

Tercer Encuentro Académico

SEDATU
SECRETARÍA DE
DESARROLLO AGRARIO,
TERRITORIAL Y URBANO



CONAVI
COMISIÓN NACIONAL
DE VIVIENDA



CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Noviembre 2016

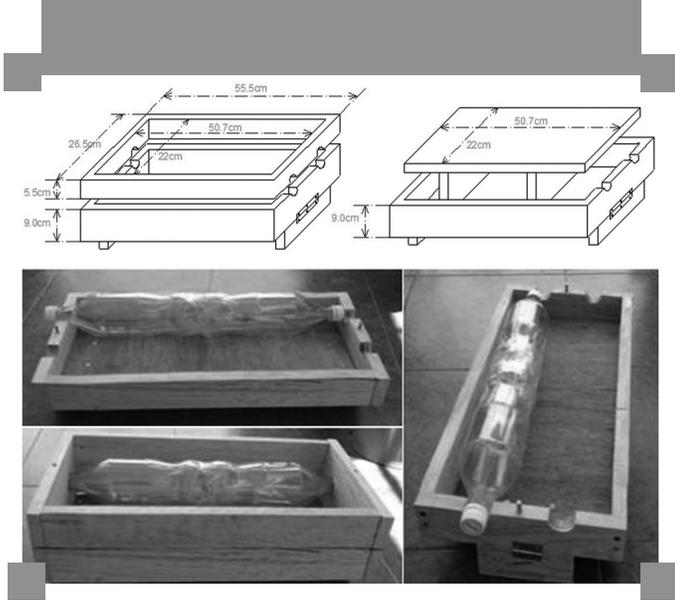


Figura 1

Sistema de cubierta durable y sustentable para viviendas de auto-construcción

Se obtuvo un sistema alternativo de cubierta a partir de un material al que llamamos BOVEPET, sustituto de la bovedilla tradicional, en su interior contiene 4 botellas de PET postconsumo.

A pesar de que se hacen grandes esfuerzos por los gobiernos federal y estatal para dotar de vivienda a la población, a través de diversos programas, no se logra combatir las necesidades de vivienda a nivel nacional. Una alternativa viable para combatir este déficit es la autoconstrucción, pero existen pocos o nulos sistemas y materiales alternativos que la faciliten. Esta carencia se

acentúa en las cubiertas ya que estas exigen un sistema constructivo singular al estar sometidas a solicitudes de flexión, contracción y carga térmica más complejas que en el caso de los muros. Estas condicionantes técnicas se ven agravadas cuando los techos están sometidos a fenómenos naturales, en estos casos, la cubierta juega un papel de especial importancia para prevenir los desastres y asegurar el buen comportamiento de la vivienda.

Planteamiento y desarrollo de la investigación

El proyecto abordó la problemática planteada a través del análisis de diversas opciones para lograr una cubierta segura, sustentable y económica; que además buscara mejorar el confort térmico y redujera los costos. Sin dejar de observar que se buscaba la participación de los beneficiarios (autoconstrucción) y la utilización de materiales de desecho. Una vez establecido que el material de desecho base a utilizar serían las botellas de PET postconsumo, se aplicó la siguiente metodología:

1. Recopilación y consulta de información teórica, para conocer las características del PET, y las necesidades de una vivienda de interés social.
2. Análisis para crear diferentes diseños hasta obtener el que mejor cumple con el propósito de funcionalidad y que pueda ser fabricado de una manera ágil y sin complicaciones técnicas.
3. Fabricación preliminar de diferentes diseños de moldes con las medidas obtenidas para el sistema de cubierta, para conocer las potenciales dificultades o facilidades de la fabricación de las BOVEPET debidas al molde, y lograr hacer más amigable su manipulación.
4. Obtenido el mejor diseño, se hicieron pruebas para seleccionar el material más adecuado para hacer el molde.
5. Se fabricó el molde con el material seleccionado y el diseño final.
6. Acopio y lavado de botellas de Polietileno Tereftalato (PET) que se utilizaron como aislante térmico integral, incluidas las boquillas que funcionan como sustituto de las “cejas” de las bovedillas tradicionales.
7. Obtenido el diseño y material más convenientes, se procedió a fabricar los elementos para el sistema de cubierta en cantidad suficiente para una superficie de cubierta de 36 m².

8. Se realizaron ensayos de laboratorio a las BOVEPETS (establecidas por las normas oficiales mexicanas) a los elementos fabricados, para conocer su comportamiento físico-mecánico. También se realizaron pruebas indirectas de conductividad térmica.

9. Se construyó una cubierta de 36m² con el sistema BOVEPET, en un módulo de vivienda experimental, con la finalidad de probar en campo su funcionalidad durante la construcción y posterior a ella.

10. Se evaluó el sistema propuesto tomando como referencia un sistema de cubierta de vigueta y bovedilla tradicional.

11. Se realizó comparativo de costos de producto terminado (losa de vigueta y bovedilla contra sistema propuesto).

Resultados

Como resultado principal se logró el diseño, fabricación y aplicación de un material alternativo para cubierta que no se encontraba en el estado de la técnica al que llamamos “BOVEPET,” que es un sustituto de la bovedilla tradicional, y que en su interior contiene 4 botellas de PET postconsumo con un arreglo creativo. Las boquillas resaltan fuera de la masa de concreto y hace las veces de “cejas”, para colocar la pieza con facilidad y seguridad en el sistema de cubierta. Resultando ser después de los ensayos y análisis pertinentes, una cubierta, segura, económica y que utiliza materiales de desecho. En el aspecto térmico, si hubo una ganancia en confort, pero marginal, no quedando esta característica como una de sus mejores virtudes, aunque se recomiendan otros ensayos complementarios, ya que los ensayos realizados fueron indirectos y diseñados por los investigadores al no contar con el equipo necesario. A continuación se muestran de manera resumida estos resultados.

Se fabricó un molde que facilitara descimbrar y obtener un elemento con medidas semejantes a los de una bovedilla pero con botellas de PET de 1.0 lt. incorporadas (Figura 1).

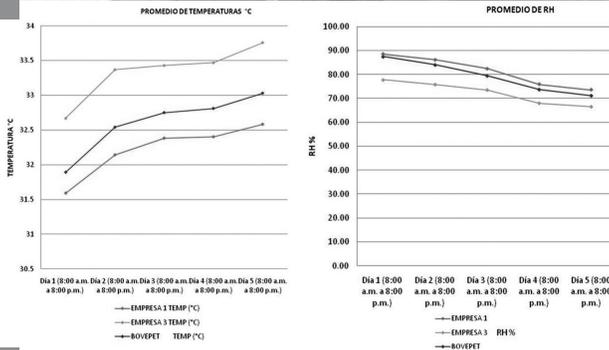
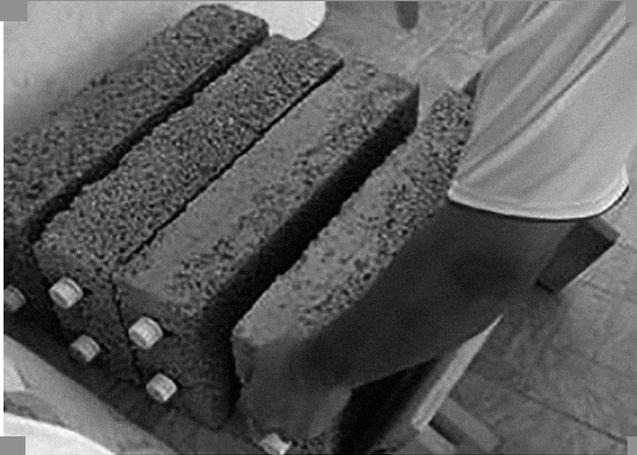


Figura 2 y 3

Para la mezcla de concreto se realizaron cuatro proporciones de arena-gravilla, 4:1, 4:2, 4:3 y 4:4. La mezcla seleccionada inicialmente fue la de proporción 4:2 que presentó un mayor peso volumétrico con 1,606.67 kg/m³. Posteriormente esta proporción fue comparada con las diferentes proporciones utilizadas por las empresas locales para la fabricación de bovedillas. Se tomaron como referencia las bovedillas de la empresa cuyas proporciones en números absolutos eran las más similares a la propuesta planteada. Quedando una proporción de 4:2 para BOVEPET como sigue: cemento: 1.80 kg, agregado fino (polvo): 11.00 kg, gravilla (3/8): 4.50 kg y agua: 2.0 lt. Laas BOVEPETS obtenidas se pueden observar en la figura 2.

En cuanto a las dimensiones y pesos, las BOVEPETS resultaron ser más ligeras y de menor tamaño que las

bovedillas tradicionales. Para la prueba de porcentaje de absorción presentaron el menor porcentaje con 6.14%. En cuanto a la prueba de resistencia a cortante de las boquillas, éstas fueron superiores con respecto al de las empresas 1 y 2, en donde comparadas con el promedio de las tres empresas con 737.49 kg, se obtiene una resistencia a cortante a favor de las BOVEPETS.

En las pruebas de transferencia de calor y relación de humedad se identificó que las bovedillas de la empresa 1 transmitieron menor temperatura al interior que las de la empresa 2, por lo que para determinar el porcentaje de variación se consideró tomar la lectura de estas empresas y comparar con las lecturas promedios de los elementos BOVEPETS y las bovedillas de la empresa 3, los resultados se muestran en la figura 3.

Para el análisis de peso por 1m^2 del sistema de cubierta de vigueta y elementos BOVEPETS se obtuvo que, según sus dimensiones, se necesitan 7.14 elementos, lo que equivale a un peso de 122.09 kg, así mismo el espesor de la losa de compresión de 3 cm con un peso de 72.00 kg, más la vigueta 12-5 con un peso de 34.54 kg, da un total de 228.63 kg/ m^2 , que comparado con la cubierta tradicional de vigueta y bovedilla con un peso de 250.06 kg/ m^2 , queda 8.57% menos pesada. Se buscó un arreglo similar al del sistema tradicional de vigueta y bovedilla para no proponer un cambio cultural abrupto y contar con la aceptabilidad del usuario final.

El análisis de costos por 1m^2 del sistema de cubierta BOVEPET fue de \$203.99, y para el sistema tradicional fue de \$220.28. Lo cual indica que el sistema con BOVEPETS es 7.39% más económico. Sin embargo el precio comercial para las bovedillas locales es de \$14.00 y fuera de la ciudad cuestan \$16.00, las cuales incrementan su valor debido al traslado y los canales de distribución. Por lo que se puede considerar que el

precio de la BOVEPET es 32.85 % más económico que el precio de una bovedilla en valor de producción, y al ser un elemento que se puede autoconstruir se ahorra en costos de traslado hasta las poblaciones rurales.

Potencial de aprovechamiento para el sector de la vivienda

El beneficio potencial del proyecto se encuadra en lo social y el aspecto económico, al contar el potencial beneficiario con una alternativa de contar con un “techo” para su casa en la cual él pueda participar directamente, haciendo aún más suya la idea, el esfuerzo y la calidad que finalmente se alcance. Al utilizar métodos participativos en los cuales el gobierno aporte los materiales, las instituciones educativas aporta el conocimiento y asesoría y el usuario su esfuerzo y disposición, trabajando en conjunto este tridente se alcanzarán las metas previstas de contar con una cubierta segura, sustentable, económica y confortable.

Bibliografía

www.itchetumal.edu.mx/posgrado/publicaciones/construccion.cubierta.



José Antonio Domínguez Lepe

Es Ingeniero Civil egresado del Instituto Tecnológico de Chetumal, Maestro en Ingeniería-Construcción por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán desde 1993. Obtuvo el grado científico de Doctor en Ciencias de los materiales en la Facultad de Ingeniería del Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría” de La Habana Cuba

en el 2006. Desde 1993 es Profesor Investigador en el Instituto Tecnológico de Chetumal. Su principal línea de investigación es la de “Tecnologías sustentables aplicables a la construcción”, es autor de múltiples artículos en revistas de prestigio y ponente en congresos nacionales e internacionales.