

MODELO DE EDIFICACIÓN SUSTENTABLE DE TIERRA

* Dr. Rubén Salvador Roux Gutiérrez 1; Dr. José Adán Espuna Mújica 2; Dr. Víctor Manuel García Izaguirre 3; Arq. Yolanda Guadalupe Aranda Jiménez MAC4.

INTRODUCCIÓN

La necesidad de vivienda en México para el 2030, se prevé que será de alrededor de 45 millones de hogares. Lo anterior representa la necesidad de edificar a partir del 2001 un promedio de 766 mil viviendas anuales, según datos de la Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda, CONAFOVI.

La construcción de vivienda, ejerce un efecto multiplicador sobre la economía, al ser un importante generador de empleos, al demandar una gran cantidad de bienes y servicios nacionales, y ser un elemento articulador del crecimiento ordenado de las ciudades.

Sin embargo los esfuerzos de producción de vivienda van encaminados a solucionar el problema sólo desde el punto de vista cuantitativo y económico, y no cualitativo. Lo que da como resultado viviendas con un área mínima de 35 m² y realizadas con materiales inadecuados



para las zonas donde se construyen.

Por otra parte, generalmente éstas viviendas utilizan materiales que en su producción generan grandes cantidades de CO₂ (Bióxido de Carbono) y que aplicados a las mismas hacen que las viviendas sean grandes consumidoras de energía. Al tener la necesidad de suministrarle sistemas de climatización artificial para poder hacerlas confortables climáticamente.

Asimismo, los grupos académicos y de investigación tienen a su disposición una fuente inagotable de información para construir diversas soluciones de edificación de vivienda sustentable y adecuada a las diferentes regiones de México.

El presente trabajo tiene la finalidad de presentar una alternativa de solución a la vivienda con el uso de materiales regionales de tierra en climas cálidos húmedos, el trabajo presente es el resultado de diversas investigaciones previas realizadas en donde científicamente se ha comprobado la resistencia de los Bloques de Tierra Comprimidos (BTC) a la humedad, se ha definido un proceso de estabilización adecuado a este tipo de clima y se ha determinado un proceso constructivo adecuado.

La investigación es viable desde el punto de vista de implementación de acuerdo con los datos obtenidos en los censos del 2000 que presenta la siguiente información:

MUROS	TECHOS
Material de Desecho	Material de Desecho
Lámina de Cartón	Lámina de Cartón
Lámina de Asbesto y Metálica	Lámina de Asbesto y Metálica
Carrizo, Bambú y Palma	Palma, Tejamanil y Madera
Embarro y Bajareque	Teja
Madera	Losa de Concreto, Tabique o Ladrillo y Terrado con Viguería
Adobe	
Tabique, Ladrillo, Block, Piedra, Cemento y	

Categoría en muros y techos.

		M A T E R I A L E S							
TECHOS	MUROS	MATERIAL DE DESECHO	LÁMINA DE CARTÓN	LÁMINA DE ASBESTO Y METÁLICA	CARRIZO, BAMBÚ Y PALMA	EMBARRO Y BAJAREQUE	MADERA	ADOBE	TABIQUE, LADRILLO, BLOCK, PIEDRA, CANTERA, CEMENTO Y CONCRETO
MATERIAL DE DESECHO		1	7	13	19	25	31	37	43
LÁMINA DE CARTÓN		2	8	14	20	26	32	38	44
LÁMINA DE ASBESTO Y METÁLICA		3	9	15	21	27	33	39	45
PALMA, TEJAMANIL Y MADERA		4	10	16	22	28	34	40	46
TEJA		5	11	17	23	29	35	41	47
LOSA DE CONCRETO, TABIQUE, LADRILLO Y		6	12	18	24	30	36	42	48

Combinaciones posibles de los materiales, aún cuando algunas de ellas resultan poco factibles.

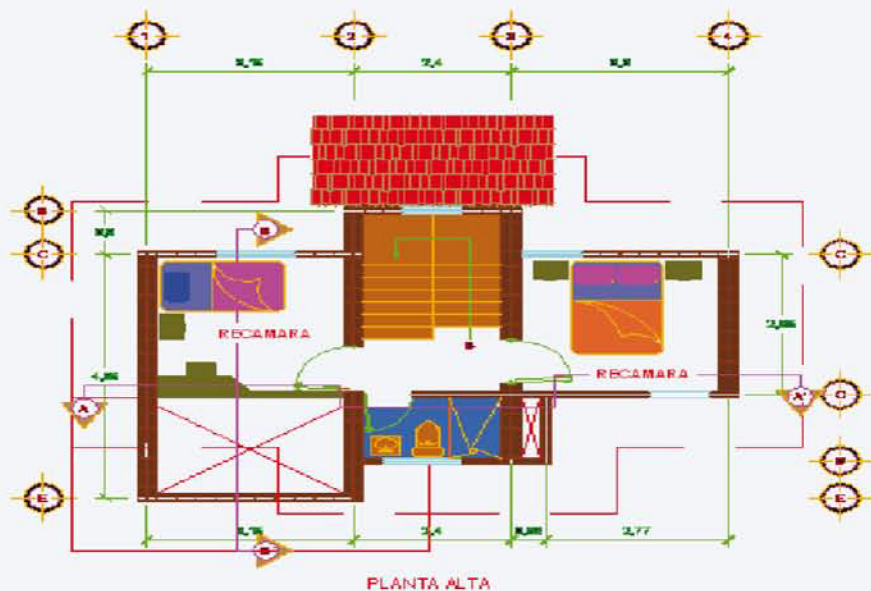
* Miembros y colaboradora del Cuerpo Académico de Diseño y Edificación Sustentable
1. rroux@uat.edu.mx; 2. jespuna@uat.edu.mx; 3. vgarcia@ua.edu.mx; 4. yaranda@uat.edu.mx

MUROS		TECHOS	
MATERIAL	VIDA ÚTIL NOMINAL (AÑOS)	MATERIAL	VIDA ÚTIL NOMINAL (AÑOS)
MATERIAL DE DESECHO	2	MATERIAL DE DESECHO	2
LÁMINA DE CARTÓN	2	LÁMINA DE CARTÓN	2
LÁMINA DE ASBESTO Y METÁLICA	11	LÁMINA DE ASBESTO Y METÁLICA	11
CARRIZO, BAMBÚ Y PALMA	15	PALMA, TEJAMANIL Y MADERA	15
EMBARRO Y BAJAREQUE	5	TEJA	30
MADERA	15	LOSA DE CONCRETO, TABIQUE, LADRILLO Y TERRADO CON VIGUERÍA	50
ADOBE	25		
TABIQUE, LADRILLO, BLOCK, PIEDRA, CANTERA, CEMENTO Y	50		

Vida útil nominal de los distintos grupos de materiales

MUROS	ESTADO DE LOS MATERIALES			
	BUENO % (A)	REGULAR % (R)	MAL % (M)	TOTAL %
MATERIAL DE DESECHO	0	28	72	100
LÁMINA DE CARTÓN	0	28	72	100
LÁMINA DE ASBESTO Y METÁLICA	50	35	15	100
CARRIZO, BAMBÚ Y PALMA	13	42	45	100
EMBARRO Y BAJAREQUE	13	42	45	100
MADERA	10	50	40	100
ADOBE	45	45	10	100
TABIQUE, LADRILLO, BLOCK, PIEDRA, CANTERA, CEMENTO Y CONCRETO	70	20	10	100
TECHOS	BUENO % (A)	REGULAR % (R)	MAL % (M)	TOTAL %
MATERIAL DE DESECHO	0	28	72	100
LÁMINA DE CARTÓN	0	28	72	100
LÁMINA DE ASBESTO Y METÁLICA	55	35	10	100
PALMA, TEJAMANIL Y MADERA	35	45	20	100
TEJA	60	28	12	100

Estado de conservación según materiales en muros y techos por separado (A - aceptable; R - reparable o a mejorar; M - malo o a reponer)



DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO:

El prototipo de vivienda cuenta con dos plantas en 78.43 m², en planta baja se localiza el acceso, la sala – comedor, la cocina, las escaleras y un cuarto de baterías en la parte exterior, en la planta alta se localizan dos recámaras y un baño.



PROCESO CONSTRUCTIVO

- CIMENTACIÓN.- La cimentación está realizada a base de zapatas corridas de concreto $f'c = 200 \text{ Kg/cm}^2$ y armadas con varilla No. 3 @ 20 cm en ambos sentidos de 80 cm de ancho y 15 cm de espesor.
- CADENAS DE CIMENTACIÓN.- Son de concreto $f'c = 150 \text{ Kg/cm}^2$ armadas con cadenas pre-armada de $15 \times 20 \times 4 \times _$, de 15 cm de ancho y 20 cm de alto.
- RODAPIÉ.- El rodapié es a base de bloques de concreto de $15 \times 20 \times 40$, juntados con mortero cemento – arena en proporción 1:4, se dejaron dos hiladas arriba del nivel de firme, los refuerzos son a base de castillos ahogados en los bloques con una varilla del No. 3 @ 1.00 ml.
- IMPERMEABILIZACIÓN DE CIMENTACIÓN.- La impermeabilización de la cimentación es a base de emulsión asfáltica a una mano.

5 CONAFOVI (2001): 14-17



- **FIRMES.** Son de concreto simple $f'c = 100$ Kg/cm² de 10 cm de espesor, sobre relleno de material inerte.
- **MUROS.** – Los muros son de BTC de 10 x 14 x 28 cm junteados con mortero cal – arena en proporción 1:1, el agua de mezclado incluía mucílago de nopal, los muros longitudinales son de 28 cm de espesor y los transversales son de 14 cm de espesor.
- **DINTELES.** En claros de puertas y ventanas se colocaron dinteles a base de vigas de madera de 4" x 6" y del ancho de las puertas o ventanas, dejándose como anclaje 30 cm por cada lado del claro.
- **LOSA DE ENTREPISO.** La losa de entrepiso es a base de vigas de 4" x 6", colocadas a cada 61 cm, dichas vigas se fijaron a las cadenas de cerramiento por medio de taquetes de expansión de 5/16" y placas de 2" x 2" x " con cuatro tornillos de 3", posteriormente se colocaron hojas de triplay de 1.22 x 2.44 x 0.019 ancladas a las vigas con tornillos de 2", por último se le aplicó una mano de emulsión asfáltica como protección adicional.

Nota: toda la madera se protegió con fungicida anti – termitas a dos manos y posteriormente se barnizó.



- **LOSA DE AZOTEA.** La losa de azotea es a base de vigas de 2" x 4", colocadas a cada 61 cm, dichas vigas se fijaron a las cadenas de cerramiento por medio de taquetes de expansión de 5/16" y placas de 2" x 2" x " con cuatro tornillos de 3", posteriormente se colocaron hojas de triplay de 1.22 x 2.44 x 0.019 ancladas a las vigas con tornillos de 2", por último se le aplicó una mano de emulsión asfáltica como protección adicional, cartón asfáltico e impermeabilizante prefabricado integral.

- **ACABADOS DE INTERIORES Y EXTERIORES.** Los acabados de muros interiores y exteriores son a base de mortero cal – arena en proporción 1:1, el agua de mezclado contiene mucílago de nopal con la finalidad de mejorar su impermeabilidad. En área de baño el aplastado es de cemento – arena en proporción 1:4.
Los pisos son de loseta cerámica vitrificada, de 33 x 33 cm pegados en planta alta con pegamento especial y en planta baja con pegazulejo.
En el área de baño se coloca en piso azulejo antiderrapante y en el área de regadera se coloca lambrin de azulejo de 20 x 20 cm.
Impermeabilización en el área de baño, se reforzó la impermeabilización al colocar una placa de tabla-cemento.
- **INSTALACIONES.** Las Hidráulicas a base de tubos de polipropileno de alta densidad, las sanitarias a base de tubos de PVC, las eléctricas con tubos conduit metálico cédula 20 cables del # 12, la instalación eléctrica es mixta, ya que el alumbrado se maneja por medio de energía solar con una foto celda, una batería y un inversor.

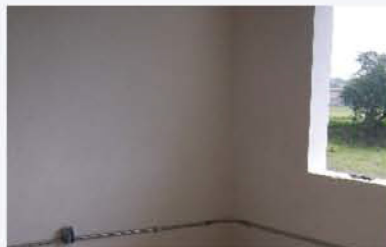
CONCLUSIONES

Se registró una importante reducción en el costo de la vivienda calculado en un 40 por ciento.

El área se amplió, ya que una casa con el costo del prototipo que es de 22 mil 400 dólares, con un área de 45 m² contra los 78.43 m² de construcción del prototipo.

La cantidad de acero y cemento utilizado se redujo en un 67% al sólo usarse concreto y acero en cimentación y cadenas de cerramiento, ya que la estructura de losas es de madera.

La sustentabilidad del prototipo se manifiesta al haber utilizado materiales que no producen CO₂ en su producción, al hacer uso de energía renovable. ||



BIBLIOGRAFÍA

- ASTM (1997). *STANDARD SPECIFICATION FOR FIBER-REINFORCED CONCRETE AND SHOTCRETE C-1116-97*. USA: Avita G. Rodolfo C (1997). *SUELO CEMENTO*, México: IMCYC.
- Bardou, Patrick, y Arzounainian, Varoujan (1981). *TECNOLOGÍA y ARQUITECTURA, ARQUITECTURA DE ADOBE*. Barcelona: Gustavo Gili. ISBN: 84-252-0924-2
- 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*.
- 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 MÉXICO89, sobre materiales y tecnología para la construcción de vivienda de bajo costo*. México: INFONAVIT.
- Campbell Malcolm D., Coutts Robert S.P., Michell Anthony J., y Wills Donald (1980). *Composites of Cellulose Fibers with Polyolefins of Cement. A Short Review*, (pp 596-601). USA: *Ind. Eng. Chem. Prod. Res.*
- CONAFOVI (2001). *Necesidad de vivienda*. México: SEDESOL
- Centro de Investigación Navapalos (1998). *Arquitectura de tierra, Serie Monografías*. Madrid: Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica, Ministerio de Fomento.
- Cochran William, G., y Cox, Gertrude M. (1999). *Diseño Experimental*. México: Trillas.
- Codepan (1982). *Plan de ordenación de la Zona Comurbada del Río Pánuco.82.Versión abreviada*. México: Codepan.
- Conescal A.C (1982). *Tecnología de tierra y su aplicación en la construcción de espacios educativos*. México: Conescal.
- Cyted - Habyted (1999). *Memoria del 1° Seminario y Taller Iberoamericano sobre Vivienda Rural y Calidad de Vida en los Asentamientos Rurales*. Cuernavaca: UAM.
- De la Fuente Lavalle, Eduardo (1995). *Suelo Cemento, Usos, propiedades y aplicaciones*. México: IMCYC.
- 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.
- 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.
- Dirección de Ingeniería Sanitaria, S.S.A (1976). *Manual de saneamiento, vivienda, agua y desechos*. México: Limusa,
- Fernández Loaiza, Carlos (1982). *Mejoramiento y estabilización de suelos*. México: Limusa.
- Roux Gutiérrez Rubén Salvador (1990). *Utilización del material adobe para la vivienda popular en la zona Comurbada de la Desembocadura del Río Pánuco*. Tampico: Facultad de Arquitectura de la U.A.T.
- 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*.