

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA PANELES PREFABRICADOS DE BAJO COSTO CON DESECHOS Y ESCOMBROS DE CONSTRUCCIÓN CON POLIESTIRENO EXPANDIDO

METHODOLOGICAL PROPOSAL FOR LOW COST PREFABRICATED PANELS WITH CONSTRUCTION WASTE AND DEBRIS WITH EXPANDED POLYSTYRENE.

Mirian Lomas Franco¹ (mirian.lomasf@ug.edu.ec)

Carmen Terreros de Varela² (cterreros@uees.edu.ec)

Juan Carlos Torres Espinoza³ (juan.torreses@ug.edu.ec)

RESUMEN

En el artículo se describe una propuesta metodológica para paneles prefabricados de bajo costo, con el objetivo de aprovechar los escombros de los elementos estructurales de hormigón, elementos de mampostería como ladrillos y bloques, para combinarlos con poliestireno expandido y producir elementos prefabricados más ligeros y económicos, con mejores propiedades termoacústicas y ecológicas, que pueden utilizarse, especialmente, en el sector residencial. Esto tiene grandes beneficios económicos y ambientales. La dosificación de las mezclas para elaborar el panel prefabricado que se propone en el artículo, fue sometida a pruebas de laboratorio.

PALABRAS CLAVES: Poliestireno expandido, panel prefabricado, áridos reciclados, residuos de construcción y demolición.

ABSTRACT

The article describes a methodological proposal for low cost prefabricated panels, with the objective of taking advantage of the rubble of the structural elements of concrete, masonry elements such as bricks and blocks, to combine them with expanded polystyrene and produce lighter and more economical prefabricated elements, with better thermoacoustic and ecological properties, which can be used, especially in the residential sector. This has great economic and environmental benefits. The dosage of the mixtures to elaborate the prefabricated panel that is proposed in the article, was subjected to laboratory tests.

KEY WORDS: Expanded polystyrene, refabricated panel, recycled aggregates, construction and demolition waste.

El desarrollo acelerado de la humanidad en las últimas décadas ha traído muchos beneficios al ser humano, pero también ha traído graves problemas ecológicos. De modo que la existencia de una industria sostenible y amigable con el medio ambiente se hace cada vez más necesaria, debido a que los niveles de contaminación y basura son

¹ Máster en Tecnologías de Edificación. Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Guayaquil, Ecuador.

² Doctora en Ingeniería Civil. Facultad de Arquitectura e Ingeniería de la Universidad de Especialidades Espíritu Santo, Ecuador.

³ Máster en Tecnologías de Edificación. Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Guayaquil, Ecuador.

muy significativos, llegando a amenazar la vida en el planeta. Es por eso que cada día, más personas toman conciencia de este problema y muchos países, empresas y comunidades, están tomando medidas importantes para reducir la contaminación. Entre las industrias más contaminantes y con mayor cantidad de desperdicios y desechos se encuentra la industria de la construcción, no solo por el proceso y demanda de energía que se requiere para producir los materiales,

La industria de la construcción es uno de los principales sectores contaminantes, debido a la gran cantidad de energía y productos altamente tóxicos que se utilizan en el procesamiento de materia prima y elaboración de materiales para dicha industria (Tam, Soomro & Evangelista, 2018). Las repercusiones de la industria de la construcción afectan de manera directa al medio ambiente, vinculada a los gases de efecto invernadero y tóxicos que afectan los ecosistemas, contaminando los ríos y los océanos.

La contaminación al medio ambiente se produce no solo por la cantidad de desechos que se genera durante la construcción, sino también cuando es necesario demoler las edificaciones. De ahí la necesidad del reciclaje, en este sentido se han realizado investigaciones sobre el uso de áridos reciclados para la elaboración de hormigones para su aplicación en la construcción y se ha demostrado que su reemplazo en diferentes porcentajes en el concreto, no ocasiona la disminución de su resistencia. Yildirim, Meyer & Herfellner (2015) aseguran que hasta en el 25 % de los agregados naturales de piedra triturada no afecta la resistencia, y bien se le podría aplicar en áreas con condiciones de exposición moderada.

Los materiales de construcción como el ladrillo, azulejo y otros cerámicos representan el 54 % de los escombros, el hormigón 12 %, la piedra 5 %, arena grava y otros áridos 4 %; el porcentaje restante lo representan la madera, vidrio, plástico, metales, asfalto, yeso, papel, basura y otros no clasificados (DITELME, 2014). Como consecuencia, son los materiales y subproductos de la industria de la construcción el mayor volumen de desechos y escombros generados en las ciudades. Por ello es evidente la necesidad de desarrollar una arquitectura sostenible, donde se recicle, reutilice y reduzca la mayor cantidad posible de materiales de desecho y escombros (Martínez, 2013).

Descripción de la propuesta metodológica para paneles prefabricados de bajo costo

A continuación se describe cada uno de los elementos, técnicas y dispositivos utilizados para el desarrollo de trabajos experimentales para la preparación de paneles prefabricados a partir de compuertas de desechos reciclados y desechos de construcción y demolición (CDW) con poliestireno expandido (EPS).

Materia prima

Como agregados gruesos en la fabricación de los paneles se utilizaron desechos y escombros de construcción y demolición de la mampostería de bloques de hormigón, ladrillos, así como residuos de elementos estructurales. Se comenzó haciendo varias mezclas, primero, sin aditivos y más tarde con la adición de un aditivo especial.

Dosificación

Una dosis de 1: 3: 3, el volumen corresponde a 1 parte de cemento (12.5 Kg / M³), 3

partes de arena estandarizada (37.5 Kg / M3) y las 3 partes de agregado grueso natural son reemplazadas por 25 kg / M3 de CDW y 12.5 kg / M3 de EPS.



Figura. 1: Dosificación de la mezcla. Fuente: Lomas (2015).

Etapas

- Identificar la materia prima que se obtuvo de la demolición de residuos y escombros de construcción.
- Transformación de la materia prima para la obtención del árido grueso a utilizar en la elaboración del hormigón, caracterizándola física y químicamente.
- Diseño de mezclas de hormigón con RCD combinados con poliestireno expandido para caracterizarlo, sin aditivo y con aditivo, y luego evaluar cuál es la más apropiada en cuanto a resistencia, así como también a la manipulación, traslado, apilamiento y colocación.
- Elaboración de los paneles prefabricados utilizando las mezclas de hormigones con RCD y poliestireno expandido.
- Evaluación de los resultados obtenidos y selección de las mezclas idóneas, no solo en cuanto a resistencia, sino también a aislamiento térmico.
- Elaboración de un análisis comparativo de costos entre los paneles prefabricados que se comercializan en nuestro medio (DITELME) y el nuevo panel RCD con poliestireno expandido.

Se procedió entonces a probar con la dosificación 1:3:3, que corresponde a 1 parte de cemento, 3 partes de arena normalizada y las 3 partes del agregado grueso natural; se las compartió con un 66,66 % de escombros de demoliciones y construcciones, primero en un 100 % y luego de acuerdo a los resultados que se obtuvieron en los diferentes

ensayos se fue disminuyendo, paulatinamente, ese 100% de escombros a un 75, 50 y 25 %.

El otro 33,34 % del agregado grueso natural se lo reemplazó con poliestireno expandido. Este porcentaje si se le mantuvo en todas las combinaciones que se realizaron, pues las características que aporta el poliestireno expandido al hormigón son el aislamiento térmico y acústico, características que tenían que ser aprovechadas en nuestro panel. Para la experimentación se solicitó el apoyo de los laboratorios RUFILLI, ESPOL y CTH, y se comenzó a probar diferentes mezclas para evaluar después cuál era la idónea para ser utilizada para fabricar el panel para pared.

Es necesario recalcar que el material de escombros que se utilizó como materia prima se procedió a triturar manualmente, obteniéndose tamaños entre 4 y 19 mm, aproximadamente, y posteriormente se realizó un ensayo según la Norma ASTM C 39/C39M-01 para la prueba de compresión.



Figura. 2: Ensayo de cilindros a compresión

Fuente: Lomas (2015).

Materiales usados

- Cemento.
- Arena normalizada de canteras calizas Huayco.
- Agua.
- Escombros de ladrillos.
- Escombros de bloques de concreto.
- Escombros de elementos estructurales.
- Poliestireno expandido.
- Aditivo: Polyheed RI-179 en proporción 6 % con respecto al peso del cemento. (incorporado solo a mezclas con aditivos).



Figura. 3: Aditivo: Polyheed RI-179. Fuente: Lomas (2015).

Pruebas realizadas

Se llevaron a cabo pruebas para determinar las propiedades físicas (densidad, durabilidad y absorción) y las propiedades mecánicas (resistencia a la compresión, tracción y flexión) y la conductividad térmica de las mezclas con agregados CDW. Los resultados de estas pruebas se compararon con los de una mezcla de concreto convencional.

Las pruebas físicas que se realizaron en agregados y mezclas son:

- Granulometría del agregado fino. INEN 696 Estándar (ASTM).
- Granulometría del agregado grueso reciclado. Estándar INEN 696 (ASTM).
- Granulometría del agregado grueso natural. Estándar INEN 696 (ASTM).
- Gravedad específica y absorción, tanto de la aglomeración fina como del agregado grueso reciclado.
- Gravedad específica y absorción de agregados gruesos naturales.
- Peso volumétrico suelto del agregado fino.
- Peso unitario suelto del agregado reciclado grueso.
- Peso de la unidad de varilla del agregado grueso reciclado.
- Peso unitario suelto del agregado grueso natural.
- Peso unitario de la varilla de la compuerta agregada natural gruesa reciclada.

Los parámetros que se midieron fueron siguientes:

- Resistencia a la compresión
- Densidad
- Absorción.
- Resistencia a la tracción: se midió por compresión diametral.

- Durabilidad.
- Conductividad térmica.
- Flexión.

Mezclas elaboradas para los ensayos

Mezclas con aditivos:

- Mezcla 1: Cemento + arena + agua + bricks waste + EPS + aditivo.
- Mezcla 2: Cemento + arena + agua + bloques de hormigón de desecho + desperdicio de elementos estructurales + EPS + aditivo.
- Mezcla 3: Cemento + arena + agua + ladrillos de desecho + desperdicio de bloques de hormigón + residuos de elementos estructurales + EPS + aditivo.
- Mezcla 4: Cemento + arena + agua + desperdicio de bloques de hormigón + EPS + aditivo.
- Mezcla 5: Cemento + arena + agua + restos de elementos estructurales + EPS + aditivo.
- Mezcla 6: Cemento + arena + agua + grava + aditivo.

Mezclas sin aditivos:

- Mezcla 1: Cemento + arena + agua + ladrillos de desecho + EPS.
- Mezcla 2: Cemento + arena + agua + desperdicio de bloques de hormigón + desperdicio de elementos estructurales + EPS.
- Mezcla 3: Cemento + arena + agua + desperdicio de ladrillos + desperdicio de bloques de hormigón + desperdicio de elementos estructurales + EPS.
- Mezcla 4: Cemento + arena + agua + desperdicio de bloques de hormigón + EPS.
- Mezcla 5: Cemento + arena + agua + desperdicio de elementos estructurales + EPS.
- Mezcla 6: Cemento + arena + agua + grava.

Los objetivos de las pruebas fueron:

- Determinar la densidad del concreto con agregados reciclados más poliestireno expandido.
- Determinar la resistencia a la compresión, a los 7 y 28 días, de los cilindros preparados con los hormigones; en las pruebas de compresión y tracción por compresión diametral.
- Elaborar mezclas de hormigón con aglomerados gruesos reciclados más EPS y hormigón con aglomerado grueso natural, sin aditivos y con aditivos.
- Elaborar mezclas de concreto con agregados gruesos reciclados más EPS, pero con un porcentaje menor (75 %, 50 % y 25 %) de la cantidad propuesta al principio para el agregado grueso reciclado CDW.

Resultados

Ensayos de la densidad



Figura. 4: Densidades de las mezclas de hormigón con áridos reciclados y poliestireno expandido sin aditivo.

Fuente: Datos del experimento. Elaborado por Lomas (2014).

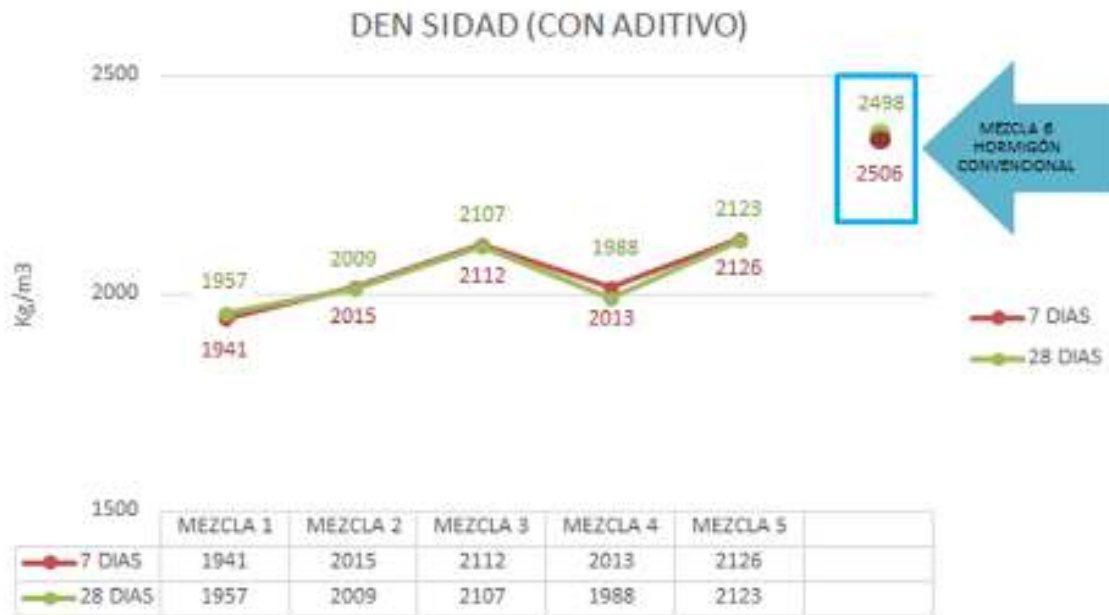


Figura. 5. Densidades de las mezclas de hormigón con áridos reciclados y poliestireno expandido con aditivo.

Fuente: Datos del experimento. Elaborado por Lomas (2014).

Ensayos de compresión

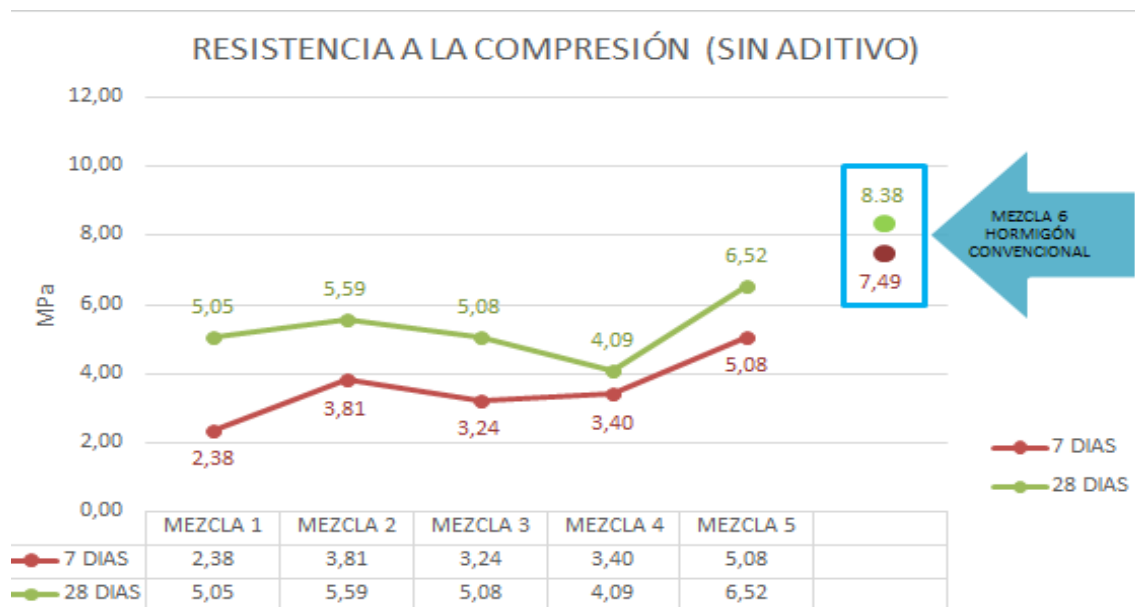


Figura. 6: Resistencia a la compresión de mezclas sin aditivos.

Fuente: Datos del experimento. Elaborado por Lomas (2014).

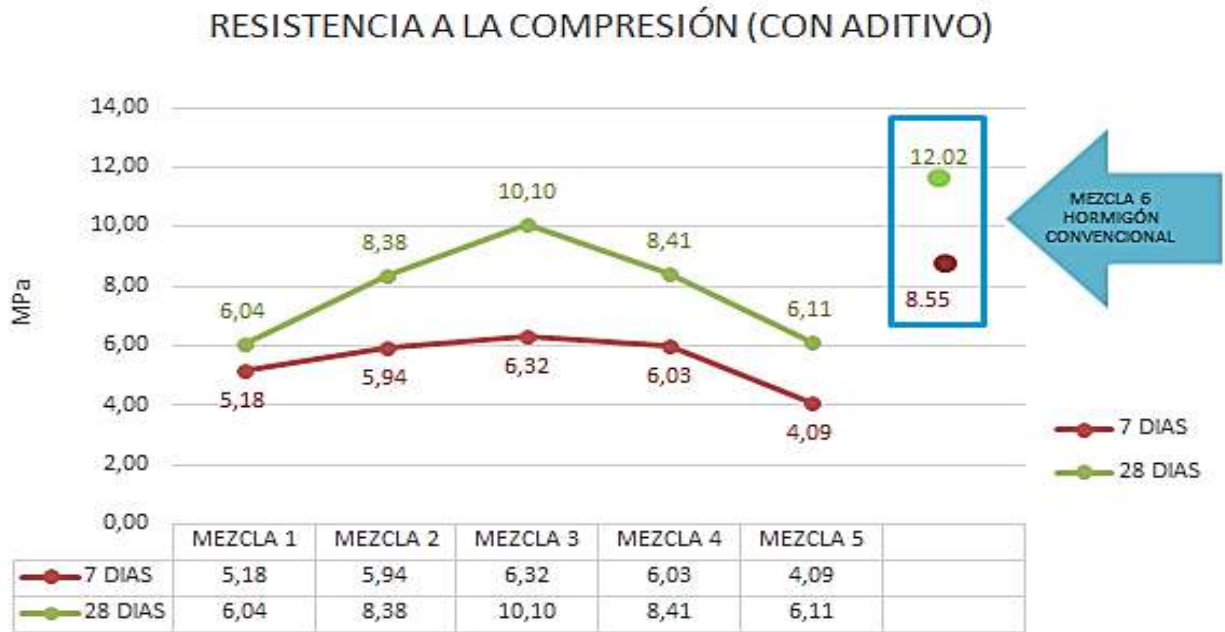


Figura. 7: Resistencia a la compresión de mezclas con aditivo.

Fuente: Datos del experimento. Elaborado por Lomas (2014).

Ensayos de tracción

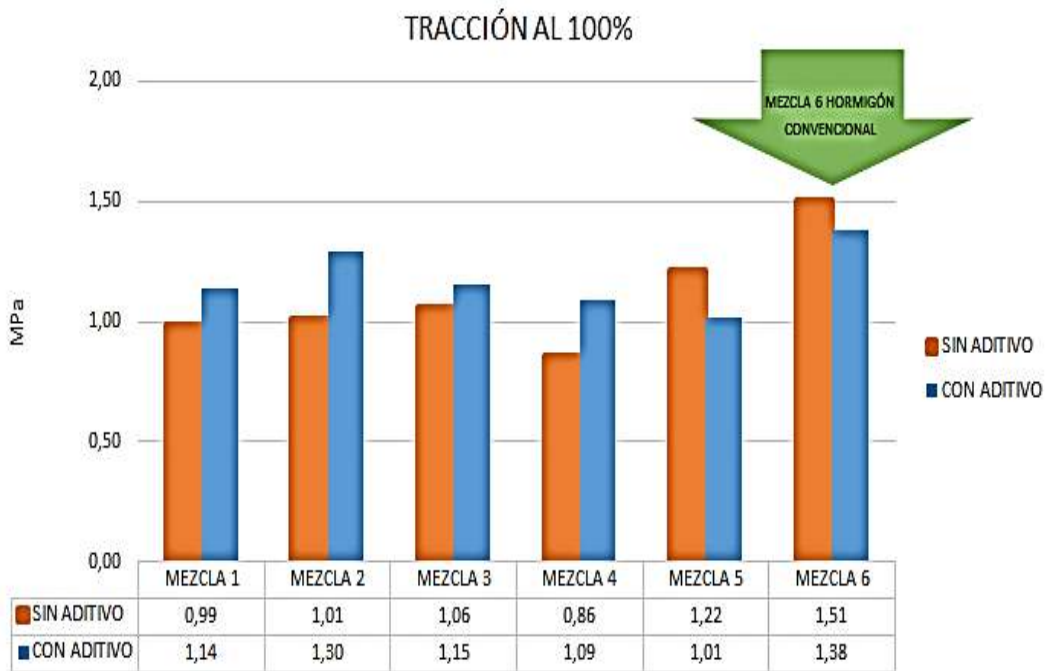


Figura 8: Resumen de ensayos de cilindros de hormigón con áridos gruesos reciclados y poliestireno expandido a la tracción por compresión diametral, de las mezclas al 100 % de escombros sin y con aditivo.

Fuente: Datos del experimento. Elaborado por Lomas (2014).

Ensayos de flexión

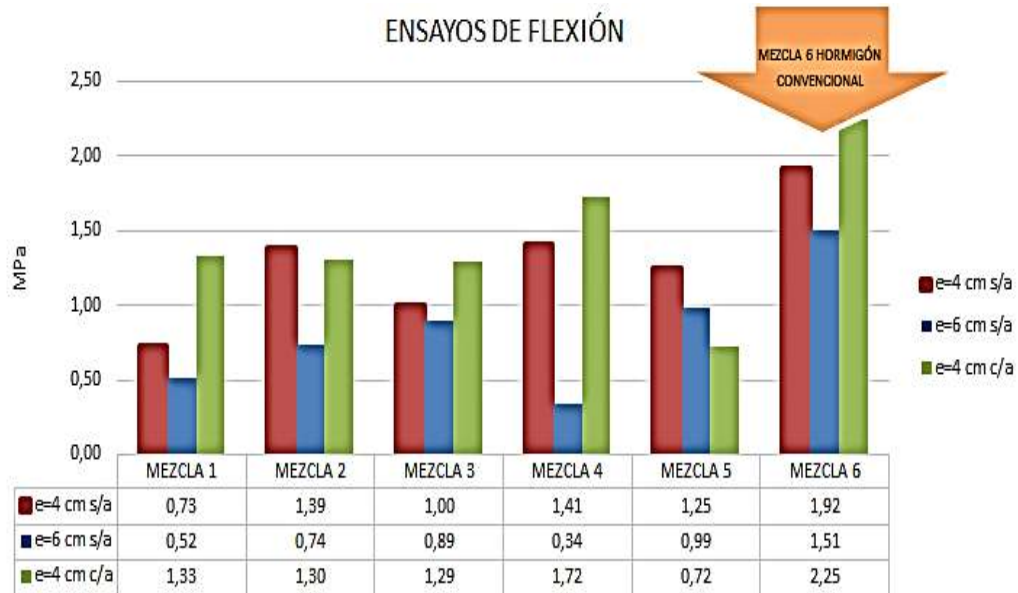


Figura. 9: Resumen de ensayos a flexión en paneles de hormigón con áridos gruesos reciclados y poliestireno expandido de 4 y 6 cm de espesor.

Fuente: Datos del experimento. Elaborado por Lomas (2014).

Ensayos de absorción

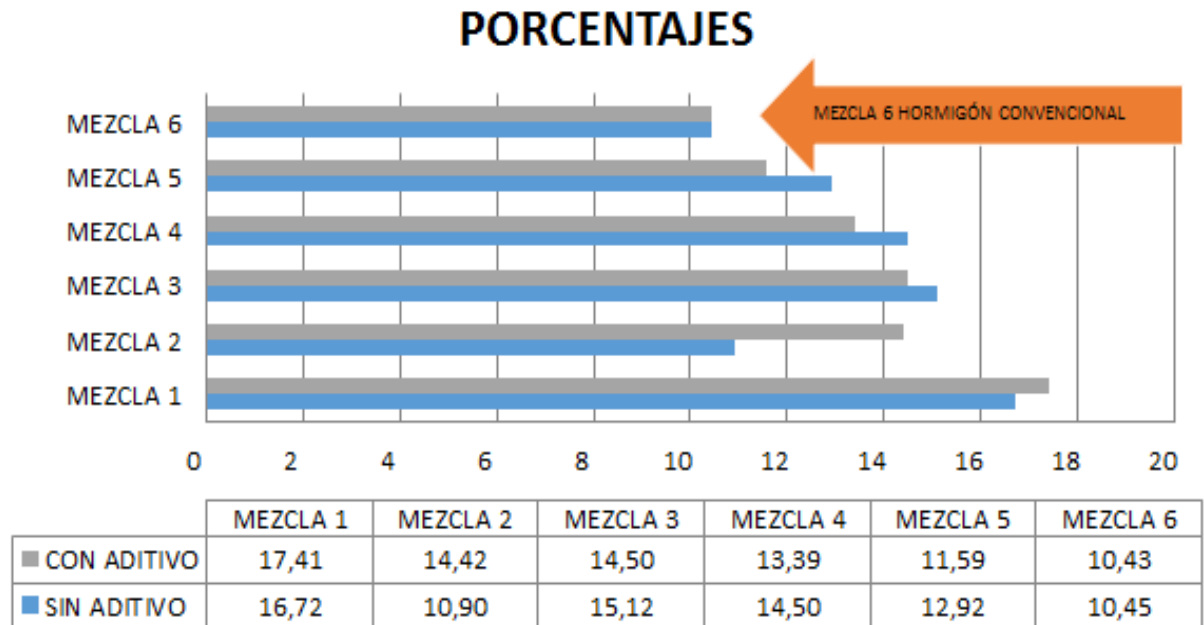


Figura 10: Resumen de resultados de ensayos de absorción en mezclas de hormigones con áridos gruesos reciclados y poliestireno expandido al 100 % de escombros.

Fuente: Datos del experimento. Elaborado por Lomas (2014).

Se constató que a medida que se aumenta la sustitución de árido grueso natural por árido grueso reciclado combinado con poliestireno expandido, la densidad del hormigón aumenta. Para la adecuada utilización de las mezclas se debe hacer un análisis detallado de la granulometría de los áridos gruesos reciclados. Todos los ensayos realizados con los áridos gruesos reciclados combinados con poliestireno expandido fueron correctos y adecuados para su utilización, pues sus características son similares a los áridos convencionales.

Los resultados obtenidos en cuanto a la comprensión y flexión demuestran que el remplazo de los áridos gruesos reciclados combinados con poliestireno expandido alcanza adecuados niveles de resistencia para paneles de pared.

REFERENCIAS

DITELME (2014). *Distribuidora de elementos estructurales*. Recuperado de <http://www.ditelme.com/bodegas-prefabricadas.html>

Lomas, M. (2015). *Uso de escombros, desperdicios y residuos de elementos estructurales de concreto armado y no estructurales de mampostería de bloques y ladrillos, combinados con poliestireno expandido para la elaboración de paneles prefabricados de bajo costo* (tesis de maestría inédita). Universidad de Guayaquil.

Martínez, L. (2013). *Utilización de áridos reciclados para la fabricación de hormigón hidráulico*. Documento inédito.

- Tam, V. W. Y., Soomro, M. & Evangelista, A. C. J. (2018). A review of recycled aggregate in concrete applications (2000–2017). *Construction and Building Materials*. Recovered of <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.03.240>
- Yildirim, S. T., Meyer, C. & Herfellner, S. (2015). Effects of internal curing on the strength, drying shrinkage and freeze-thaw resistance of concrete containing recycled concrete aggregates. *Construction and Building Materials*. Recovered of <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.05.045>