

MUROS DE BOTELLAS DESCARTABLES DE PET PARA VIVIENDAS CON CONSERVACIÓN DE ENERGÍA Y ALTA INERCIA TÉRMICA INTERIOR

Ing. Alfredo Esteves,
Arq. Daniel Gelardi,
Arq. Alejandro Oliva

Resumen

En la zona oeste de la República Argentina, caracterizada por un clima semiárido con grandes amplitudes térmicas, siempre se utilizaron sistemas constructivos de vivienda con mampuestos macizos, que fueron preferidos a los sistemas livianos, dada su excelente respuesta al clima. En este trabajo se estudia las características constructivas y térmicas de los sistemas que utilizan botellas de PET (tereftalato de polietileno), llenas de agua, como mampuestos, las que ubicadas en distinta posición dan lugar a diferentes sistemas. Para cada sistema se ha estudiado los aspectos constructivos y térmicos (referentes a la respuesta inercial de los mismos), sus posibilidades como muro de agua y se presenta un estudio de caso comparativo con el sistema más tradicional de la mampostería de ladrillo. Las conclusiones indican que estos sistemas cuentan con varias ventajas: poseen una inercia comparable a la mampostería de ladrillo, se reducen los costos de transporte (al transportar la botella vacía y llenarla in situ), bajo costo de adquisición (son botellas descartables) y un impacto positivo al medio ambiente que se traduce en tres aspectos fundamentales: una solución a la eliminación de residuos, ahorro energético en la fabricación de otros mampuestos y no degradación del suelo cuya capa fértil se elimina para destinarla como materia prima de los mismos mampuestos.

1. Introducción

En la construcción de viviendas, los materiales utilizados en cerramientos opacos han tenido distintas propiedades termofísicas, pero siempre han respondido al tipo de clima en que se encontraba implantado el edificio. Estos cerramientos que formaban lo que se denomina el cobijo, se pueden construir de diversos modos. En el Centro Oeste de Argentina, donde reinan climas templados fríos con fuertes amplitudes térmicas, se han utilizado con preferencia materiales pesados, es decir, elementos macizos, de manera de conformar una barrera, que atenúe las inclemencias climáticas del exterior. El adobe, desde los primeros asentamientos en la zona, fue utilizado ampliamente dada su disponibilidad y posibilidades, tal como se relata en Ponte, 1989, refiriéndose al lugar de la Ciudad de Mendoza: "Los primeros pobladores españoles se guarecieron en unas construcciones de adobones llamadas pucará, que había erigido el ejército inca en su estancia en el Valle de Huentota",

La abundancia y disponibilidad, la fabricación in situ y la forma de manufactura económica y práctica, hizo de éste una verdadera solución. El material es tierra con determinado contenido de arcilla y elementos ligantes, que se amasa, se moldea, con endurecimiento por cocción al sol.

El uso de este material se resuelve de diferentes maneras; las más practicadas en estas regiones son:

Tapia: consiste en un encofrado que se llena de barro y paja, luego se desencofra y se seca al sol.

Quincha: es una estructura de cañas atadas con tientos o fibras vegetales, que luego se revoca con barro y paja.

Bloque de Adobe: es un elemento modular de barro y paja, eventualmente con carbonilla que se seca al sol. Sus dimensiones normales son: 0,23 m x 0,15 m x 0,40 m. Los muros se construyen trabando los mampuestos en sentido longitudinal a la dirección del muro (Pérez de Salazar Vereá, 1989).

En nuestra zona, este material fue ampliamente utilizado hasta principios del siglo XX. Desde 1700, aparecen en las crónicas y documentos de la época, referencias de los daños y temores que ocasionaban los sismos y terremotos, lo mismo que los aluviones y crecidas de agua por las lluvias torrenciales de verano. Sin embargo, el uso masivo del adobe respondía a la idea de la época, en que se estimaba a éste mucho más elástico y resistente a los sismos, y que tiene una alta inercia que atempera las amplitudes térmicas del clima de la zona.

En 1861, un gran terremoto destruyó la ciudad de Mendoza, y a partir de este se empezó a desestimar las bondades del adobe. El primer reglamento para la construcción, se dictó en 1902. En éste, se establecieron las primeras condiciones reglamentarias para la seguridad y la higiene en los edificios, tales como, en el caso de muros, se fijaba las alturas máximas y los espesores mínimos. Los muros de fachada debían ser de ladrillo o piedra asentada a la cal. Además los muros de adobe no podían superar la altura de la primera planta, con espesores de 0,40 m; 0,45 m ó 0,60 m (Ponte, 1989).

En 1927 se amplió este reglamento, que responde a la seguridad de los edificios frente a los temblores. En éste se prohibió definitivamente los muros de adobe y se determinaron espesores mínimos para muros de ladrillo cocidos en hornos. Estos espesores reglamentarios fueron: 0,45 m para muros sin armadura, 0,30 m para muros armados y 0,24 m para muros de hormigón armado (Ponte, 1989).

Actualmente el código de edificación permite utilizar materiales y sistemas constructivos siempre que sean aprobados por el Departamento Ejecutivo que tiene el asesoramiento de la Comisión de Nuevos Materiales y la conformidad del Ministerio de Obras y Servicios Públicos del Gobierno de la Provincia de Mendoza.

El ladrillo cocido se obtiene a partir de bloque de arcilla que es cocido en hornos a leña o a gas. De éstos se han fabricado diferentes tamaños, que permiten realizar tabiques de 0,10 m, 0,20 m, 0,26 m ó 0,30 m de espesor, según el modelo del ladrillo o las formas de trabarlo.

En la actualidad, la gran mayoría de los cerramientos son realizados con este material, por su costo o por la tradición y costumbre de la mano de obra disponible.

La tecnología en esta zona ha desarrollado también mampuestos de bloque de cerámicos y bloques de hormigón comprimido. De éstos, el uso no ha sido muy difundido, tienen las desventajas de elevada transmitancia térmica, baja inercia y costos elevados.

Al contrario de elementos livianos, los elementos macizos fueron los preferidos por seguridad frente a sismos y economía. Esta situación hizo que se construyeran viviendas que, además, tenían una adecuada respuesta ante las amplitudes climáticas de la zona.

Con el advenimiento de la crisis energética de 1973, los materiales utilizados en viviendas con aprovechamiento de energía solar, fueron los materiales que tenían la posibilidad de acumular energía, o sea, durante el día se cargan, en la noche, la devuelven al ambiente y de este modo, se logra un uso más racional de la energía. Además reducen los efectos de la alta amplitud térmica exterior. Fue así como se realizaron distintas viviendas con muros acumuladores solares pasivos de distintos materiales: de hormigón comprimido la vivienda E. Tedeschi en Mendoza (de Rosa y ot., 1988); de ladrillo la Esc. Yapeyú, Mendoza (de Rosa y ot., 1993) y la vivienda de Puerto Madryn (Esteves y ot., 1986); de piedra bola la vivienda de Abra Pampa, Salta (Lesino y ot., 1981) y de adobe el Centro de Salud de Castro Tolay, Jujuy (Lesino y rt. 1981).

Con la necesidad de realizar control energético en la vivienda, se ha estudiado las características térmicas de los materiales de los cerramientos: conductividad térmica, densidad, calor específico, capacidad de almacenamiento térmico (Mazria, 1979).

En el caso de la acumulación, el material que tenga mayor conductividad térmica y mayor capacidad calorífica (producto de la densidad por el calor específico) se adapta mejor para acumular energía. Es así que de los materiales macizos el hormigón se destaca del resto, tal como se indica en Tabla I.

Cuando se quiere aprovechar la posibilidad de acumular energía en el muro, aparece el

agua como un elemento interesante, dadas sus posibilidades de acumulación/entrega de energía muy importantes (mayor incluso al hormigón armado) y su característica de acumulación isotérmica (las corrientes convectivas generadas se ocupan de mantener una constancia de la temperatura durante el proceso de carga/descarga de energía). Con respecto a los materiales de los contenedores de agua, los más utilizados han sido los metálicos y plásticos y con respecto a la forma, tambores y recipientes apilables (Mazria, 1979).

Con el objeto de hacer uso de materiales de descarte, lo que implica un bajísimo costo de adquisición, eliminando a la vez, residuos de la vía pública, se ha pensado en la utilización de envases descartables de botellas de PET. Estas se incorporan al muro llenas de agua, para lograr responder a las siguientes situaciones:

a) buen comportamiento del sistema en la acumulación/entrega de energía, b) disponer de un mampuesto fácilmente transportable (se transporta vacío), c) económico.

Las botellas plásticas para bebidas pueden ser de los siguientes materiales (Lund, 1996):

PVC (Cloruro de polivinilo) - botellas de agua

PET Claro - refrescos, licores

PET Verde - refrescos, licores

PE HD (polietileno de alta densidad) transparente para leche, agua y jugos.

El PET, acrónimo del tereftalato de polietileno, es un material que se ha impuesto en las botellas para gaseosas, dado que es un material ligero, transparente y rígido, resistente a los productos químicos y a la humedad.

Su problema como todo plástico es la disposición final del residuo y es que no se degradan rápidamente en un vertedero. Por lo tanto, se trata de reciclarlos y el enfoque principal se centra sobre el componente termoplástico.

El PET es posible limpiarlo y obtener un alto grado de pureza al reciclarlo, sin embargo, es necesario mezclarlo con el material virgen para restaurar las propiedades específicas requeridas (Lund, 1996).

El PET se recicla principalmente en fibras de poliéster utilizadas para fabricar luego bolsas de dormir, almohadas, ropa rompeviento. Las botellas verdes se reciclan separadamente porque las fibras verdes pueden solamente utilizarse en ropa exterior de color oscuro (Tchobanoglous et al., 1994).

Tabla I: comparación entre los materiales usuales para la inercia térmica interior y el uso de agua.

MATERIAL	Espesor	Densidad	Conductividad térmica	Calor específico	Capacidad de almacenamiento térmico
	mm	Kg/m ³	W/mK	kJ/kgK	kJ/m ² K
Hormigón	120	2400	2,1m1	0,864	248
Ladrillo	120	1800	,6	1,000	216
Agua	120	1000	,58	4,186	502
Madera	60	600	1,4	2,1	78

La venta de bebidas gaseosas en 1.996 en todo el país se elevó a 20.665 miles de hl (INDEC, 1997). Asumiendo que el 80% de este volumen se vende en envases de PET, la cantidad de botellas disponibles para utilizar es muy amplia.

El presente trabajo forma parte de una contribución más en el proyecto La Forma, Los

Materiales y el Medio Ambiente, proyecto que se lleva a cabo en el Instituto de Estudios para el Medio Ambiente de la Universidad de Mendoza. En el mismo, se estudia la posibilidad de incorporar envases de bebidas descartables de PET, como elementos de cierre de muros de viviendas con las ventajas mencionadas. Se presenta el estudio constructivo del muro para diferentes soluciones, el estudio térmico comparativo con los mampuestos usuales y se determina su conveniencia de uso en lugares de difícil accesibilidad, pero que poseen una fuente de agua tales como zonas de alta montaña. Además cuando sea necesario contar con un mampuesto de bajo costo.

2. Estudio térmico del material del muro

Tradicionalmente los materiales para otorgar inercia térmica interior a los edificios han sido los materiales macizos. En éstos, la capacidad de almacenamiento depende principalmente de la densidad. La masa (en este contexto también llamada masa térmica), unida al calor específico es una buena medida de la capacidad térmica del material.

g;n embargo, interviene también la conductividad térmica que determina la mayor o menor velocidad con que el calor se almacena en el material. Ahora bien, en un sistema real, la masa disponible para el almacenamiento es generalmente menor que la masa total y el espesor útil queda determinado por la frecuencia con que el almacenamiento se carga y descarga. La variación de la temperatura en el material disminuye a medida que la distancia a la superficie caliente se incrementa, de esta manera, el material gradualmente participa menos en el almacenamiento. Se define entonces el espesor efectivo.

Sobre la base de un período de carga y descarga de 24 hrs., el espesor efectivo de los muros de hormigón se encuentra entre 60 y 120 mm (Mazria, 1979).

El agua, al contrario de los elementos macizos, tiene mayor capacidad de almacenamiento por unidad de volumen. Puede utilizarse en distintos espesores dado su almacenamiento prácticamente isotérmico. Además, las botellas poseen un área de intercambio mayor por la misma forma de la botella, lo que implica una gran capacidad de transmisión de calor que compensa la menor conductividad térmica del PET.

La Tabla I indica las propiedades térmicas de los distintos materiales utilizados en cerramientos. Como puede observarse el hormigón resulta el mejor de los materiales sólidos. En nuestro caso vemos que el agua tiene una capacidad de almacenamiento de energía térmica de más del doble respecto del hormigón.

Se debe tener en cuenta, que la capacidad de almacenamiento de energía térmica para los materiales ordinarios de la construcción y del agua (entre el punto de fusión y el punto de ebullición), es prácticamente independiente de la temperatura.

3. Estudio constructivo

Con el objeto de conocer las dimensiones de cada tipo de botella descartable, se ha estudiado los distintos modelos existentes en el mercado. La cantidad de modelos y formas es muy amplia. Cada marca vende su producto con una forma distinta de botella, pero mantienen los mismos volúmenes que resultan: 350 cm³ en lata, 500 cm³, 1 lt, 1,5 lt, 2 lt y 2,25 lt, estos cuatro últimos casos en botellas de PET.

Tomando en cuenta el volumen promedio de los volúmenes con que se venden las botellas de PET, 1,68 lt / botella, y considerando el volumen anual de bebidas gaseosas producidas, se disponen de 1.224 millones de botellas de PET que se descartan al ambiente por año.

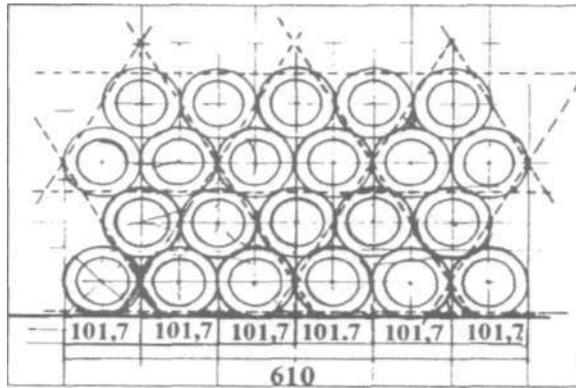


Fig. 1: Esquema de botellas ubicada perpendicular al muro.

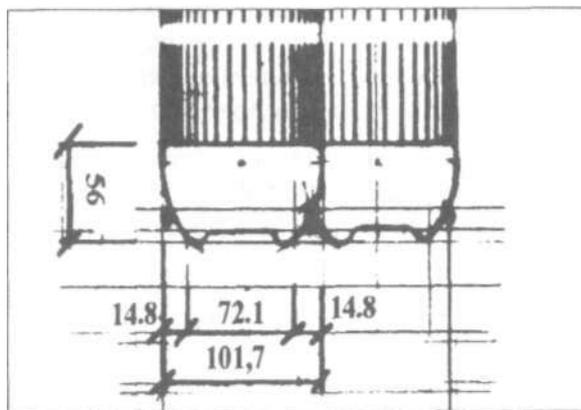


Fig. 2: Vista de la posición del tensor y las dimensiones de las botellas.
REVISTA DE LA UNIVERSIDAD DE MENDOZA

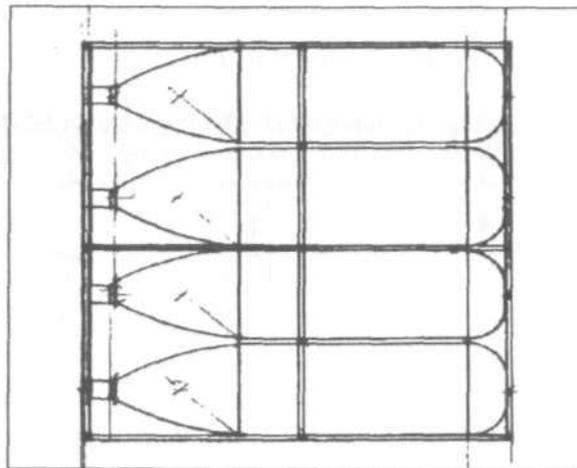


Fig. 3: Corte del dispositivo de canasto para botella horizontal.

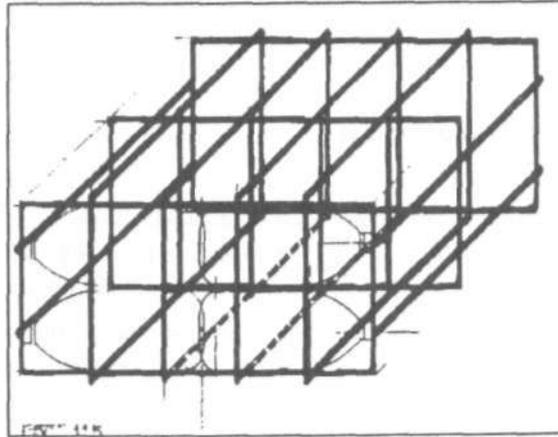
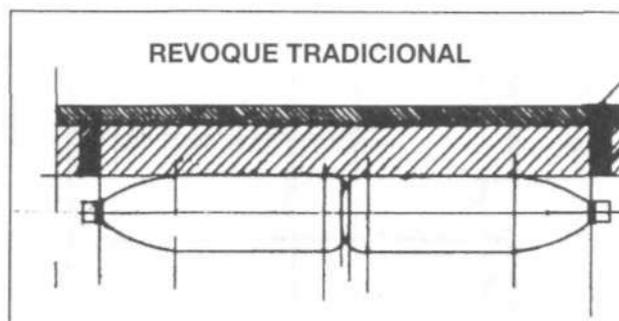


Fig. 4: Sistema de canasto para botellas horizontales. Fig. 5: Esquema del muro con aislación térmica y revoque por el exterior con columnas de una sola botella.



3.1. Conformación del muro

Se ha estudiado el modo de colocar las botellas para conformar el muro y se ha calculado la cantidad de botellas por unidad de superficie en cada caso. Existen fundamentalmente tres modos de apilarlas:

3.1.1. Botella perpendicular a la línea de muro

Este sistema se resuelve apilando las botellas en hiladas trabadas, modulando paños de 1,5 m de longitud, en la figura 1 se muestra un esquema de la posición de las botellas mirando el muro de frente.

La posición de las botellas puede ser todas mirando hacia un mismo lado o alternadas y se ubican dentro de un sistema de malla de hierro de 6 mm de diámetro, tensado en forma horizontal y oblicua según el módulo natural de las botellas y en ambos lados logrando un sistema de empaquetado. En la misma figura 1 se puede observar el esquema de tensado del conjunto. La figura 2 indica un esquema de cómo se ubica del tensor.

3.1.2. Botella ubicada longitudinalmente con respecto a la línea de muro

Este sistema se resuelve conformando paños de pares de botellas trabadas en sus respectivas bases, sujetas por una estructura de elementos rígidos verticales, cada dos botellas, que mantienen el apilamiento hasta altura de dintel. El muro puede estar compuesto por una (figura 5) o dos hiladas de botellas (figura 8).

En el sistema con hilada simple se utilizan 27 botellas por m² y se colocan de acuerdo a como indica las figuras 5, 6 o 7, dependiendo de la terminación exterior. El sistema con hilada doble utiliza 54 botellas por m².

3.1.3. Sistema de canastos

Este sistema consiste en resolver canastos con hierro de 4,2 o 6 mm de diámetro. Estos canastos contienen un grupo determinado de botellas, puede ser 4, 6 u 8. La particularidad de este sistema es que permite armar pilas de canastos con botellas en diferentes posiciones: horizontal o vertical y todas colocadas longitudinales al muro. La figura 3 indica el esquema en corte y la figura 4 en perspectiva.

3.1.4. Distintas alternativas constructivas de cerramiento exterior

Las botellas son semejantes a mampuestos que se colocan de distintos modos, pero en todos los casos, quedan intersticios entre ellas. Se han estudiado diferentes soluciones de cerramientos para resolver los tabiques o muros exteriores, los cuales incluyen la colocación de aislación térmica para tener en cuenta un mejor aprovechamiento de la inercia térmica del muro.

En la figura 5 se indica un esquema del muro con aislación térmica, metal desplegado y revoque de concreto por el exterior. En este caso, las botellas van en posición horizontal y llenas de agua.

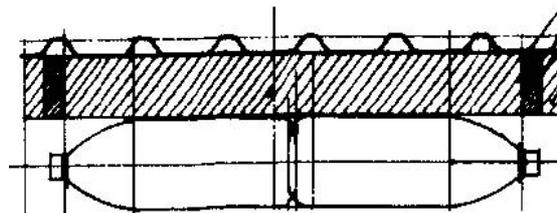


Fig. 6: Esquema del muro con aislación térmica por el exterior.

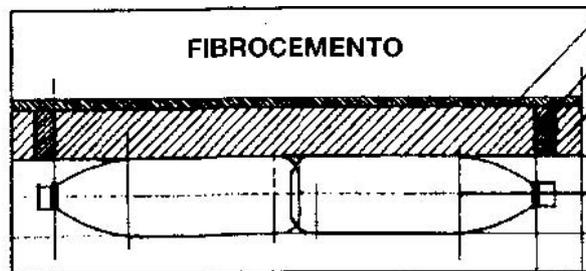


Fig. 7: Esquema del muro con aislación térmica y fibrocemento u otro material (ver texto).

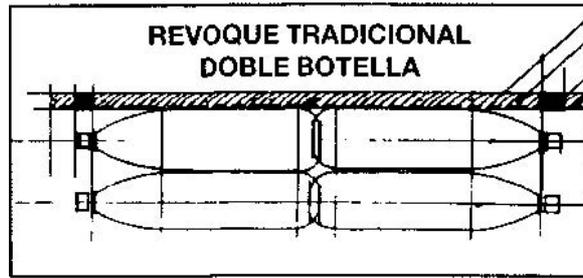


Fig. 8: Esquema de muro con aislamiento térmico y doble muro.

En la figura 6 se indica un esquema de un muro con aislamiento térmico y chapa galvanizada por el exterior conformando un muro más resistente a los ambientes de vientos fuertes.

En la figura 7 se indica un esquema de un muro con materiales distintos de terminación por el exterior, entre los cuales se puede citar: fibrocemento, madera machimbrada u otros materiales nuevos, con desarrollo de fibras especiales tales como el tipo MFV o T-Plac.

En la figura 8 se presenta el esquema en el caso de utilizar una columna de botellas vacías como material aislante de las botellas llenas que se encuentran contiguas a aquellas

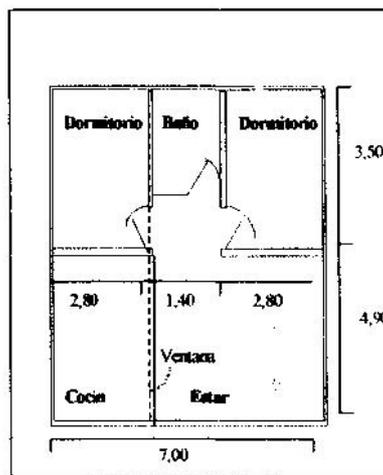


Fig. 9: Planta de la vivienda correspondiente al estudio de caso.

4. Estudio de caso

Con la idea de comparar la situación térmica de la vivienda utilizando los distintos tipos de conformación de muros de botellas con el caso de la mampostería de ladrillo, se realiza un estudio de caso. El mismo se refiere a una vivienda tipo con dos dormitorios como la que se presenta en la figura 9. Se compone del estudio de inercia térmica y de la simulación térmica. La altura del **techo se considera de 3 m** y la ventana alta tiene 0,80 m de altura.

4.1 . Inercia térmica

La inercia térmica de una vivienda se estudia en relación al factor de inercia, calculado de acuerdo a la metodología indicada en Goulding et al, 1994 y se expresa como la relación I entre la masa térmica útil y el área de piso y sus unidades son kg/m .

$$I = \sum_1 (\text{masa térmica muro } i \cdot \text{área muro } i) / (\text{área de piso}) =$$

Para cada muro exterior se debe tener en cuenta la masa térmica útil por unidad de área de muro, teniendo en cuenta las siguientes salvedades: cuando haya una capa específica de aislación térmica entre el muro y el interior (conductividad térmica menor de 0,12 W/mK) no se computa esta parte. Se limita la masa útil a 150 kg/m², es decir, si se descubre una figura mayor, se asume 150 kg/m². Lo mismo vale para el caso del piso.

En el caso de muros internos se toma el total de la masa sin pasar de 300 kg/m² y el área de ambos lados. Se tienen las mismas consideraciones respecto de la capa aislante para los muros exteriores.

En el estudio de caso, se considera una vivienda con paredes exteriores y particiones interiores. Para calcular el factor de inercia, es necesario tener en cuenta las áreas de muros y pisos involucradas. El techo no participa de la acumulación de energía por ser liviano. La figura 9 indica la planta de la vivienda utilizada en el ejemplo.

Muros exteriores: 106,32 m²

Muros interiores: 43,04 m²

Piso: 8,4 m x 7 m = 58,8 m²

La capacidad de acumulación térmica se calcula teniendo en cuenta que la cantidad de botellas necesarias para cubrir 1 m² es de 27 cuando las mismas se encuentran acostadas y unidas por el fondo y colocadas longitudinalmente a la línea del muro. Teniendo en cuenta su volumen (2,25 lts) y el calor específico (4186 J/kg.C), se logra una capacidad térmica de 254.3 kJ/C m² para el muro con botella longitudinal en el que entran 27 botellas por m².

El método relaciona la inercia térmica del muro a la inercia térmica del hormigón, el cual posee 864 J/Kg.C como calor específico, para nuestro caso:

$$254.3 \text{ kJ/C.m}^2 \cdot 1/0,864 \text{ kJ/kg.C} = 294.3 \text{ kg/m}^2 > 150 \text{ kg/m}^2$$

Este valor de 294.3 kg/m² supera el valor máximo indicado por lo tanto se considera para los muros exteriores, 150 kg/m² de masa térmica.

De los muros interiores ambas caras son útiles al momento de determinar I, por lo tanto se considera 294.3 kg/m². El piso en este caso constituido por calcáreo (0,02 m de espesor) y contrapiso de hormigón (0,08 m de espesor), tiene una masa térmica de 210 kg/m² mayor de 150 kg/m², se considera entonces 150 kg/m².

$$106,32 \text{ m}^2 \cdot 150 \text{ kg/m}^2 + 43,04 \text{ m}^2 \cdot 294,3 \text{ kg/m}^2 + 58,8 \text{ m}^2 \cdot 150 \text{ Kg/m}^2 = 37.474 \text{ kg}$$

Superficie de piso: 58,8 m²

$$\text{Factor de inercia } I: 48946 \text{ kg} / 58,8 \text{ m}^2 = 636 \text{ kg/m}^2$$

Esto constituye un edificio de considerable inercia, teniendo en cuenta la escala indicada en Golding et al, 1994, que para edificios de baja inercia $I < 60 \text{ kg/m}^2$, para edificios de media inercia, I se mantiene entre 150 y 400 kg/m² e $I > 400 \text{ kg/m}^2$ para los de alta inercia. Estos valores están en correspondencia con la constante de tiempo que corresponde a 10 hrs., 25 hrs., 50 hrs. y 100 hrs. respectivamente.

En el caso de utilizar botellas transversales la inercia sería aún mayor.

Se demuestra que utilizando cerramientos simples cuyas caras se componen de una sola botella, la inercia alcanzada es de $586 \text{ kg}^{\circ}\text{C}$, es decir, algo menor que si se utiliza mampostería de ladrillo (590 kg/m^2).

4.2. Estudio como muro de agua

El muro conformado de botellas llenas de agua puede también ser utilizado como sistema solar pasivo, cuando se ubique sobre la fachada que mira al Ecuador y de modo de conformar un elemento que permita absorber la energía solar que incide sobre el mismo y acumularla para las horas en que la temperatura baja. Constructivamente, valen las mismas consideraciones que cuando se analizan los muros exteriores, solamente que el revoque se reemplaza por un plano vidriado.

Las ventajas que se logran cuando se utiliza como muro de agua, son similares al muro como masa térmica: el agua almacena más energía que el muro macizo, el almacenamiento se realiza isotérmicamente, esto hace que sea más eficiente la acumulación, por lo tanto, la fracción de ahorro solar manteniendo las mismas condiciones resultará mayor que en un muro trombe macizo de la misma superficie.

El rendimiento dependerá del color con que se pinta la botella, mientras más oscuro es el color, aumenta la absorptividad a la radiación solar y mejorará el rendimiento. Si las botellas no se pintan, aumentará la temperatura interior durante el día, esta puede ser excesiva y terminar sobrecalentando el ambiente. Por lo tanto, se propone pintar solamente los costados, sin pintar el fondo de las mismas, cuando las botellas se coloquen en forma transversal al sentido del muro. En el caso de colocar las botellas en forma longitudinal, podría pintarse algunas, dejando una zona para que penetre la iluminación natural al espacio.

En un trabajo posterior, se pretende realizar experiencias en boxes de ensayo para determinar las variables térmicas y de confort que se tienen en cada caso.

4.3. Simulación térmica

A continuación se presenta el estudio de simulación térmica realizado en la vivienda cuyo lugar de implantación es la Ciudad de Mendoza. Se ha considerado la simulación de varios días iguales del mes de agosto, por ser éste el mes de mayor amplitud térmica. Las medidas y dimensiones se indica en la figura 9.

Se realiza para 3 casos:

- a) Muro de botellas ubicadas longitudinalmente al sentido del muro.
- b) Muro de botellas ubicadas perpendicularmente al mismo, de modo de aumentar más la inercia térmica interior.
- c) Muro de mampostería de ladrillo para comparación de los distintos sistemas.

En la figura 10, se muestra la simulación de la vivienda con muros resueltos con botellas longitudinales al mismo y con aislación térmica por el exterior. Se puede observar que la amplitud térmica exterior de $13 \text{ }^{\circ}\text{C}$, se atenúa a 5°C y no aparecen diferencias de temperatura sensible entre los locales.

En la figura 11 con muros resueltos con botellas transversales y aislación térmica exterior, la amplitud térmica exterior se atenúa a $2,5^{\circ}\text{C}$ por la presencia de mayor inercia.

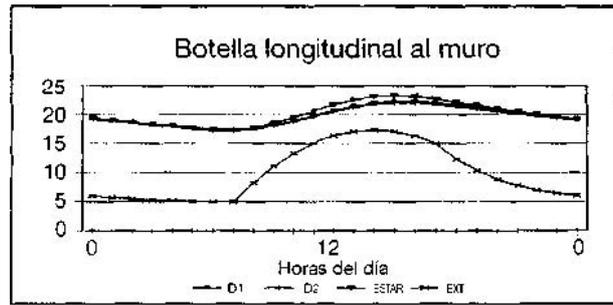


Fig. 10: Simulación vivienda con muros con botellas longitudinales al muro.

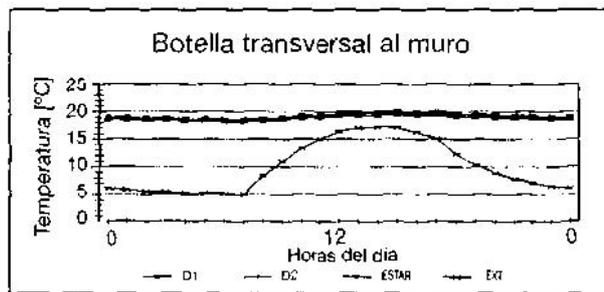


Fig. 11: Simulación vivienda con muros con botellas 1 transversales.

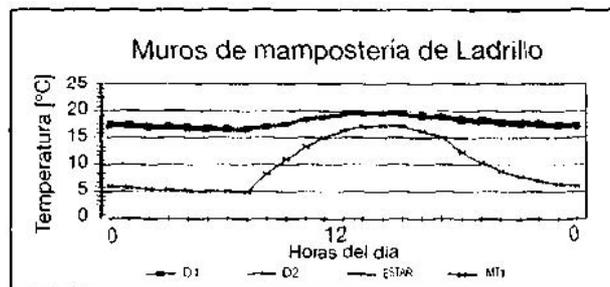


Fig. 12: Simulación vivienda con muros de mampostería de ladrillo.

En la figura 12 aparece el mismo caso pero con muros de mampostería de ladrillo aislados térmicamente por el exterior. Como se observa, la respuesta en este caso es intermedia a los casos a y b. La inercia exterior de 13°C se atenúa en 4°C y con una media de temperatura menor que los casos anteriores.

Como se puede observar, el comportamiento térmico de los muros propuestos resulta semejante al muro de ladrillo cuando quiere construirse una vivienda energéticamente eficiente en climas de alta amplitud térmica.

5. Conclusiones

Se demuestra la viabilidad de utilizar botellas como mampuestos para la construcción de muros o tabiques en viviendas.

El estudio térmico indica una solución inercial superior a la del ladrillo, con importantes ventajas adicionales:

- Elimina residuos del medio ambiente, mejorando el destino final del material a través de su reutilización.
- Facilidad de transporte de los materiales de construcción al realizar el llenado de agua in situ. Esto es especialmente aplicable en viviendas de zonas de montaña o alejadas de los centros en zonas áridas de alta amplitudes térmicas.
- Impacto positivo al medio ambiente que se traduce en tres aspectos fundamentales: una solución a la eliminación de residuos, ahorro energético en la fabricación de otros mampuestos y no degradación del suelo cuya capa fértil se elimina para destinarla como materia prima de los mismos mampuestos (ladrillos).

Cabe destacar que el costo de la botella al utilizarla de este modo, se compone de tres partes: costo de recolección, costo de selección y costo de limpieza. El costo final dependerá de la tasa de captura que es el porcentaje recuperado del total posible. En este sentido se debería realizar un estudio para cuantificar la tasa de captura para mantener el costo bajo, ya que mientras mayor es la misma, menor resultará el costo de la botella.

Referencias

CONSEJO DE INGENIEROS. (1991). Código de Edificación de la Ciudad de Mendoza. Ed. Municipalidad de la Ciudad de Mendoza. Argentina.

DE ROSA C, ESTEVES A., CORTEGOSO J., PATTINI A., VILAPRIÑÓ R. (1988). "*Low Cost Passive Solar Homes Built in a Temperate Arid Climate. Thermal and Economic Evaluation*". Actas de Conferencia VI PLEA. pp. 795-802. Porto, Portugal.
246 ALFREDO ESTEVEZ - DANIEL GELARDI - ALEJANDRO OLIVA

DE ROSA C, ESTEVES A., BASSO M., CORTEGOSO J.L., CANTÓN A., PATTINI A., GUIASOLA M. (1993). "*Solarización de la Escuela Yapeyú, San Carlos. Primeros Resultados*". Actas de la XVI Reunión de Trabajo de ASADES. Tomo II, pp. 1-7. La Plata.

ESTEVES A., FERNANDEZ J.C. (1986). "*Rendimiento Térmico de una Vivienda Solar en Puerto Madryn*". Actas II Congreso Nacional AAPURE. Tomo I, pp. 49-68. Bs. As. Argentina.

GOULDING J.R., OWEN LEWIS J., STEEMERS T.O. (1994). "*Energy in Architecture. The European Passive Solar Handbook*". Reimpresión, pp. 300-301. Ed. B.T Bashford Limited. London.

INDEC. 1997. "*Anuario Estadístico de la República Argentina*". Ministerio de Economía, Obras y Servicios Públicos.

LESINO G., REQUENA R., SARAVIA L, FONTANILLA E., ECHA-ZÚ R. CAVELADA A. (1981). "*Edificios Solares en la Puna: Estado de Avance de su Construcción y Modelización*". Actas de la VII Reunión de Trabajo de ASADES, pp. 138-145. Rosario.

LUND H.F. (1996). "*Manual Mc Graw Hill de Reciclaje*". Ed. Mc. Graw Hill, Madrid, España.

MAZRIA E. (1979). "*The Passive Solar Energy Book*". Capítulos 12, 13 y 14, pp. 145-171. Emmaus. P.A.: Rodale Press .

PÉREZ DE SALAZAR VERA, F. (1989). "*Tecnología de la Arquitectura con Tierra sin cocimiento*". Ed. Univ. Autónoma de México. Fac. de Arquitectura. División de Estudios de Postgrado. México D.F.

PONTE J.R. (1989). "*Mendoza, aquella ciudad de Barro*". Ed. Municipalidad de la Ciudad de Mendoza. Argentina.

TCHOBANOGLIOUS G., THEISEN H., VIGIL S.A. (1994). "*Gestión Integral de Residuos Sólidos*". cap. 15.4 plásticos. Ed. Mc Graw Hill, Madrid, España.