborar y asesorar una investigación de tesis*. Pearson Educación. p.192
6. Gómez, D., Helena, L., González, A., Yepes, C., Ancizar, F., García, H. & Gallego López, J. C. (2014). Construcción de muros en tapia y bahareque. Secretaría de Cultura del Departamento de Caldas. Colombia. p.22
7. Aedo, A. W. C., Olmos, A. A. R., Aedo, D. A. W. C., CRATerre, E., Levrat, M., & Parc Fallavier, B. P. (2002). *Bahareque: Guía de construcción parasísmica*. Villefontaine Cede: Ediciones CRATerre. p. 15
8. Torres Acosta, A., & Martínez Madrid, M. (2001). Diseño de estructuras de concreto con criterios de durabilidad. *Publicación Técnica*, p.181.
9. Minke, G. (2005). Manual de construcción en tierra. *Editorial fin de siglo. Uruguay*. p.164