

ARQUITECTURA DE TIERRA, ALTERNATIVA DE EDIFICACIÓN SUSTENTABLE.

**Dr. Arq. Rubén Salvador Roux Gutiérrez*, Dr. Arq. José Adán Espuna Mújica y Arq.
Yolanda Guadalupe Aranda Jiménez MAC**

Universidad Autónoma de Tamaulipas, Unidad Académica de arquitectura, Diseño y Urbanismo
Miembros del Cuerpo Académico de Vivienda y Modelos Constructivos
Centro Universitario Tampico-Madero, Tampico, Tamaulipas, México
Tel. 52 833 2 27 28 28 ext. 25, e-mail. rroux@uat.edu.mx

Tema 3: Arquitectura na Contemporaneidade.

Palavra-clave: edificación, Tierra y Sustentabilidad

RESUMEN: La arquitectura, invariablemente es un factor de intervención en el medio ambiente, ya que necesariamente modificamos un entorno al realizar nuestras construcciones, se hace necesaria la búsqueda de alternativas sustentables que permitan una arquitectura más respetuosa con el medio ambiente, por otra parte los consumos de energía para producir los componentes (materiales) con los que actualmente realizamos nuestra arquitectura es muy grande por lo cual también es necesario utilizar materiales que requieran menos consumo de energía para su elaboración.

Se presenta una alternativa sustentable de construcción como lo es la arquitectura de tierra en cualquiera de sus modalidades: Adobe, tapial, Bajareque o fajina, Terrón, BTC, etc., esta arquitectura a demostrado por siglos ser ecológica, económica y con una gran posibilidad de sustentabilidad. El presente trabajo plantea las posibilidades sustentables de esta arquitectura alternativa que la colocan como la mejor alternativa para edificación de nuestro hábitat futuro.

I. INTRODUCCIÓN.

La arquitectura es un proceso creador que invariablemente es un factor de intervención en el medio ambiente, lo que ha provocado en las últimas décadas una modificación importante al medio ambiente que la rodea, esta modificación no solo es debida a los procesos de diseño y construcción de los espacios arquitectónicos, sino de manera muy importante a la producción de los materiales, ya que para poder edificar los espacios arquitectónicos utilizamos grandes cantidades de materiales tales como: Acero, cemento, madera, materiales pétreos, que en su obtención deterioran zonas que generalmente no se recuperan ecológicamente. Así mismo en los últimos at10s sean estado utilizando una gran cantidad de materiales derivados de hidrocarburos, estos con un gran potencial de contaminación y difíciles de reciclar, si a esto le sumamos que se consume gran cantidad de energía para producir los materiales que actualmente usamos en nuestra arquitectura, podemos concluir que la arquitectura actual no es una arquitectura sustentable.

Sin embargo, las investigaciones tendientes a encontrar las respuestas a esta problemática son, en cierta manera, estudios particulares dirigidos básicamente a las viviendas, en donde los cambios sugeridos son siempre bajo un a perspectiva cuantitativa y financiera que cualitativa y holística. Empero, la demanda de atención inmediata, capaz de solventar el deterioro del medio ambiente requiere de un esfuerzo mayor, aprovechando el potencial de ciertos materiales, que por ser utilizados desde tiempos remotos, son considerados como obsoletos por las políticas modernizadoras que las soslayan por razones que no siempre son del todo claras. Estas condiciones no impiden que algunos investigadores aborden el tema que más adelante estaremos comentando.

Se tiene la idea generalizada que debemos tomar como sustentable a los conceptos relacionados con la edificación y la arquitectura que se integren con la naturaleza, con un mayor

aprovechamiento de la energía, resaltándose los estudios que incorporan a sus líneas de investigación las costumbres y tradiciones de las diferentes regiones que integran nuestro planeta. Humberto Eco considera a la arquitectura como cualquier tipo de diseño que produzca construcciones tridimensionales destinadas a permitir el cumplimiento de alguna función vinculada con la vida en sociedad. Con la tendencia, sin la intención de establecer una primera reflexión, a tomar solamente en consideración las exigencias fisiológicas del usuario, soslayando en la mayoría de los casos la utilización de los medios energéticos ambientales por la facilidad de conseguir los aparatos tecnológicos que nos brindan el confort ambiental.

Los intentos de modernizar la arquitectura, utilizando sistemas inteligentes para el ahorro de energía y agua, son buenos más sin embargo estos edificios siguen siendo grandes consumidores de energía en su proceso de construcción, lo que los hacen una contradicción y además utilizan materiales altamente contaminantes, como se podrá ver en la siguiente tabla:

Tabla I. Materiales contaminantes Agostini, Arellys. (2004)

| MATERIALE/SUSTANCIA | PROBLEMA |
|---|---|
| Aglomerado de madera, hardboard | Emanaciones de formaldehído de las resinas ureicas y fenólicas |
| Aislamiento de espuma plástica. (poliuretano o PVC) | Emanaciones de formaldehído de las resinas ureicas y fenólicas |
| Aislamiento de fibra de vidrio | El polvo de lana de vidrio es un carcinógeno, la resina plástica ligante contiene fenol formaldehído. |
| Alfombras sintéticas | Acumulan polvo, hongos y producen emanaciones de componentes volátiles. Los adhesivos aplicados también emiten gases nocivos. Se cargan fácilmente de estática. |
| Cañerías de cobre para agua (que requieran soldadura de plomo). | La soldadura de plomo (ya prohibida en muchos países) desprende partículas de este metal. |
| Cañerías de plástico (PVC) para agua | Los solventes de los plásticos y adhesivos e hidrocarburos clorados, se disuelven en el agua. |
| Cemento/hormigón | Las gravas graníticas empleadas como áridos suelen ser radiactivas. |
| Ladrillos refractarios | Contienen distintos porcentajes de aluminio tóxico. |
| Pinturas sintéticas de interior | Emanan componentes orgánicos volátiles y gases de mercurio |
| Pisos vinílicos o plastificados | Producen emanaciones tóxicas del material y de los adhesivos. |
| Sistemas de acondicionamiento de aire | Los filtros mal mantenidos desarrollan hongos, las parrillas de condensación albergan gérmenes aeropatógenos, el sistema |

distribuye contaminantes.

Los estudios realizados con respecto a los consumos de energía en la producción de materiales para la construcción han arrojado los siguientes resultados:

Tabla 2. Energía incorporada en los materiales de un edificio. Vázquez Espí, Mariano. 2004)

| Tipo de edificio | Energía (kW/h/m ²) |
|------------------|--------------------------------|
| Doméstico | 1. 000 |
| Oficinas | 5.000 |
| Industrial | 10.000 |

Tabla 3. Energía para la fabricación de materiales. Vázquez Espí, Mariano. (2004)

| Material | Energía (kW/h/kg) |
|------------------------------|-------------------|
| Arena, grava, tierra, piedra | 0,01 |
| Madera | 0,1 |
| Hormigón | 0,2 |
| Hormigón ligero | 0,5 |
| Yeso | 1,0 |
| Ladrillo | 1,2 |
| Cemento | 2,2 |
| Fibra mineral | 3,9 |
| Vidrio | 6,0 |
| Plásticos | 10 |
| Acero | 10 |
| Plomo | 14 |
| Cobre | 16 |
| Aluminio | 56 |

Tabla 4. Energía mínima teórica en piezas comprimidas poco esbeltas. Vázquez Espí, Mariano. (2004)

| Material | Coste estructural |
|------------------------|-------------------|
| Estructural de Acero | 0,44 |
| Hormigón en masa | 0,16 |
| Tierra (adobe, tapial) | 0,09 |
| Madera | 0,01 |

Tabla 5. Contenido energético de lo materiales. Evans Martin; Si/via de Schiller (1994).

| Material | Contenido Energético | |
|-----------------------|----------------------|----------------------------------|
| | Por peso Mj/kg | Por volumen Mj/m ³ |
| Polietileno expandido | 180 | 2.500 |
| Aluminio | 170 | 459.000 |
| P.V.C. | 90 | 11.000 |
| Cobre | 78 | 698.000 |
| Vinílico | 45 | 6.000 |
| Hierro y acero | 40 | 300.000 |
| Lana de vidrio | 38 | 2.000 |
| Vidrio | 26 | 67.000 |
| Bloque de concreto | 22 | 35.000 |

| | | |
|-------------------------|-----|-------|
| Ladrillo cerámico hueco | 7,5 | 1.000 |
| Yeso | 2,4 | 1.700 |
| Ladrillo común | 1,8 | 3.000 |
| Concreto armado | 1,8 | 4.000 |
| Concreto | 1,8 | 2.600 |
| Adobe | 0,2 | 320 |

De acuerdo con lo datos antes citados podemos observar que una buena alternativa es el uso de materiales tradicionales específicamente nos referimos a los materiales de tierra, como es el caso del adobe o cualquiera de sus otras técnicas de uso.

2. ARQUITECTURA DE TIERRA

La construcción con tierra data de hace 9000 años, a la fecha existen construcciones de en muchas partes del mundo. Una tercera parte de la población mundial vive en una construcción de tierra y en los países en vías de desarrollo esto representa más de la mitad de sus poblaciones, esto por ser el material natural más abundante en el planeta. (gráfico 1)

A diferencia de los sistemas de construcción empleados actualmente que generan gran consumo de energía y desperdicios, la construcción con tierra presenta una eficiencia energética y económica dándole un mayor valor a la salud y al clima interior de las viviendas. Por otra parte las técnicas de construcción con tierra han demostrado su viabilidad para la autoconstrucción así como para la construcción industrializada, sin dejar de manifestar su característica ecológica de esta arquitectura.

Las crisis, a las que por largo tiempo que se han estado presentando, que durante las últimas décadas han sido parte de la cotidiana vida de los países Latinoamericanos, han motivado a varios investigadores a revisar muchos de los sistemas constructivos tradicionales, con la intención de lograr un desarrollo auto sustentable que coadyuvara a superar las penurias económicas de estos pueblos. De hecho, se han llegado a plantear como premisas oficiales para mejorar la calidad de vida, que si bien se han llevado a los sitios de debate, se plantean nuevas interrogantes y discusiones, en donde las viejas cuestiones sobre estos métodos de edificación se han tratado de reinterpretar para adecuarlo a una sociedad que ha buscado la integración de la tecnología en sus cotidianas vivencias. Uno de los problemas que hoy en día están siendo ineludibles, tanto por su frecuencia en estos países como por la poca atención gubernamental que en ocasiones se le ha dado, es que en las ciudades y medios rurales han sido considerados como sitios homogéneos, es decir, como unidades de administración política, cuando por lo vasto de las regiones, éstas presentan variaciones bastante significativas, ya sea por su ámbito geográfico como por los naturales usos y costumbres de sus pobladores.

Preservar y rescatar la cultura de estos ámbitos, tomando en cuenta la identidad de los mismos, son temas de especial interés para algunas áreas de conocimiento, en síntesis, una de las principales tareas de los investigadores en la vivienda y materiales constructivos tiene que realizar será la adecuada evaluación de los nexos que los sistemas tradicionales de edificación con los contextos sociales existentes. Si bien en la mayoría de las propuestas, como el presente trabajo, son tendientes a buscar alternativas viables para la vivienda auto sustentable, o al menos, para la economización energética, se busca siempre la selección correcta de los materiales para la construcción de viviendas eficientes, económicas y respetuosas del medio ambiente, desde la óptica de impacto ambiental y sobre todo, bioclimáticas desde el punto de vista de la arquitectura. En la *Universidad Autónoma de Tamaulipas* se han concebido y desarrollado programas de investigación tendientes al estudio de materiales tradicionales, basados en los resultados obtenidos de plataformas experimentales, la medición y

procesamiento de información que de los elementos de tierra cruda o adobe se han elaborado con esta finalidad.

Para realizar el estudio sobre estos materiales, se han construido algunos modelos, sin embargo, debemos de partir de algunos conceptos que están implícitos en este proyecto. La tierra como material de construcción tiene las siguientes desventajas:

1. **El barro no es un material de construcción estandarizado.** Su composición depende del lugar de donde se extrae puede contener diferentes cantidades y tipos de arcilla, limo, arena y agregados.
2. **El barro se contrae al secarse.** A través de la evaporización del agua de amasado pueden aparecer fisuras.
3. **El barro no es impermeable.** El barro debe protegerse de la lluvia y las heladas especialmente en estado húmedo." *Minke Gemot (2001)*

La tierra tiene también muchas ventajas, que a continuación se mencionan:

1. **El barro regula la humedad ambiental.** El barro tiene la capacidad de absorber y desorber humedad más rápido y en mayor cantidad que los materiales de construcción. Por eso regula el clima interior.
2. **El barro almacena calor.** Al igual que otros materiales densos, el barro almacena calor
3. **El barro ahorra energía y disminuye la contaminación ambiental.** El barro prácticamente no produce contaminación ambiental en relación a otros materiales de uso más frecuente, solo necesita el 1 % de la energía requerida para la preparación, transportación y elaboración del concreto armado o ladrillo cocido.
4. **El barro es reutilizable.** El barro crudo se puede volver a utilizar ilimitadamente. Solo necesita ser triturado y humedecido con agua para ser reutilizado.
5. **El barro economiza materiales de construcción y costos de transporte.** Generalmente el barro que se encuentra en la mayoría de las obras producto de la excavación de cimientos puede ser utilizado para la construcción.
6. **El barro es apropiado para la autoconstrucción.** Las técnicas de construcción con tierra pueden ser ejecutadas por personas no especializadas en construcción.
7. **El barro preserva la madera y otros materiales.** El barro mantiene secos los elementos de madera y los preserva cuando están en directo contacto con el.
8. **El barro absorbe contaminantes.** Se ha dicho muchas veces que el barro contribuye a purificar el aire de un ambiente interior pero hasta el momento esto no ha sido científicamente comprobado. Es una realidad que el barro puede absorber contaminantes disueltos en agua. *Minke Gemot (2001)*

A la tierra que se utiliza como material de construcción se le ha dado muchos nombres, es así que cuando se refiere a ladrillos hechos a mano se les llama ladrillos de barro, ladrillo crudo o adobes, cuando se utiliza para su fabricación un sistema de prensado manual o mecánico se les llama BTC (Bloques de tierra comprimidos), cuando se utiliza una estructura de madera o ramas, recubierta con barro, se conoce como Bahareque, bajareque, quincha. Al sistema de comprimir tierra utilizando una cimbra se le denomina: tapial, taipa.

3. Energía incorporada en fábricas de tierra.

La importancia de la construcción con tierra reside en la naturaleza intrínseca del material de sus propiedades térmicas y mecánicas, y en la posibilidad de fabricación sin consumo de energía contaminante debido a que en todas las fases de fabricación del adobe o tapial

tradicionales se utilizan fuentes limpias de energía, ya que no ser necesario en ninguna fase del proceso altas temperaturas ni requiere materiales de mayor pureza que 1a que se obtiene en los bancos de material. Es ésta la diferencia principal con el ladrillo cerámico común.

Los bloques de tierra comprimidos (BTC) compactados por medios mecánicos, estabilizado con porcentajes de cemento Pórtland, es una solución de viable entre las técnicas sustentables tradicionales y las contaminantes de material habituales. Al hacer uso de fuentes energéticas contaminantes. Los bloques de tierra comprimidos permite reducir los costos, a la vez que se mejoran las propiedades físicas del adobe y tapial tradicionales, con costos energéticos todavía menores por unidad de producto que otras técnicas habituales comparables.

A fin de estimar la energía incorporada en 'bloques de tierra se pueden considerados siguientes resultados:

"La energía incorporada por fa tierra puede *sobrestimarse* mediante:

$0,82 \text{ kg/kg} \times 1,33 \text{ kg/kg} \times 0,04 \text{ kWh/kg} = 43,62 \text{ Wh/kg}$

La energía incorporada por el cemento puede estimarse simplemente como: $0.14\text{kg/kg} \times 2 \text{ kWh/kg} = 280 \text{ Wh/kg}$.

El coste de fabricación del bloque se estimó en 10 Wh/kg.

Finalmente se añaden 44 Wh/kg como imputación del transporte del producto final hasta 100 km de distancia (aunque incluso para viviendas unifamiliares será menos costo el transporte de la propia compactadora que es perfectamente transportable al no superar los 1.500 kg).

El resultado final es una energía incorporada total de 0,4 kW/h/kg " Vázquez Espí Mariano (2002).

4. CONCLUSIONES

Las construcciones que realizamos actualmente consumen mucha energía en los procesos de fabricación de sus insumos, así mismo los materiales utilizados no son biodegradables y que son altamente- contaminantes, provocan, problemas de salud a los usuarios de las construcciones realizadas con ellos.

Por otra parte se puede demostrar científicamente que una buena opción es el uso de la tierra cruda en la construcción de una arquitectura sustentable, es un material que es fácilmente reciclado, que se reintegra fácilmente a la naturaleza sin alterarla y que no provoca daños a la salud, los más importante es hacer conciencia en las autoridades y promotores de vivienda para que sea, utilizado, quitando todos los temores y mitos que existen sobre este material, ya que hay mucha gente investigando y mejorando tanto sus características física, mecánicas como sus procesos de utilización tanto para zonas sísmicas como húmedas.

4. Bibliografía

1. AGOSTINI, ARELYS. *CARACTERÍSTICAS MEDIOAMBIENTALES y RIESGOS EN LA SALUD POR LOS MATERIALES DE CONSTRUCCION EN LAS EDIFICACIONES* [En línea]: documentación de fuentes electrónicas en el Internet [fecha de consulta: 9 de enero de 2004]. Disponible en: http://www.monografias.com/trabajos_12/caracmed/caracmed.html
2. Avita G. Rodolfo C (1997). *SUELO CEMENTO, México: IMCYC.*
3. Bardou, Patrick, y Arzoumainian, Varoujan (1981). *TECNOLOGIA y ARQUITECTURA, ARQUITECTURA DE ADOBE.* Barcelona: Gustavo Gili. ISBN: 84-252-0924-2

4. Benito, F. (1998). *Arquitectura tradicional de Castilla y León*. Castilla y León: Junta de Castilla y León. Conserjería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Conserjería de educación y Cultura.
5. Boyle-Bodin, F., et. Al (1989). *Estudios de la influencia del género de las arcillas en la elaboración de productos de "barro" estabilizado por mortero hidráulico, Vol.I, ponencia 11* (pp 207-216) en: Tercer Simposium CIB/RILEM MÉXICO'89, sobre materiales y tecnología para la construcción de vivienda de bajo costo. México: INFONAVIT.
6. Centro de Investigación Navapalos (1998). *Arquitectura de tierra*, Serie Monografías. Madrid: Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica, Ministerio de Fomento.
7. Cochran William, G., y Cox, Gertrude M. (1999) . *Diseño Experimental*. México: Trillas.
9. Codepan (1982). *Plan de ordenación de la Zona Conurbada del Río Pánuco.82.Versión abreviada*. México: Codepan.
10. Conescal A.C (1982). *Tecnología de tierra y su aplicación en la construcción de espacios educativos*. México: Conescal.
11. Cytel – Habyted (1999). *Memoria del 1° Seminario y Taller Iberoamericano sobre Vivienda Rural y Calidad de Vida en los Asentamientos Rurales*. Cuernavaca: UAM.
12. De la Fuente Lavalle, Eduardo (1995). *Suelo Cemento, Usos, propiedades y aplicaciones*. México: IMCYC.
13. De la Fuente, Javier (1989). *Construcción de adobe con un criterio contemporáneo*. San Nicolás de los Garza: Facultad de Arquitectura de la U.A.N.L.
14. Dirección General para la Vivienda y la Arquitectura, MOPT. (1992). *Bases para el diseño y construcción con tapial*. Madrid: Centro de Publicaciones. Secretaría General Técnica Ministerios de Obras Públicas y Transporte.
15. Dirección de Ingeniería Sanitaria, S.S.A (1976). *Manual de saneamiento, vivienda, agua y desechos*. México: Limusa,
16. Evans Martin, Silvia de Schiller (1994). *Diseño Bioambiental y Arquitectura Solar*. Argentina: Secretaría de Extensión Universitaria y Bienestar Estudiantil FADU, UBA
17. Fernández Loaiza, Carlos (1982). *Mejoramiento y estabilización de suelos*. México: Limusa.
18. Minke Grnot (2001). *Manual de Construcción con Tierra*. Montevideo: Ediciones Nordan Comunidad
19. Roux Gutiérrez Rubén Salvador (1990). *Utilización del material adobe para la vivienda popular en la zona Conurbada de la Desembocadura del Río Pánuco*. Tampico: Facultad de Arquitectura de la U.A.T.
20. Roux Gutiérrez Rubén Salvador (1999). *Influencia del cemento Pórtland Tipo I en la fabricación de ladrillos de adobe tecnificado en Tampico, Tam*. Tampico: Universidad de Sevilla.



Figura 1. Vivienda en Zacatecas, realizada por Instituto Zacatecano de la vivienda.