

ESTUDIO TÉCNICO PARA EL USO DE PANELES DE CONCRETO LIGERO DE EPS RECICLADO PARA SISTEMAS DE LOSA

A TECHNICAL STUDY OF RECYCLED EPS LIGHTWEIGHT
CONCRETE PANELS USED IN ROOF SYSTEMS

—

Francisco Alberto Alonso Farrera
alfa@unach.mx

José Ernesto Castellanos Castellanos

Juan José Cruz Solís

Alexander López González

José Francisco Grajales Marín

Iveth Adriana Samayoa Aquino

FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS, MÉXICO



Para citar este artículo:

Alonso Farrera, F. A., Castellanos Castellanos, J. E., Cruz Solís, J. J., López González, A., Grajales Marín, J. F., & Samayoa Aquino, I. A. (2020). Estudio técnico para el uso de paneles de concreto ligero de eps reciclado para sistemas de losa. *ESPACIO I+D, INNOVACIÓN MÁS DESARROLLO*, 9(24). <https://doi.org/10.31644/IMASD.24.2020.a05>

RESUMEN

En este artículo se presenta el estudio técnico para conocer la resistencia a flexión y compresión de un prototipo de panel de concreto ligero para la construcción de losas de viviendas unifamiliares modulares. Se utiliza como material aligerante Poliestireno Expandido (EPS) reciclado. Se realizaron ensayos a compresión, flexión y carga, para conocer la resistencia del concreto y del panel. Los resultados obtenidos demuestran que este tipo de paneles cumplen con los requerimientos mínimos para sistemas de losas aligeradas especificados en las normas técnicas.

Palabras Clave

Paneles, EPS, Concreto Ligero.

— *Abstract*—

This article presents a technical studio of a lightweight concrete panel prototype for the construction of modular single-family home. The compressive and flexural strength of the panel is studied. Expanded polystyrene (EPS) recycled is used as lightweight material. Compression, flexion and load tests were carried out to determine the strength of the concrete and the panel. The results obtained show that this type of panel meets the minimum requirements for lightweight slab systems specified in the Mexican technical standards.

Keywords

Panels, EPS, Lightweight concrete.

Los problemas ambientales ocupan la agenda internacional, entre los que destacan la contaminación del agua y degradación del suelo; siendo el Poliestireno Expandido (EPS) uno de los materiales que más contamina el agua y suelo, esto debido a que se producen en grandes cantidades para empaques de electrodomésticos, equipos de cómputo, etc., propiciando el deterioro de las características de estos recursos. El EPS se convierte en un material con un potencial altamente aprovechable, especialmente para la industria de la construcción, misma que ya abarca un gran espacio como material aligerante para losas de concreto, aislante térmico y acústico por mencionar solo algunos, sin embargo, no hay gran campo de acción para éste como un agregado verdaderamente funcional para concretos estructurales, que soporten grandes cargas, debido a sus pobres propiedades mecánicas, además, existen aún menos estudios que nos hablen de cómo utilizar los desechos producidos por el EPS (López, 2013).

En México existe un tipo de vivienda llamada de “Interés social”, que está consignada a grupos de personas con escasos recursos económicos. Estas viviendas de interés social son construidas en serie; tienen un área aproximada que varía de 30 hasta los 80 metros cuadrados, con diseños estructurales y arquitectónicos parecidos entre sí, basados en las condiciones mínimas del reglamento de construcción vigente en la zona (Trujillo *et al.*, 2010). Sin embargo, existen prototipos de viviendas en zonas marginadas que son diseñadas para soportar sistemas de losa a base de láminas, madera o tejas de barro, que, con el paso del tiempo, los propietarios cambian a losas de concreto reforzado, aumentando el peso que puede soportar dicha vivienda.

Se han propuesto diferentes tipos de viviendas, dentro de las cuáles se encuentran las de tipo modular. Jiménez (2012), describe que una vivienda modular es aquella construida de manera industrial, con la característica de que pueden ensamblarse la mayor parte de sus elementos y solo necesita ser ubicada en un espacio para su correcta organización. Este tipo de vivienda puede tener una o varias secciones, siendo las losas aligeradas uno de los principales sistemas de losa que se usan en este tipo de viviendas.

Desde su aparición, el concreto ligero se ha obtenido mediante diversas metodologías, entre las que se pueden mencionar el uso de espumas ligeras o el remplazo total y parcial de los agregados convencionales por agregados de baja densidad (Liu y Chen, 2014). Es evidente que el uso del EPS en la construcción no es nuevo, sin embargo lo que se pretende es implementar el EPS reciclado en sustitución del agregado grueso y con ello proporcionar mayor ligereza a los paneles para muros de carga y losas en viviendas y al mismo tiempo, reducir los desechos que el EPS produce. Existen diversos artículos donde se describe cómo se ha intentado hacerlo, con resultados poco satisfactorios desde el punto de vista de la resistencia.

El objetivo del proyecto es proponer un prototipo de panel de concreto ligero con agregados reciclados que puedan ser usados como sistemas de piso (losas) que pueda sustituir al sistema de vigueta y bovedilla, con un mejor desempeño tanto a compresión como flexión, para emplearse en viviendas modulares (Figura 1).

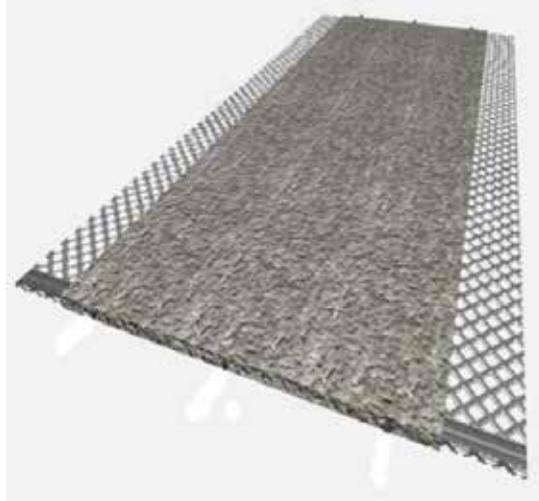


Figura 1. Prototipo de panel reciclado. Fuente: Elaboración propia

ANTECEDENTES

En los últimos años, en el laboratorio de Tecnología del Concreto de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chiapas, se han desarrollado estudios referentes al uso del EPS para ser utilizado como material ligero en la elaboración de morteros y concretos.

Ocaña y Zea (2016), presentan un estudio en el cual se propone el uso del EPS triturado, en forma de perlitas, para ser usado como aligerante en el concreto ligero, proponiendo usar placas de concreto ligero con dimensiones de 122*60*8 cms, como elementos modulares para construir viviendas. En este estudio se obtuvo un concreto ligero con un peso volumétrico de 1,100 kg/m³, con muy baja resistencia a la compresión, como se muestra en la Figura 2.

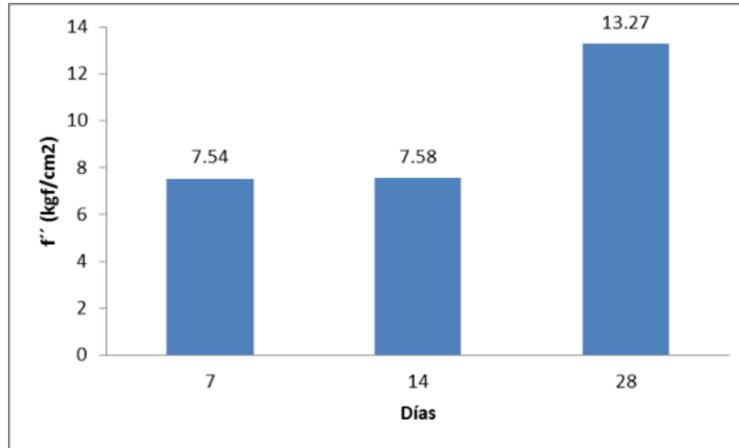


Figura 2. Resistencia promedio de la dosificación empleada. Fuente: Ocaña y Zea (2016)

Romero y Laguna (2017), presentan una modificación; a la dosificación y al tipo de paneles empleados por Ocaña y Zea (2016), que permitiera un mejor ensamble entre ellos y con mejores propiedades mecánicas, lo que se muestra en las figuras 3, 4 y 5.



Figura 3. Prototipo de panel de concreto reciclado de 110*60*5 cms, con una ceja de 10*2 cms. Fuente: Romero y Laguna (2017)

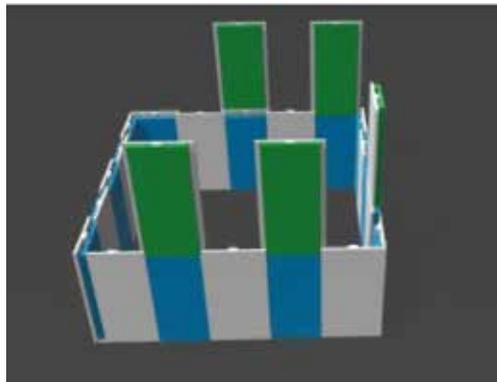


Figura 4. Propuesta de ensamblaje en vivienda modular. Fuente: Romero y Laguna (2017)

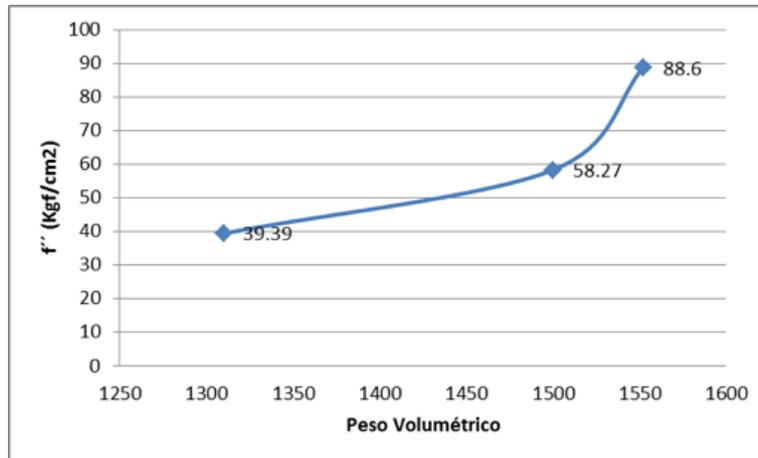


Figura 5. Relación resistencia a compresión- peso volumétrico a edad de 28 días. Fuente: Romero y Laguna (2017)

Como se puede observar, la dosificación con un peso volumétrico de 1,550 kg/m³, dio la mayor resistencia a compresión.

En Albores (2017), se presenta el estudio de especímenes de concreto ligero para ser usados como bovedillas, con espesores mayores a los que se usaron en los dos estudios anteriores, usando las mismas dosificaciones que propusieron Romero y Laguna (2017), obteniendo los mismos resistencias a compresión. Los ensayos a flexión realizados a las bovedillas de 60*60*7 cms se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1

Resultados promedio obtenidos en los ensayos a flexión

Especimen (60*60*7 cms)	Peso (kg)	Carga (kgf)	Resistencia (kgf/cm ²)
E1 sin malla	66.80	899	15.29
E2 con malla	66.67	1183	20.15
E3 con malla	66.92	1293	21.99

Fuente: Albores (2017)

Por lo anterior, en este artículo se presenta el estudio técnico a compresión y flexión de una propuesta de placa de concreto ligero con medida de 110*60*4 cms reforzada con malla de gallinero, como se muestra en la figura 6, ensamblado como se muestra en la figura 7, para obtener una vivienda modular de acuerdo al proyecto arquitectónico que se presenta en la figura 8.

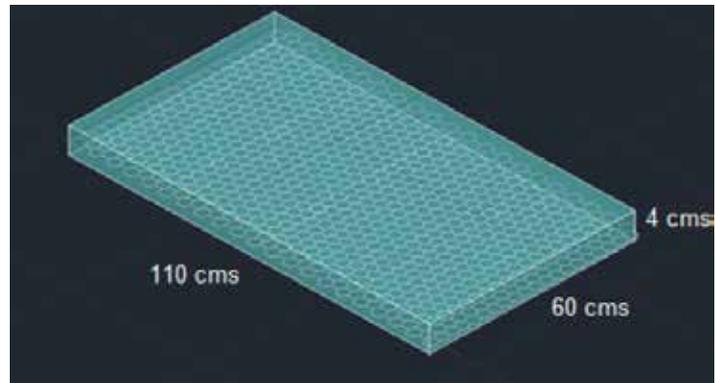


Figura 6. Prototipo de placa de concreto ligero. Fuente: Elaboración Propia



Figura 7. Propuesta de ensamblaje de los paneles. Fuente: Elaboración Propia



Figura 8. Vivienda modular. Fuente: Elaboración Propia

DESARROLLO DEL ESTUDIO TÉCNICO

A continuación, se presentan las etapas realizadas para alcanzar los objetivos específicos planteados en este proyecto:

- **Recolección de poliestireno expandido:** Se procedió a la recolección de desechos de EPS.
- **Selección:** De los desechos de EPS recolectados, se seleccionaron los ejemplares en mejor estado y de mayor diámetro de partículas. Debido a que existen características que hace diferente un EPS de otro, es decir el EPS producto de los embalajes tiene un diámetro de partícula más grande que el de los recipientes desechables, además del diferente grado de compactación de las piezas y la cohesión de sus partículas; por lo tanto, se eligió únicamente el unigel producto de embalaje, ya que para triturarlo este es mucho más fácil.
- **Trituración:** Una vez seleccionado el EPS se procedió a la trituración por medios mecánicos, usando el material que pasara por la malla número 10 (2 mm).
- **Diseño de la mezcla de concreto ligero:** Para la realización de las dosificaciones se tomó como base la de un concreto con resistencia de 150 kgf/cm², de acuerdo a lo establecido por el IMCYC (2011), realizando los ajustes pertinentes, como es el caso de la sustitución del agregado grueso por el de EPS reciclado. Se realizó la caracterización de las propiedades de la arena (Tabla 2 y Figura 9) de acuerdo a lo establecido en las normas NMX-C-073-ONNCCE-2004, NMX-C-077-ONNCCE-1997, NMX-C-165-ONNCCE-2014, NMX-C-166-ONNCCE-2018 y se sustituyó en volumen el agregado grueso por el EPS.

Tabla 2

Caracterización de la arena del banco de Río Santo Domingo

Módulo de finura	2.8
Calificación de las arenas en función del módulo de finura	Arena gruesa
Absorción (%)	6.73
Densidad (kg/dm ³)	2.97
Pasa malla no. 200 (%)	3
Peso volumétrico seco suelto (kg/m ³)	1,502
Peso volumétrico seco compactado (kg/m ³)	1,646

Fuente: Elaboración Propia

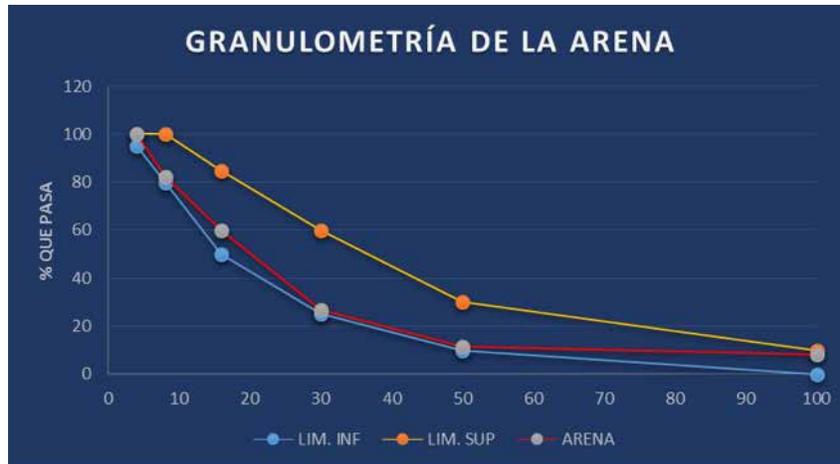


Figura 9. Curva granulométrica de la arena del banco Santo Domingo. Fuente: Elaboración Propia

- **Elaboración y Ensayo de especímenes a compresión y flexión:** Se elaboraron probetas cilíndricas, para realizar el ensayo a compresión de cada uno de los especímenes, como lo indica la norma NMX-C-159-ONNCCE-2016, los cuales fueron ensayados a los 7, 14 y 28 días respectivamente (Figura 10), apegándose a los procesos de la norma NMX-C-109-ONNCCE-2013 y la nmX-c-083 onncce-2014. Así como la realización de vigas para determinar la resistencia a la flexión del concreto, usando una viga simple con carga en los tercios del claro, conforme a lo establecido en la norma NMX-C-191-ONNCCE-2015 (Figura 11). En ambos casos, se realizaron dos campañas de experimentación, 10 ensayos a compresión y 3 ensayos a flexión por campaña.



Figura 10. Ensayo de cilindros a compresión simple. Fuente: Elaboración Propia



Figura 11. Ensayo de vigas a flexión. Fuente: Elaboración Propia

Elaboración de paneles y ensayo de paneles: Se procedió a la elaboración de paneles ligeros con dimensiones 110*60*4 cms, reforzadas con malla de gallinero (Figura 12), los cuales fueron ensayados mediante la aplicación de cargas cíclicas, para conocer su desempeño a la flexión (Figura 13). Solo se realizó una campaña de experimentación usando 8 paneles de concreto y dos diferentes tipos de malla de gallinero (calibre 22 y 23).



Figura 12. Elaboración del panel. Fuente: Elaboración Propia



Figura 13. Ensayo de carga y descarga. Fuente: Elaboración Propia

ANÁLISIS DE RESULTADOS

En lo referente a la resistencia a la compresión, se realizó la prueba estadística *t* de Student, obteniéndose una media de $f'c=116.93 \text{ kgf/cm}^2$, con una $s = 6.6476$ con un intervalo de confianza IC 95% (113.708, 120.092), obteniéndose un estadístico $t = 76.63$ (Figura 14). Así también, se realizó un estudio de comparación de más de dos muestras (ANOVA de un factor) obteniéndose los resultados que se muestran en la Tabla 3 y en la Figura 15).

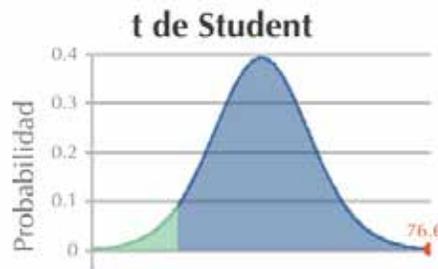


Figura 14. Resultado del estudio *t* de Student. Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3
Resultados ANOVA

Fuente de Variación	Ss	Df	Ms	F
Tratamiento	331.40	3.00	110.4667	3.19996
Error	552.40	16.00	34.5250	
Total	883.80	19.00		

Fuente: Elaboración Propia

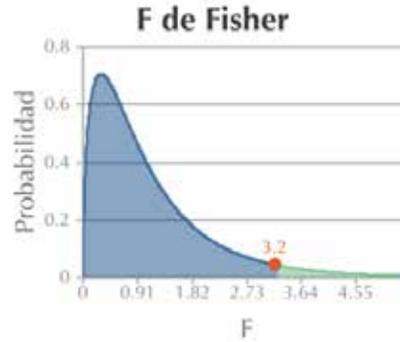


Figura 15. Resultado gráfica F de Fisher. Fuente: Elaboración Propia

Por lo anterior, se considera que se obtuvo una buena resistencia a la compresión, si la comparamos con el peso volumétrico obtenido que fue de 1,650 Kg/m³ en relación con el del concreto convencional que es de 2,200 kg/m³; para un diseño de mezcla propuesta de concreto convencional de $f'c=150$ kgf/cm². En la figura 16 se observan los resultados obtenidos a 7, 14 y 28 días.

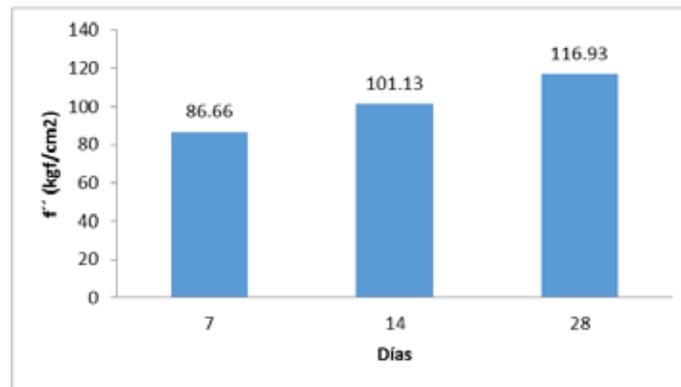


Figura 16. Resistencia a la compresión promedio del concreto ligero. Fuente: Elaboración Propia

En lo referente a la resistencia a flexión, en la Tabla 4 se observan los resultados promedios obtenidos en cada campaña de experimentación, se observa que el uso de EPS con dimensiones menores a 2 mm, mejora la adherencia del concreto obteniéndose un mejor desempeño a flexión.

Tabla 4

Resultados del ensayo a flexión en placas aligeradas

Viga (15*15*50 cms)	Peso (kg)	Carga (kgf)	Resistencia (kgf/cm ²)
VC1	18.70	2,137	28.49
VC2	18.64	2,112	28.16

Fuente: Elaboración Propia

En cuanto a los ensayos de paneles de concreto ligero, el resultado promedio obtenido ante ciclos de carga y descarga de carga viva fue de 300 kg/m², lo cual es mayor a los 190 kg/m² que marca el reglamento de construcciones para sistemas de losa de entrepiso. En las tabla 5 se presentan los resultados promedios obtenidos con la malla de gallinero cal 22 y con la malla cal 23. En las figuras 17 y 18 los resultados de la deformación obtenida en las paneles.

Tabla 5

Resultados obtenidos del ensayo de 3 ciclos de carga y descarga

Muestra	Largo (cm)	Altura (cm)	Ancho (cm)	Peso (kg)	Edad (Días)	Deformación (mm)
Panel Cal. 22	110	3.8	60	46.7	28	0.648
Panel Cal. 23	109	4.0	60	42.5	28	0.456

Fuente: Elaboración Propia

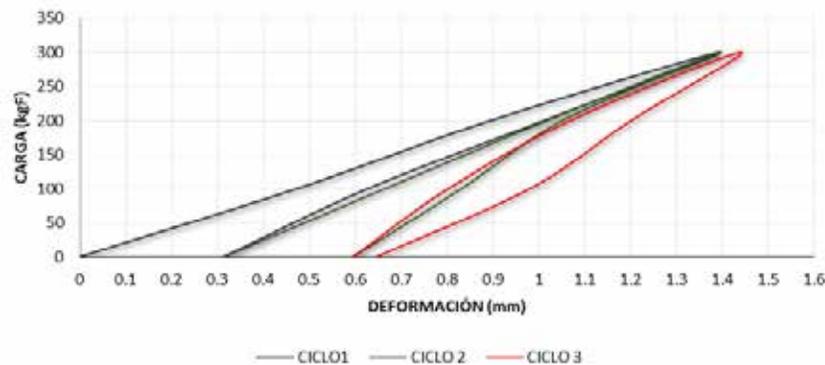


Figura 17. Gráfica del ensayo de carga y descarga de 3 ciclos en panel con malla de gallinero cal. 22.

Fuente: Elaboración Propia

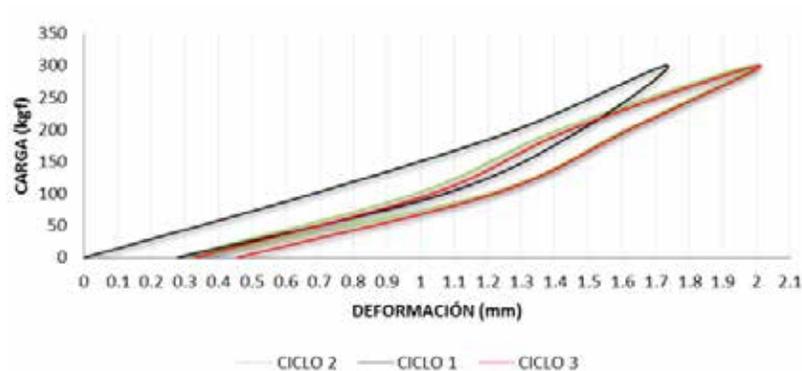


Figura 18. Gráfica del ensayo de carga y descarga de 3 ciclos en panel con malla de gallinero cal. 23.

Fuente: Elaboración Propia

Se puede observar que las deformaciones que se presentan en los paneles están dentro de lo que se establece como deformaciones permisibles en la literatura para elementos de concreto reforzado.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados tanto a los especímenes cilíndricos, vigas y paneles, demuestran que la propuesta de panel elaborado con concreto ligero con EPS, mejora el desempeño del panel a compresión y flexión, debido al uso del EPS en tamaños menores a los que se usaban en los proyectos anteriores, con lo que se obtiene un concreto ligero más homogéneo y con mayor adherencia en sus componentes.

Al obtener mejores prestaciones a compresión y flexión, se puede proponer este panel como elemento de losa para viviendas modulares, garantizando la seguridad y la durabilidad del mismo. En comparación, con el sistema de vigueta y bovedilla, se tiene un ahorro económico al eliminar una vigueta por el tamaño del panel, debido a que la bovedilla comercial es de menor tamaño, y también por usarse EPS reciclado.

La construcción de viviendas modulares usando paneles ligeros es una solución ecológica debido a que se usa uno de los materiales que menos se reciclan en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, así también, al ser elementos ligeros, disminuyen la carga transmitida al suelo, disminuyendo el tamaño de la cimentación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albores, L.** (2017). *Estudio técnico del comportamiento mecánico de bovedillas de concreto ligero. Tesis profesional.* Universidad Autónoma de Chiapas. Diciembre 2017.
- IMCYC** (2011). *Posibilidades del concreto.* Construcción y Tecnología en Concreto, 13. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.
- Jiménez, G.** (2012). *Viviendas prefabricadas modulares con el Sistema Steel Framing para el área metropolitana de la Ciudad de México.* México, D.F.: UNAM.
- Liu N. y Chen, B.** (2014). Experimental study of the influence of EPS particle size on the mechanical properties of EPS lightweight concrete. *Science Direct* , 227 - 232.
- López, M.** (2013). *Evaluación de los procesos de corrosión en concretos aligerados con EPS expuestos en medios simulados y reales. Evaluación de los procesos de corrosión en concretos aligerados con EPS expuestos en medios simulados y reales.* Xalapa, Veracruz, Mexico.
- Ocaña, H. y Zea, F.** (2016). *Aplicación del material poliestireno reciclado en la construcción de muros y losas. Tesis profesional.* Universidad Autónoma de Chiapas. Marzo 2016.
- Romero, L. y Laguna, C.** (2017). *Estudio técnico para la elaboración de paneles de concreto ligero a base de EPS reciclado como agregado grueso para viviendas modulares. Tesis profesional.* Universidad Autónoma de Chiapas. Agosto 2017.
- Trujillo, A. Orduña y Licea, R.** (2010). *Análisis experimental de un sistema constructivo innovador para vivienda económica en zonas sísmicas.*

NORMAS CITADAS

- NMX-C-073-ONNCCE-2004** Industria de la Construcción – Agregados – Masa Volumétrica – Método de Prueba.
- NMX-C-077-ONNCCE-1997** Industria de la Construcción – Agregados para Concreto – Análisis Granulométrico – Método de Prueba.
- NMX-C-083-ONNCCE-2014** Industria de la Construcción – Concreto – Determinación de la Resistencia a la Compresión de Especímenes – Método de Ensayo.
- NMX-C-109-ONNCCE-2013** Industria de la Construcción – Concreto – Cabeceo de Especímenes Cilíndricos.
- NMX-C-159-ONNCCE-2016** Industria de la Construcción – Concreto – Elaboración y Curado de Especímenes de Ensayo.
- NMX-C-165-ONNCCE-2014** Industria de la Construcción – Agregados – Determinación de la Densidad Relativa y Absorción de Agua del Agregado Fino – Método de Prueba.

NMX-C-166-ONNCCE-2018 Industria de la Construcción – Agregados – Contenido de Agua por Secado – Método de Prueba.

NMX-C-191-ONNCCE-2015 Industria de la Construcción – Concreto – Determinación de la Resistencia a Flexión del Concreto Usando una Viga Simple con Carga en los Tercios del Claro.

