

## Una construcción elaborada con muros de papel y cartón comprimidos más otros residuos valorizables

Luiciano Armando Cervantes García<sup>\*\*\*</sup>, Ehécatl Valdez del Río<sup>\*\*</sup>, Rodrigo González Enriquez<sup>\*</sup>

### RESUMEN

Hemos construido tres muros de una habitación con papel, cartón y otros residuos valorizables (RV) compactados y reforzados con castillos de concreto. Los residuos valorizables utilizados se extrajeron de tambos de basura (que previamente se instalaron en lugares estratégicos). El procedimiento de construcción que se utilizó fue semejante al que usan los *Bereberes* (grupos étnicos ubicados al norte de África) en las construcciones de sus casas de tierra. Los objetivos principales son el reaprovechamiento de los desechos y la necesidad de vivienda. En este documento se mostrará una construcción con 16 años de edad que se encuentra actualmente habitada y en condiciones óptimas respecto a su estética, resistencia y comodidad.

### ABSTRACT

We have built three walls of a room using recoverable waste (RW) that was carefully selected in order to build three walls of room. This recoverable waste was extracted from recycling containers (previously installed in strategic places) that were used to gather either paper or cardboard. The construction procedure that was used, is similar to the one used by the *Bereberes* (indigenous ethnic group of the northeast of Africa) for their own houses. The main advantage of this type of housing is the use of recycled waste. This document will show the 16 year old construction that in present time is still occupied by a family and the walls are still in optimal condition in terms of its resistance and comfort.

Recibido: 23 de Octubre de 2009  
Aceptado: 19 de Febrero de 2010

### INTRODUCCIÓN

En el año de 1987 (hace 22 años), un grupo de matrimonios jóvenes se coordinaron para construir 20 viviendas con muros de adobe (AD: ladrillos de tierra con estiércol vacuno o equino sin recocer), un material con baja conductividad de calor. El conjunto habitacional lo construyeron en una planicie del pueblo norteño: Tarachi, Sonora, México (Figura 1). En la sierra madre occidental es común construir con adobe (AD) porque es un material común para la construcción y fácil de conseguirlo. En el poblado de Tarachi, de aproximadamente 500 habitantes, el invierno es muy frío (Cervantes, 1987) de tal modo que habitualmente nieva; entonces utilizar AD resulta correcto porque en el interior de las casas se conserva el calor producido por las hornillas de su cocina, debido a que el material AD contiene fibras vegetales que le dan propiedades térmicas de baja conductividad del calor. También es importante resaltar que en Tarachi (y muchos pueblos con características similares) no es común la producción de ladrillo recocido y no hay venta de cemento, alambre recocido, alambrón de ¼" de diámetro ni acero para refuerzo. El pueblo se encuentra situado a aproximadamente 40 km de distancia, entre cerros y barrancos (Cervantes, 1987) del siguiente poblado en el que venden material convencional para construcción (cemento, ladrillo recocido, varilla, alambre). Pero si el ladrillo recocido y el concreto estuvieran al alcance de los pobladores seguramente los utilizarían; pero son inapropiados para la edificación debido a su alta conductividad de calor.



Figura 1. Casas en proceso de construcción con muros de adobe (AD) en Tarachi, Sonora, México.

#### Palabras clave:

Residuos compactables; Papel reciclable comprimido; Adobe; Residuos valorizables; Xerófila *Opuntia bigelovii*.

#### Keywords:

Compactable waste; Waste paper compress; Adobe; Recoverable waste; Xerophil *Opuntia bigelovii*.

\* Dirección de Planeación, Universidad de Guanajuato. Lascaráin de Retana No. 5, Centro, Guanajuato, Gto. México, Tel. (473) 73 2 00 06, Fax. (473) 73 2 52 92, ext. 3089, Correo electrónico: luky@fisica.ugto.mx.

\*\* Departamento de Ciencias del Agua y del Medio Ambiente, Instituto Tecnológico de Sonora, 5 de Febrero 818 Sur, Tel. 011 52 (644) 410 9000, C.P. 85000, Ciudad Obregón, Sonora.

\*\*\* Arizona State University University, Dr. and Mill Ave., Tempe, Arizona, Tel. 480 965 90 11.

Algunos pobladores edifican convencionalmente a altos costos, trayendo material de Hermosillo, Arvechi o Sahuaripa, Sonora.

Por otra parte, en las ciudades localizadas en Sonora, México (Huatabampo, Etchojoa, Obregón, Guaymas, Hermosillo, Carbó, Cananea, Magdalena, Agua Prieta, San Luis Río Colorado, Nogales y Nacoziari) se construye con ladrillo y concreto porque se encuentra al alcance de los habitantes. Construir con AD resulta complicado debido a varias razones: a) las empresas expendedoras de materiales convencionales para la construcción (ladrillo, cemento, acero, alambre recocido, etc.) no fabrican AD porque les resulta incosteable debido a que no existe la cultura del AD y además su almacenamiento resulta riesgoso porque es frágil y susceptible a la humedad, y b) se considera sinónimo de pobreza.

En Cd. Obregón, Sonora, México, con más de 450 000 habitantes, las viviendas y demás obras civiles tradicionalmente se construyen con ladrillo y concreto, dos materiales convencionales inapropiados para utilizarse en la latitud 27° 29'N en la que las temperaturas máximas varían desde los 32 °C a los 45 °C y en algunas ocasiones son mayores a los 50 °C, aquí las temperaturas promedio oscilan entre los 18 °C en el invierno hasta los 34 °C en el verano; en cambio las mínimas son de 5 °C a los 22 °C (Cervantes, 1987).

El ladrillo recocido y el concreto tienen un alto índice de conductividad (semejante al del hierro); entonces el interior de las habitaciones es caliente en el verano y frías (incómodas) en el invierno, de tal modo que se gasta inútilmente mucho dinero en energía para enfriar o calentar (depende del mes del año) con sistemas de aire acondicionado o calefactores respectivamente, pudiendo reducirse los gastos de consumo eléctrico utilizando AD o residuos valorizables (RV) con menos índice de conductividad de calor.

## MÉTODOS Y RESULTADOS

En el estado de Sonora, por su ubicación geográfica, sucede algo similar a lo que ocurre en el Alto Egipto. Es bien conocido que en gran parte del área sonorense, el clima es caliente y árido. La diferencia entre las temperaturas del día y la noche son elevadas. Debido a la ausencia de nubes, la tierra recibe grandes cantidades de radiación solar (Fathy, 1982). Entonces, para construir viviendas, los materiales apropiados para la construcción deben de tener ciertas características, de tal modo que las habitaciones sean confortables en su interior, tanto en el día como en la noche. Por lo tanto, la selección de estos es muy importante.

Por lo tanto, y debido a que en el estado de Sonora también existe un clima árido y extremo, se propone tomar en consideración tres aspectos importantes para seleccionar los materiales para la construcción: a) los convencionales no son apropiados para construir viviendas en este entorno geográfico porque son buenos conductores del calor, b) el AD no se utiliza comúnmente en las construcciones y viviendas localizadas en las zonas rurales de los valles, ciudades y algunas partes de la sierra, a pesar de que es un material noble y con bajo índice de conductividad del calor, y c) existe una producción inmoderada de basura que se envía a los tiraderos a cielo abierto (Agenda Estadística Municipal de Cajeme, 1991) y que podría ser reutilizada como RV sustituyendo al AD para la construcción o combinándolos. Un dato importante es que en el año de 1993, en ciudad Obregón, Sonora, se produjeron un promedio de 21,250 toneladas de basura (Aispuro y Medrano, 2002) (Figuras 2 y 3).



Figura 2. Papel y otros residuos valorizables (RV).



Figura 3. Papel, cartón y otros residuos valorizables (RV).

En el mundo se han utilizado diversos RV, nobles reciclables, para construir casas como: tierra, tepetate, limo, madera, nopal, etc. (Van Lengen J. *et al.*, 1983). Muchos de estos RV se envían, como desechos, a los tambos o contenedores de basura. Algunos de ellos presentan características apropiadas para la fabricación de muros, en casas habitaciones, por ejemplo: a) no son buenos conductores de calor y b) son RV altamente cohesivos, por la sabia que contienen, y cuando se les comprime y deshidrata se endurecen; por lo tanto, se propone la utilización de RV para la construcción.

Una recomendación importante en este contexto, es que en el trabajo de recolección de basura se motive la participación de gente con buen espíritu de trabajo y condición física para mantener un ambiente favorable en esta actividad. (López J. *et al.*, 1975)

En la preparación del papel y cartón se utilizó jugo de xerófila *Opuntia bigelovii* (choya) con la finalidad de fortalecer el estado físico del material de construcción en cuanto a su resistencia y protección contra insectos.

#### Recolección de la xerófila *Opuntia bigelovii*

1) Con la finalidad de preservar esta especie de xerófila, se cortaron solamente 15 puntas maduras del cactus (Figura 4) y darle un uso apropiado, 2) Se depositaron las puntas en un recipiente de 20 litros y se fraccionaron (machacaron) con un barrote de madera, 3). Posteriormente, se agregaron 3 litros de agua y se dejó reposar por 3 horas, y 4) Por último, el fluido viscoso fue filtrado con un cedazo en un recipiente par su uso (Figura 5).



Figura 4. *Opuntia bigelovii*: Xerófila conocida comúnmente como choya.



Figura 5. Filtrados del jugo (baba) de choya.

#### Aplicación del jugo de xerófila *Opuntia bigelovii* (CHOYA) al material de construcción

Se elaboró una mezcla de agua-baba de choya-sal del orden de 4 litros de agua, uno de baba y 5 gramos de sal de cocina. Esta mezcla se decanta en un recipiente junto con el papel y cartón (fraccionados en partes) para empaparlos.

#### Ventajas del jugo de xerófila *Opuntia bigelovii* con sal

La razón por la que se utilizó este jugo de cactus con sal de cocina se debe a que, por observación de campo, en las comunidades de los valles del Mayo y Yaqui en el estado de Sonora, a las construcciones de carrizo con tierra, madera de pitahaya entretejida cubierta de tierra, se le aplica una película de calhidra (blanco españa) con baba de choya tatemada y sal sobre las paredes. Esta sustancia tiene propiedades hidrofóbicas y fungicidas porque rechazan a la humedad, termitas y demás insectos, ya que se puede ver que se conservan intactas a través de los años.

#### Datos de construcción

A continuación se darán las características y metodología utilizadas en esta construcción no convencional: En total se construyeron tres muros (de una habitación) con RV. El cuarto muro ya existía y fue construido con materiales convencionales (bloques de arena, cemento y calhidra) en 1972. A continuación se indican las características de los tres muros de material reciclable comprimido reforzados con castillos de concreto armado. Las áreas color naranja corresponden a las partes de los muros elaboradas con papel, cartón y otros RV comprimidos (Figuras 6 y 7).

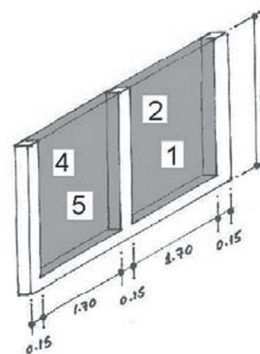


Figura 6. \*Muros A y C (muros paralelos).

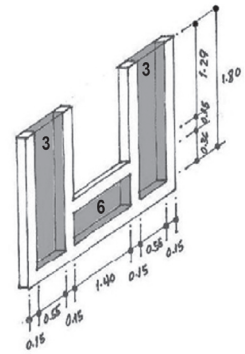


Figura 7. \*Muro B (muro perpendicular a los A y C).

\*Estos tres muros forman una "U" entre sí.

Para la fabricación de los muros color naranja se utilizó un molde que se deslizaba de abajo hacia arriba. Este molde estaba compuesto por dos hojas de madera de pino de 1" de espesor, 12" de ancho y 78,7" (2 m) de largo; dos tornillos de 7,9" (20 cm) de largo y 1/2" de diámetro con tuercas (Figuras 8, 9, 10 y 11). A continuación se detallará el proceso de construcción de los muros y las cantidades de RV utilizado. Para especificar lo anterior con mayor precisión, se particularizarán por áreas.



Figura 8. Molde visto de frente.



Figura 9. Molde visto de lado.



Figura 10. Molde visto de arriba.



Figura 11. Apoyo del molde.

#### Muro A, área 1

Previo al inicio de la construcción de los muros de basura (residuos compactados), se contrató a un maestro de obra para que construyera 8 castillos de concreto con armazones de acero (armaflex) 15 cm x 15 cm. Los castillos fueron unidos con cadenas en su parte inferior con el mismo tipo de armado.

El área 1 del muro A (Figuras 6, 12 y 13), se construyó en 6 días trabajando 3 horas diarias con un ayudante y se utilizaron los siguientes RV (Tablas 1 y 2).

Con una brocha se pintó la superficie del muro (Figura 13) con una mezcla líquida de jugo (baba) de

**Tabla 1.**  
Relación de los RV y las masas utilizadas en el Muro A, área 1.

Residuos valorizables	Cantidad
Papel seco	112,50 kg
Cartón	45,00 kg

**Tabla 2.**  
Relación de los RV y las unidades utilizadas en el Muro A, área 1.

Residuos valorizables	Cantidad
Saco (cartón) para harina vacío	10
Sacos (cartón) para cemento vacíos	5
Sacos (cartón) para yeso vacíos	134

choya (xerófila *Opuntia bigelovii*), agua y sal (4 partes de agua por una de baba de choya y 5 gramos de sal por cada 4 litros de la mezcla).

Las dimensiones de este muro son 1,70 m x 1,80 m alcanzando un área de 3,06 m<sup>2</sup> y un volumen de basura compactada de 0,459 m<sup>3</sup> (con un espesor de muro de 15 cm).

#### Muro A, área 4

Se construyó en 3 días trabajando 3 horas diarias con un ayudante y se utilizaron los siguientes RV (Tablas 3 y 4).

En el proceso de construcción, a cada espesor de 12" de altura con residuos compactables que se iba construyendo, se le colocaba una barra de madera (estuco) de castillo a castillo (puestos en las ranuras de las caras de los castillos en contacto con la basura).

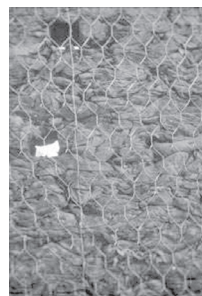


Figura 12. Área 1 del muro C con malla de alambre.



Figura 13. Área 1 del muro C pintada con baba de choya (xerófila *Opuntia bigelovii*).



Figura 14. Muro A área 4.

Tabla 3.  
Relación de los RV y las unidades utilizadas en el Muro A, área 4.

Residuos valorizables	Unidad
Sacos (cartón) para yeso vacíos	119,0
Cubetas (con volumen de 20 litros) con tierra húmeda	9,5
Cubetas (con volumen de 20 litros) con baba de choya y agua	7,5
Cubetas (con volumen de 20 litros) con paja de trigo	8,0
Paca de alfalfa	1,0

Tabla 4.  
El RV y su masa utilizada en el Muro A, área 4.

Residuos valorizables	Cantidad
Cartón	20 kg

Las dimensiones del muro son 1,70 m x 1,80 m alcanzando un área de 3,06 m<sup>2</sup> y un volumen de basura compactada de 0,459 m<sup>3</sup> (con un espesor de muro de 15 cm).

#### Muro B, áreas 1, 2 y 3

Las áreas del muro B (Figuras 7, 15, 16, 17 y 18), se construyeron en 6 días trabajando 3 horas diarias con un ayudante y se utilizó el siguiente material de desecho (Tablas 5 y 6).

Procedimiento: La paja de trigo se sumerge en la mezcla (agua-baba de xerófila *Opuntia bigelovii*) previamente elaborada y se le agregan cinco puños (mano) de tierra hasta obtenerse una mezcla consistente. Se esparció el material exprimido dentro del molde. Se compactó el material húmedo con dos barros (uno esbelto y otro grueso). La relación de la

Tabla 5.  
Relación de los RV y las unidades utilizadas en el Muro B, áreas 1, 2 y 3.

Residuos valorizables	Unidad
Sacos (cartón) para yeso vacíos	195
Cubetas (con volumen de 20 litros) con tierra húmeda	7
Cubetas (con volumen de 20 litros) con baba de choya y agua	9
Cubetas (con volumen de 20 litros) con paja de trigo	28

Tabla 6.  
El RV y su masa utilizada en el Muro B, áreas 1, 2 y 3.

Residuo valorizable	Cantidad
Cartón	20 kg

mezcla paja-tierra-agua-baba con 1/3 de una paca de paja de trigo, 2 cubetas con tierra húmeda y 2 cubetas con agua-baba se logró construir un muro compactado de 0,1143 m<sup>3</sup> de volumen. A continuación se desglosa por áreas:

Área 1: Las dimensiones de esta parte son 0,55 m x 1,80 m alcanzando un área de 0,99 m<sup>2</sup> y un volumen compactado de 0,1485 m<sup>3</sup> (con un espesor de muro de 15 cm) (Figuras 7, 15 y 16).

Área 2: Las dimensiones de esta parte son 0,55 m x 1,80 m alcanzando un área de 0,99 m<sup>2</sup> y un volumen compactado de 0,1485 m<sup>3</sup> (con un espesor de muro de 15 cm) (Figuras 7 y 17).

Área 3: Las dimensiones de esta parte son 1,40 m x 0,36 m alcanzando un área de 0,504 m<sup>2</sup> y un volumen de basura compactada de 0,0756 m<sup>3</sup> (con un espesor de muro de 15 cm) (Figuras 7 y 18).

#### Muro C, área 2

En el área 2 del muro A (Figuras 6, 19 y 20), se utilizaron 211,5 kg de papel seco y se construyó en 8 días trabajando 3 horas diarias, sin ayudante.

Procedimiento: Se depositó el papel en un recipiente de plástico con 120 litros de capacidad. Los mazos de hojas tamaño carta y oficio se rompieron en dos

partes. A los 120 litros de agua se le añadieron 20 gramos de cemento. Se dejó remojar el papel 24 horas.

Las dimensiones de este muro son 1,70 m x 1,80 m alcanzando un área de 3,06 m<sup>2</sup> y un volumen de papel compactado de 0,459 m<sup>3</sup> (con un espesor de muro de 15 cm).

#### Muro C, área 5

El área 5 del muro C (Figuras 7, 21, 22 y 23), se construyó en 3 días trabajando 3 horas diarias. En el muro se utilizó la siguiente cantidad de materia (Tablas 7 y 8).



Figura 15. Muro B.



Figura 16. Muro B.



Figura 17. Muro B.



Figura 18. Muro B.

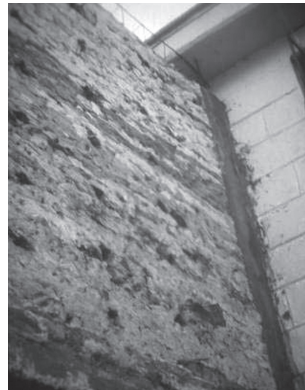


Figura 19. Área 1 del muro C.

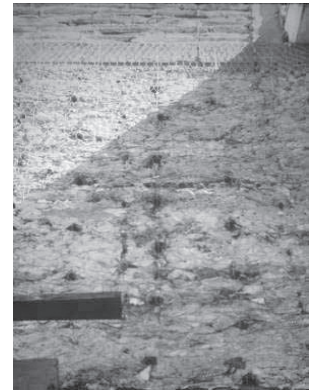


Figura 20. Área 1 del muro C con malla de alambre.



Figura 21. Muro C, área 5 ranuras en el castillo.



Figura 22. Muro C, área 5.



Figura 23. Muro C, área 5 aplicación de baba de choya.

Las dimensiones de este muro son 1,70 m x 1,80 m alcanzando un área de 3,06 m<sup>2</sup> y un volumen de basura compactada de 0,459 m<sup>3</sup> (con un espesor de muro de 15 cm).

**Tabla 7.**  
Relación de los RV y las unidades utilizadas en el Muro C, área 5.

Residuos valorizables	Unidad
Sacos (cartón) para yeso vacíos	23
Cubetas (con volumen de 20 litros con tierra húmeda)	4
Cubetas (con volumen de 20 litros) con zacate	8
Bulto de periódicos de 60 cm de altura con paja de trigo	1
Sacos (cartón) para cemento vacíos	24

**Tabla 8.**  
El Residuo Valorizable y su masa utilizada en el Muro C, área 5.

Residuo valorizable	Cantidad
Papel	70 kg

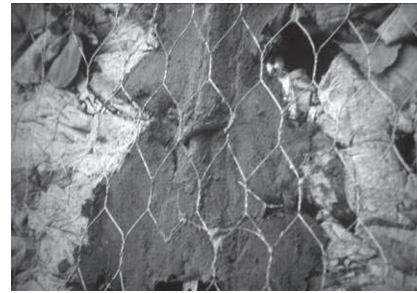
### Detalles de construcción

Luego que los muros fueron construidos se esperó unos días para que se deshidrataran. En este caso se utilizaron dos métodos alternos para acelerar el secado: a) corriente de aire con un ventilador y b) aplicación de radiación solar con una lámina galvanizada orientada al sol para reflejarla sobre los muros húmedos.

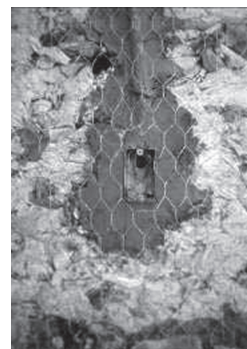
Respecto a la instalación eléctrica, se realizó de manera común (Figuras 24 y 25) de la siguiente manera: habiéndose secado los muros, se construyeron los cerramientos sobre ellos y se colocó una malla metálica para gallinero encima de los muros. Para sujetar la malla al muro, se utilizaron grapas de alambroón de ¼ de pulgada de diámetro; posteriormente se les aplicó el repellido correspondiente, que comúnmente se utiliza en muros de ladrillo. Después se ranuraron los muros por donde iría la tubería (conduit) y al conducto se le fijó con grapas de alambre de ¼ de pulgada de diámetro; por último se aplicó una mezcla de cemento, arena y agua (Figuras 14, 26 y 27) en las hendiduras.

### PROBLEMAS Y RESULTADOS

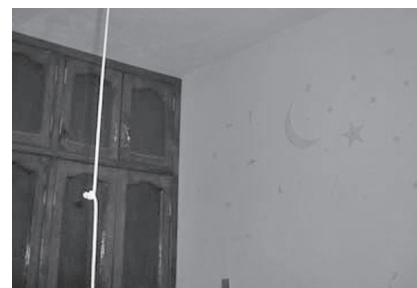
En los muros A y C se presentaron dificultades debido a que no hubo control en el orden de aplicación de los diversos RV de reutilización. En particular el material que causó pandeos (Figuras 6, 8, 14 y 15) a un tercio



**Figura 24.** Forma de sujetar el tubo por donde se introdujeron los alambres eléctricos.



**Figura 25.** Forma de sujetar los accesorios eléctricos (apagadores y contactos).



**Figura 26.** Aspecto interior de la construcción.



**Figura 27.** Aspecto exterior de la construcción.

de la altura de los muros aproximadamente. Afortunadamente se pudieron corregir estos defectos porque el material aún no se deshidrató. Se prensó colocando el molde de madera de tal modo que al secarse los muros quedarán rectos. Esta falla fue detectada 23 días después de haberse terminado de construir el área 4.

Las áreas 1, 2, 4 y 5, al secarse completamente, se separaron aproximadamente 1 cm de la cara de los castillos. Previendo una situación como esta, en cada hilada de 12 " de altura de basura compactada se colocaron horizontalmente sobre el material compactado unas tiras de madera (estuco) que fueron ensambladas en las ranuras de los castillos y además se colocaron taquetes de madera entre el muro y los castillos para mayor seguridad.

## CONCLUSIONES

Se construyeron 14,724 m<sup>2</sup> de muro de 15 centímetros de espesor. Esto equivale a un volumen de 2,2086 m<sup>3</sup> de RV. A continuación se enlistan los RV utilizados en su totalidad y sus cantidades (Tablas 9 y 10).

**Tabla 9.**  
Total de los RV y las unidades utilizadas en el Muros A, B y C.

Residuos valorizables	Cantidad
Sacos (cartón) para yeso vacíos	471
Cubetas (con volumen de 20 litros) con tierra húmeda	20,5
Cubetas (con volumen de 20 litros) con zacate	8
Bulto de periódicos de 60 cm de altura con paja de trigo	1
Sacos (cartón) para cemento vacíos	29
Sacos (cartón) de harina vacíos	10
Cubetas (con volumen de 20 litros) con paja de trigo	36
Paca de alfalfa	1

**Tabla 10.**  
Total de los RV y las masas utilizadas en el Muros A, B y C.

Residuos valorizables	Cantidad
Papel	394 kg
Cartón	65 kg

Este material fue recogido de tambos y/o contenedores de basura (Figuras 2 y 3). A excepción del bulto de periódicos y los sacos de yeso, cemento y harina. Los sacos fueron recolectados en una construcción de obra civil y el bulto de periódicos fue donado por una persona que se enteró de esta construcción llevando el periódico al domicilio.

Es posible utilizar papel, cartón y otros RV en la construcción de muro para habitaciones. Para hacer esto posible es necesario cambiar el procedimiento de construcción. Con la finalidad de abatir costos es necesario que participe la familia en la construcción. En este caso particular se recomienda este tipo de RV porque los resultados de esta experiencia demuestran lo bueno que resulta aprovechar los RV debido a que después de 15 años de vida, la construcción, tiene excelente presentación, resistencia, estética y confort (Figuras 26 y 27). El uso de los jugos de la xerófila *Opuntia bigelovii* (choya) ayudan a proteger de la humedad y los insectos, debido a que hasta el momento no se ha detectado la presencia de ellos. En el futuro se pretende utilizar bloques de papel compactado (Figura 28) para construir los techos de las mismas habitaciones. Se propone continuar con esta investigación desarrollando sistemas de medición de resistencia y temperaturas; así como estudiar más a fondo las propiedades de los jugos de xerófilas. También es importante decir que el costo de la obra negra de una construcción convencional relativamente es la parte más económica de una construcción. Tomando en cuenta lo anterior y comparando los costos de esta construcción elaborada con RV y materiales convencionales, no presentó diferencias significativas en cuanto a los costos de construcción; sin embargo la participación de la familia en la mano de obra pudiera disminuir considerablemente los costos como en las construcciones convencionales.



**Figura 28.** Alumnos del CBTIS No. 37 elaborando un panel de papel compactado.



**AGRADECIMIENTOS**

Se agradece la participación activa, en la construcción de esta habitación, a los niños: Helena Gabriela, Luciano Armando y Mercedes Imelda Cervantes Trevizo; hoy jóvenes estudiantes del Instituto Tecnológico de Sonora. También se da las gracias a las autoridades del Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios No. 37 (CBTIS No. 37), ubicado en Hidalgo No. 2000 poniente, en ciudad Obregón, Sonora, México, por el apoyo brindado en este estudio; así como a los alumnos del mismo centro educativo. Un especial agradecimiento a CONACYT por su apoyo.

**REFERENCIAS**

- Agenda Estadística Municipal de Cajeme.* (1991).
- Aispuro E. y Medrano I. O. (2002). *Efectos de la aglomeración de basura en Ciudad Obregón (Aplicación de una metodología de sistemas suaves y dinámica de sistemas)*. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico de Sonora.
- Cervantes L. A. (1987). *Casa Rural Autosuficiente por aprovechamiento de sólidos y líquidos de desecho más materiales naturales*. Tesis de Ingeniería Civil. ITSON.
- Fathy H. (1982). *Arquitectura para los pobres*. Ed. Extemporáneos, S. A. Segunda Edición en castellano. México, D. F.
- López J., Vidal F. M. y Pereira J. (1975). *Basura Urbana: Recogida. Eliminación y reciclaje*. Ed. Técnicos Asociados S. A. España.
- Van Lengen J. (1983). *El arquitecto descalzo*. Ed. Pax-México. México, D. F.