

Determinación de la Resistencia a la Compresión de Morteros Aligerados Elaborados con Nano-compuestos Espumados de Polietileno de Alta Densidad Reciclado y Cemento Portland

Daniel Eden Ramirez Arreola

Universidad de Guadalajara, Autlán de Navarro, Jalisco, México, daniel.ramirez@cucsur.udg.mx

José Antonio Ramírez Morán

Universidad de Guadalajara, Autlán de Navarro, Jalisco, México, jantram@hotmail.com

Alfredo Luna Soto

Universidad de Guadalajara, Autlán de Navarro, Jalisco, México, alfred@cucsur.udg.mx

César Sedano de la Rosa

Universidad de Guadalajara, Autlán de Navarro, Jalisco, México, cesar.sedano@cucsur.udg.mx

Jorge Arturo Pelayo López

Universidad de Guadalajara, Autlán de Navarro, Jalisco, México, jorgep@cucsur.udg.mx

Juan Ricardo Gutierrez Cardona

Universidad de Guadalajara, Autlán de Navarro, Jalisco, México, jcardona@cucsur.udg.mx

Pablo Walter E. Wynter Rodríguez

Universidad de Guadalajara, Autlán de Navarro, Jalisco, México, pablo.wynter@cucsur.udg.mx

Francisco Bernabe Ramos

Universidad de Guadalajara, Autlán de Navarro, Jalisco, México, fbernabe@cucsur.udg.mx

ABSTRACT

This research emanates the issue on conventional mortar development, its aggregates and main characteristics; the possibility of changing the natural aggregates by recycled polymeric material, is introduced. Lightened mortar, its type of light aggregates, and some of their properties are studied, in order to determine how it does keep the characteristics of strength and density. The research develops the use of high density polyethylene (HDPE) recycled, to manufacture a foamed product, which is to be included as aggregate in a blend to lighten mortars; this aggregate will gradually be replacing the natural aggregate. The density of the mortar is expected to decrease thermal insulation. Six different specimens are designed to complete the essay, and to determine the aggregate amount at which this lightweight mortar preserves its suitable characteristics of strength, and density. A control sample is developed to analyze, and to examine along with the light specimens; five samples with percentages at 18%, 36%, 54%, 72%, and 100% foamed HDPE waste aggregate, are designed. This process is repeated to four different foamed PEAD products with Azodicarbonamide formulation, which include Montmorillonite at 0%, 0.5%, 1%, and 1.5%.

Keywords: Foam, mortar, polyethylene, recycled.

RESUMEN

En el presente estudio se plantea la elaboración de morteros aligerados sustituyendo los agregados naturales, por material polimérico reciclado. Se profundiza en el análisis de los morteros aligerados y las clases de árido ligero que contienen para determinar la preservación de sus características de resistencia y densidad. La presente

investigación aborda la utilización de polietileno de alta densidad (PEAD) reciclado, en la obtención de un producto espumado; el cual se incluye como agregado para aligerar morteros, sustituyendo sistemáticamente la cantidad de agregado árido. De esta manera se reduce la densidad del mortero y se puede mejorar el aislamiento térmico. Se elaboraron especímenes de control para compararlos con cinco muestras con porcentajes de 18%, 36%, 54%, 72% y 100% de agregado de desecho PEAD espumado; las muestras, a su vez, se repiten a cuatro diferentes productos de PEAD espumado con Azodicarbonamida, los cuales contienen 0%, 0.5%, 1% y 1.5% de Montmorillonita. Los resultados muestran que es posible la utilización de materiales poliméricos de desecho, en la elaboración de morteros aligerados.

Palabras claves: Espumado, mortero, polietileno, reciclado.

1. INTRODUCCIÓN

Los termoplásticos, son una de las innovaciones más significativas del siglo XX, son materiales ubicuos. En años recientes se ha observado un crecimiento sustancial en el consumo de termoplásticos por todo el mundo, lo cual también aumenta la producción de desechos relacionados con él.

Los desechos plásticos también contienen elementos tóxicos especialmente cadmio y plomo, los cuales se pueden mezclar con agua de lluvia contaminando suelo y agua. Son una amenaza ambiental para la civilización moderna. Los rellenos sanitarios de termoplásticos también son peligrosos dado su bajo ritmo de degradación y volumen natural. Por ser un material no biodegradable, el depositarlo en vertederos, podría significar la preservación eterna del mismo. Los peligros que poseen los termoplásticos son numerosos. Podrían bloquear el alcantarillado de una ciudad, lo cual sería una excelente fuente causal de enfermedades, además de las causadas por la inundación misma. La basura de termoplásticos puede reducir el flujo de agua de lluvia hacia el subsuelo y causar, al mismo tiempo, un deterioro de la fertilidad del suelo, si se mezcla con él. Al verter desechos plásticos en los arroyos, ríos y mares se contamina el agua y la vida marina. Los animales acuáticos pueden consumirlo y dañar su salud (Saikia y Brito, 2012).

El crecimiento sustancial en el consumo de plástico ha dado lugar a la acumulación masiva de basura. Existe un gran almacenamiento de basura de desechos poliméricos en los océanos. El gran parche de basura del Pacífico se forma principalmente de desechos plásticos y se cree que constituye un 90% de todo lo que flota en los océanos. El Programa Medioambiental de las Naciones Unidas estimó en 2006 que cada milla cuadrada de océano contiene 46,000 piezas de plástico flotante. Más de un millón de aves marinas y cien mil mamíferos marinos mueren cada año luego de digerir o llegar a enredarse con basura plástica. La amenaza de los desechos plásticos aumenta indefinidamente. Muchos países han restringido el uso de bolsas plásticas y muchos otros están en proceso de hacerlo (Castañeda et al., 2005).

El reciclaje de plásticos es una posible opción. Un plástico es un material orgánico con base hidro-carbono, por su alto valor calorífico, se puede usar para incineración o en procesos donde se requieran altas temperaturas. No obstante, durante la combustión de los polímeros se liberan diferentes compuestos volátiles nocivos para el medio ambiente (Saikia y Brito, 2012).

El desecho de poliestireno (PS) ha llegado a ser muy preocupante. Por otro lado los agregados naturales tienen problemas de sostenimiento de sus recursos. Para reducir la dependencia en agregados ligeros naturales, ya que son limitados en su distribución geográfica, se han conducido muchas investigaciones en la producción de nuevos tipos de agregados ligeros, especialmente de materiales de desecho (Saikia y Brito, 2012).

La ligereza del poli estireno (PS) es la mejor ventaja al producir agregado liviano. El mortero aligerado reduce los costos en la edificación, facilita la construcción y tiene la ventaja de ser relativamente una edificación con material verde (Saikia y Brito, 2012).

Algunos trabajos han intentado resolver algunos problemas sobre residuos sólidos elaborados con desechos de plástico y concreto de demolición. Se han evaluado las propiedades mecánicas del concreto adicionado con polímero, particularmente las del concreto elaborado con resina de poliéster no saturada de desecho plástico de poli(tereftalato de etileno) (PET) y agregados de concreto reciclado. En dicho estudio se midió la resistencia a esfuerzos de los compuestos de ácido y álcali del polímero, variando los porcentajes de agregados gruesos y finos, con el contenido de resina (Jo et al., 2007).

Se han realizado investigaciones sobre el comportamiento del concreto cuando se le añade plástico. En algunos casos, este plástico es añadido como aditivo, de manera química, lo cual no es lo que se pretende estudiar en esta investigación. Sin embargo, es importante conocer que existen estos métodos para utilizar el plástico reciclado. Se ha encontrado en estudios recientes, plástico reciclado de botellas como aditivos en el hormigón. Este plástico tiene el nombre técnico de poli(tereftalato de etileno) (PET), y al descomponerlo químicamente se obtienen nuevas cadenas, llamadas poliéster no saturado. La característica de esta es que hace que todas las cadenas puedan unirse formando una red. Si esta matriz es rellena con arena o grava, el producto obtenido es un concreto cuyo aglutinante es un polímero (Del Río et al., 2005).

Durante las últimas dos décadas se han realizado varios estudios acerca de la utilización de desechos de polietileno en concretos y morteros; el polietileno ha sido utilizado como agregado en estos materiales como fibra de refuerzo. Se reportó una mejora en el aislamiento térmico de concretos y morteros producidos usando polietileno y hule de llantas (Yesilata et al., 2009; Choi et al., 2005).

En el presente estudio, se plantea la utilización de espumas de nanocompuestos de polietileno de alta densidad/montmorillonita, para reemplazar los agregados pétreos en morteros aligerados.

2. METODOLOGÍA

2.1 MATERIALES

Los materiales empleados en la elaboración de los especímenes con polímero de desecho de PEAD espumado fueron: cemento Portland marca Tolteca denominado también Cemento Compuesto Tipo Portland; arena silícea, obtenida de bancos de materiales, en ríos cercanos a la costa de Jalisco; polietileno de alta densidad (PEAD) recaudado en el centro de acopio municipal de Autlán, Jalisco; montmorillonita Cloisite 15A, obtenida de Southern Clay Co.; y azodicarbonamida, proveída por Aldrich Chemical Co.

2.2 PROCEDIMIENTOS

OBTENCION DEL ESPUMADO

Previamente se recolectó el polietileno de alta densidad (PEAD), el cual fue encontrado en envases de leche y jugo, en el Centro de Acopio Municipal de Autlán Jalisco. A continuación se trituraron los recipientes en un molino para polímero, marca ESVE modelo 80/80D, hasta reducir el material a un tamaño de 3/8 de pulgada, para facilitar su manejo durante el resto del proceso. Después se lavó el material con detergente, se escurrió y se dispuso al sol, para su secado. En un extrusor de doble husillo figura 1, marca Leistritz, modelo Micro 26 GL/GG-36D, se mezcló el polietileno de alta densidad reciclado con montmorillonita como fase dispersa al 0%, 0.5%, 1% y 1.5% en peso, adicionando 1% de ACA y 0.1% de óxido de Zinc (ZnO) y se obtuvo un material espumado.



Figura 1: Extrusor de doble husillo marca Leistritz, modelo Micro 26 GL/GG-36D.

ELABORACION DE LOS ESPECIMENES

Para la elaboración y prueba de resistencia a la compresión de los especímenes de prueba, se utilizó PEAD espumado, como sustituto de los áridos (arena) en diferentes porcentajes. De acuerdo a los estándares de las pruebas ASTM C109 y C109M, Método de prueba estándar para la elaboración de especímenes cúbicos y determinación de la fuerza a compresión de morteros de cemento hidráulico.

Este método se usó para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico, usando especímenes cúbicos de dos pulgadas (5.08 cm).

3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la figura 2 se muestran los resultados de la influencia que ejerce la maduración en la resistencia a la compresión de los especímenes cuyo polímero de desecho contiene 0.5% de montmorillonita. La sustitución de 18% de áridos por el nanocompuesto espumado resulta en la reducción de la resistencia a la compresión en 55, 77 y 80% a los 7, 14 y 28 días de maduración respectivamente, con relación a la prueba de control. La sustitución de áridos de 36% resulta 34%, 47% y 60%, a los 7, 14 y 28 días de maduración respectivamente, en relación a la prueba de control. La sustitución de áridos de 54% resulta 25%, 26% y 27%, a los 7, 14 y 28 días de maduración respectivamente, en relación a la prueba de control a los 28 días. La sustitución de 72% de áridos produce una resistencia a la compresión del 17, 20 y 25%, a los 7, 14 y 28 días de maduración respectivamente con respecto a la prueba de control. Por último, la sustitución del 100% de áridos por el compuesto polimérico resulta en una disminución al 13, 14 y 23%, a los 7, 14 y 28 días de maduración respectivamente, con respecto a la prueba de control.

De lo anterior resulta claro que al adicionar una mayor cantidad de polímero, se reduce gradualmente la resistencia a la compresión del material. No obstante, el material se aligera sensiblemente.

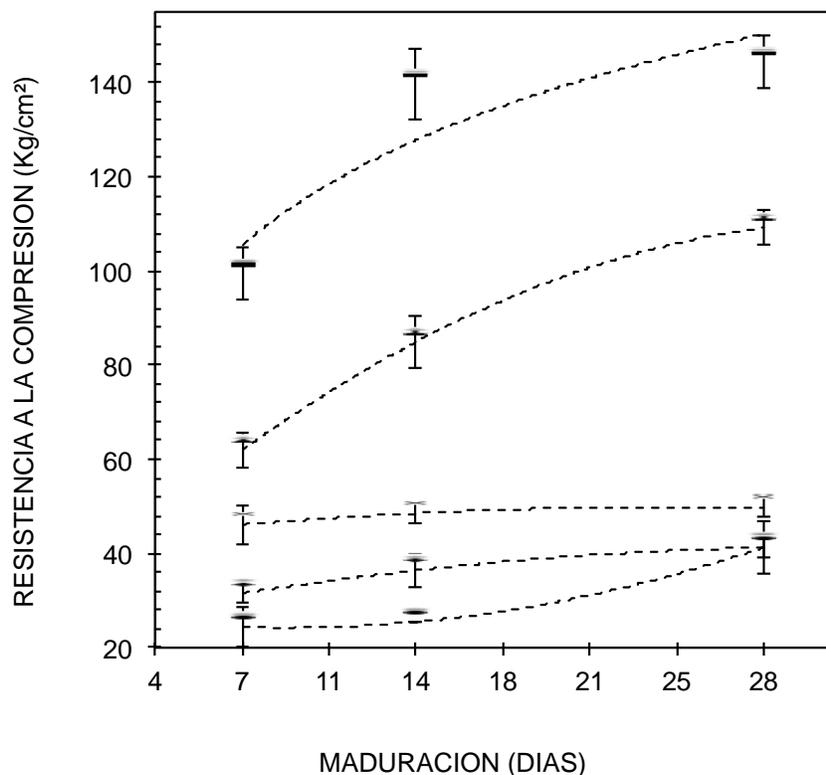


Figura 2: Efecto de la maduración del mortero en la resistencia a la compresión para montmorillonita 0.5%; 1:1.7:0.4 ■, 1:1.3:0.8 ▲, 1:1:1.1 X, 1:0.6:1.5 ♦ y 1:2:1●.

En la figura 3 se presentan los resultados del efecto de la cantidad de polímero de desecho PEAD espumado adicionado y la resistencia a la compresión para siete días de maduración de los especímenes, en cuatro series que son 0%, 0.5%, 1% y 1.5% de adición de montmorillonita. En dicha figura se observa una reducción en la resistencia a la compresión del mortero con la adición de polímero de desecho PEAD espumado, sustituyendo parcialmente al agregado natural. Para los porcentajes de sustitución de áridos de 18%, 36%, 54% 72% y 100% sin adición de montmorillonita la resistencia a la compresión se reduce a 69.0%, 52.2%, 38.0%, 26.5% y 12.4% respectivamente con relación a la resistencia del mortero de control a los siete días. Para los porcentajes de sustitución de áridos de 18%, 36%, 54% 72% y 100% con adición de montmorillonita de 0.5% la resistencia a la compresión se reduce a 72.6%, 45.1%, 33.6%, 23.0% y 17.7% respectivamente con relación a la resistencia del mortero de control a los siete días. Para los porcentajes de sustitución de áridos de 18%, 36%, 54% 72% y 100% con adición de montmorillonita de 1% la resistencia a la compresión se reduce a 66.3%, 45.1%, 31.9%, 24.8% y 19.4% respectivamente con relación a la resistencia del mortero de control a los siete días. Para los porcentajes de sustitución de áridos de 18%, 36%, 54% 72% y 100% con adición de montmorillonita de 1.5% la resistencia a la compresión se reduce a 56.6%, 44.2%, 30.0%, 26.7% y 15.0% respectivamente con relación a la resistencia del mortero de control a los siete días.

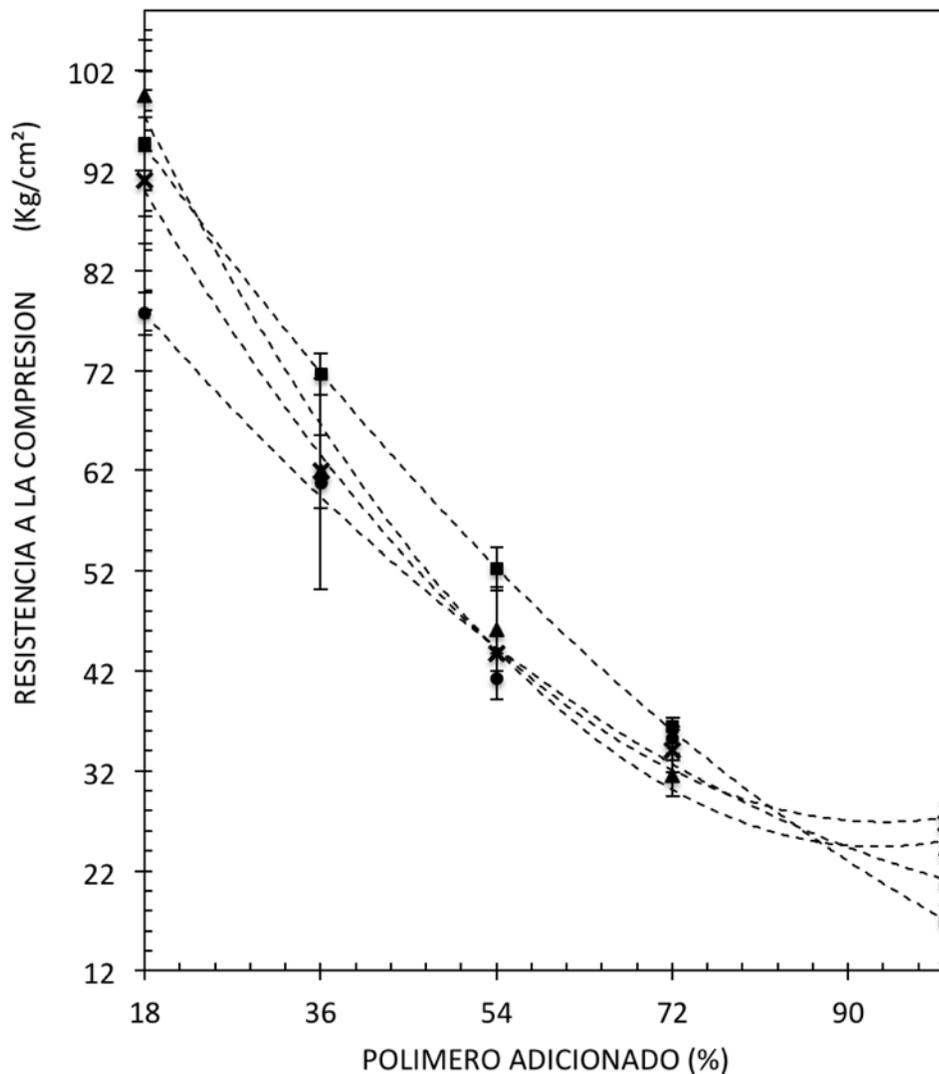


Figura 3: Efecto del porcentaje de polímero de desecho PEAD espumado adicionado al mortero, en la resistencia a la compresión a la edad de siete días 00MMT ■, 05MMT ▲, 10MMT X y 15MMT ●.

En la figura 4 se muestran los resultados del efecto de la cantidad de polímero de desecho PEAD espumado adicionado y la resistencia a la compresión para 14 días de maduración de los especímenes, en cuatro series que son 0%, 0.5%, 1% y 1.5% de montmorillonita incorporada. Para los porcentajes de sustitución de áridos de 18%, 36%, 54%, 72% y 100% sin adición de montmorillonita la resistencia a la compresión se reduce a 71.5%, 55.2%, 39.7%, 27.6% y 14.7% respectivamente con relación a la resistencia del mortero de control a los 14 días. Para los porcentajes de sustitución de áridos de 18%, 36%, 54%, 72% y 100% con adición de montmorillonita de 0.5% la resistencia a la compresión se reduce a 99.1%, 60.3%, 34.5%, 25.9% y 18.1% respectivamente con relación a la resistencia del mortero de control a los 14 días. Para los porcentajes de sustitución de áridos de 18%, 36%, 54%, 72% y 100% con adición de montmorillonita de 1% la resistencia a la compresión se reduce a 82.7%, 47.4%, 34.5%, 31.0% y 20.7% respectivamente con relación a la resistencia del mortero de control a los 14 días. Para los porcentajes de sustitución de áridos de 18%, 36%, 54%, 72% y 100% con adición de montmorillonita de 1.5% la resistencia a la compresión se reduce a 63.8%, 45.7%, 36.2%, 28.4% y 21.6% respectivamente con relación a la resistencia del mortero de control a los 14 días.

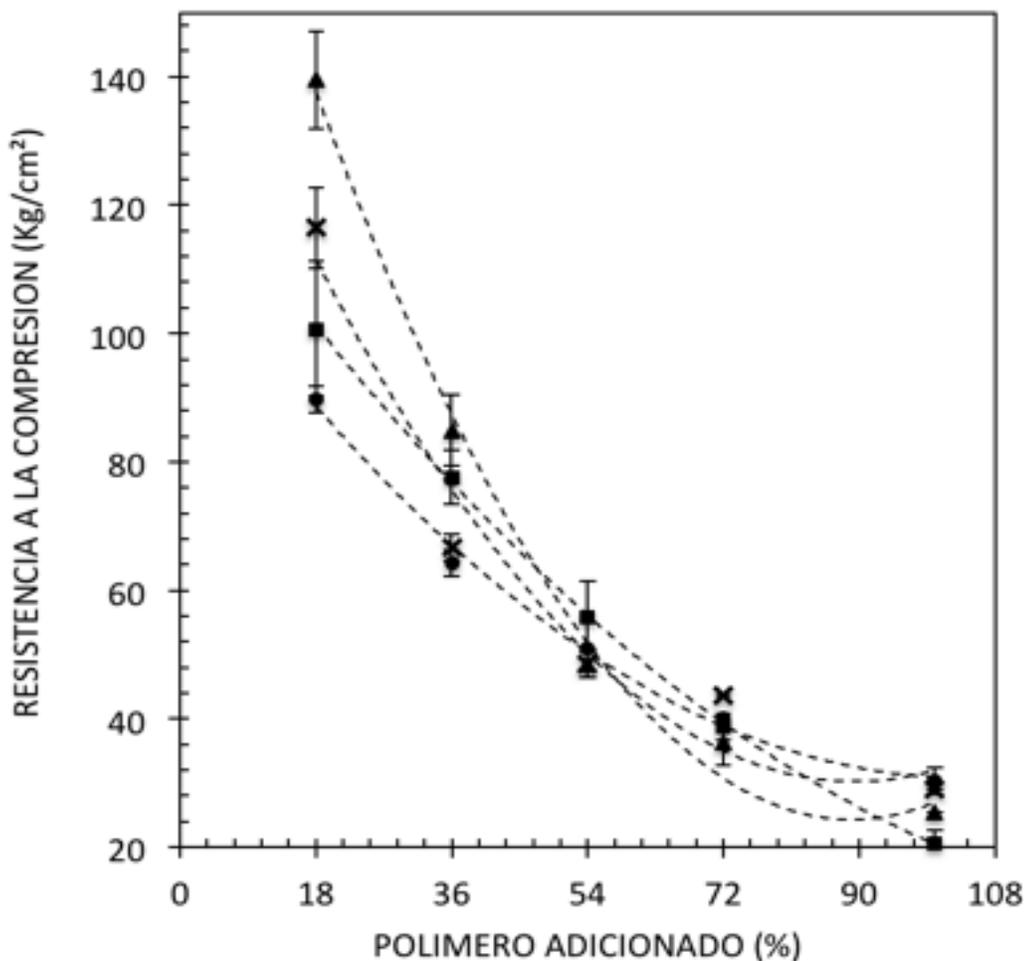


Figura 4: Efecto del porcentaje de polímero de desecho PEAD espumado adicionado al mortero, en la resistencia a la compresión a la edad de 14 días 00MMT ■, 05MMT ▲, 10MMT X y 15MMT ●.

En la figura 5 se explican los resultados del efecto de la cantidad de polímero de desecho PEAD espumado adicionado y la resistencia a la compresión para 28 días de maduración de los especímenes, en cuatro series que son 0%, 0.5%, 1% y 1.5% de adición de montmorillonita. Las diferencias en el rango de los valores de cada serie en cuanto a la resistencia a compresión, para 18%, 36%, 54%, 72% y 100%, son de 47.3 kg/cm², 43.7 kg/cm², 31.5 kg/cm², 9.7 kg/cm² y 12.1 kg/cm², respectivamente. Esto indica la dispersión de los resultados conforme disminuye el porcentaje de polímero de desecho PEAD espumado adicionado y éste comportamiento es más

acentuado con el avance de la edad del mortero aligerado hasta los 28 días. Para los porcentajes de sustitución de áridos de 18%, 36%, 54% 72% y 100% sin adición de montmorillonita la resistencia a la compresión se reduce a 53.4%, 47.7%, 45.0%, 24.8% y 19.5% respectivamente con relación a la resistencia del mortero de control a los 28 días. Para los porcentajes de sustitución de áridos de 18%, 36%, 54% 72% y 100% con adición de montmorillonita de 0.5% la resistencia a la compresión se reduce a 79.9%, 60.4%, 25.5%, 22.8% y 22.8% respectivamente con relación a la resistencia del mortero de control a los 28 días. Para los porcentajes de sustitución de áridos de 18%, 36%, 54% 72% y 100% con adición de montmorillonita de 1% la resistencia a la compresión se reduce a 69.1%, 40.3%, 34.9%, 28.2% y 26.2% respectivamente con relación a la resistencia del mortero de control a los 28 días. Para los porcentajes de sustitución de áridos de 18%, 36%, 54% 72% y 100% con adición de montmorillonita de 1.5% la resistencia a la compresión se reduce a 53.7%, 36.2%, 30.2%, 24.8% y 22.1% respectivamente con relación a la resistencia del mortero de control a los 28 días.

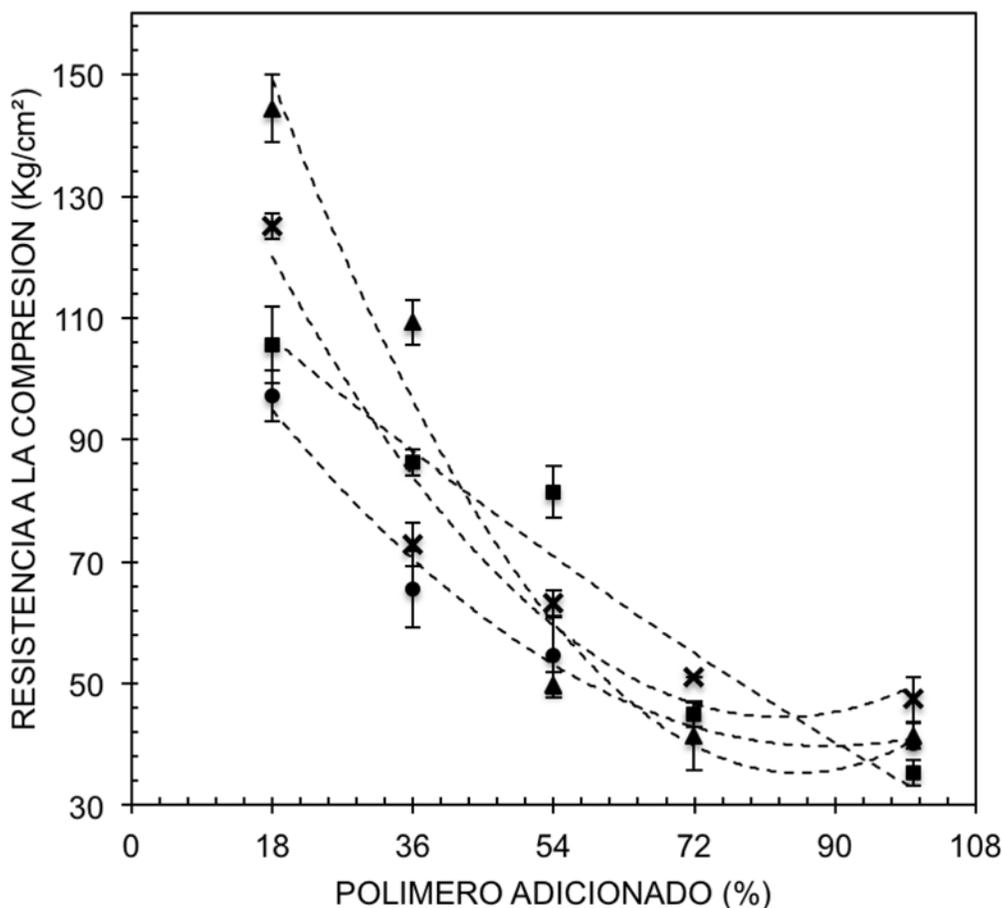


Figura 5: Efecto del porcentaje de polímero de desecho PEAD espumado adicionado al mortero, en la resistencia a la compresión a la edad de 28 días 00MMT ■, 05MMT ▲, 10MMT X y 15MMT ●.

En la figura 6 se localizan los resultados del efecto de la densidad del espécimen sobre la resistencia a la compresión para 1% de adición de montmorillonita en el polímero espumado. No se incluyen las otras gráficas con el resto de porcentajes de montmorillonita ya que se encontraron efectos similares. Se observan tres series de datos en las edades de 7, 14 y 28 días de maduración. Cada serie contiene los resultados que refieren a las seis composiciones de mortero realizadas (1:2.1, 1:0.6:1.5, 1:1:1.1, 1:1.3:0.8, 1:1.7:0.4 y control). En la gráfica se puede observar que al incrementarse la densidad, aumenta de manera proporcional la resistencia a la compresión.

Comparando estos datos con Saikia y Brito, 2012, página 390, se observa que la densidad mínima lograda en dicho trabajo es de 1.5 g/cm^3 , en ésta investigación, este parámetro juega un papel mucho más preponderante, porque se obtienen especímenes mucho más ligeros, con densidades de 0.97 g/cm^3 . En cuanto a la densidad máxima, también comparada con aquella en Saikia y Brito, 2012, página 391 es de 2.4 g/cm^3 , mientras que en el presente trabajo encontramos la máxima de 2.0 g/cm^3 .

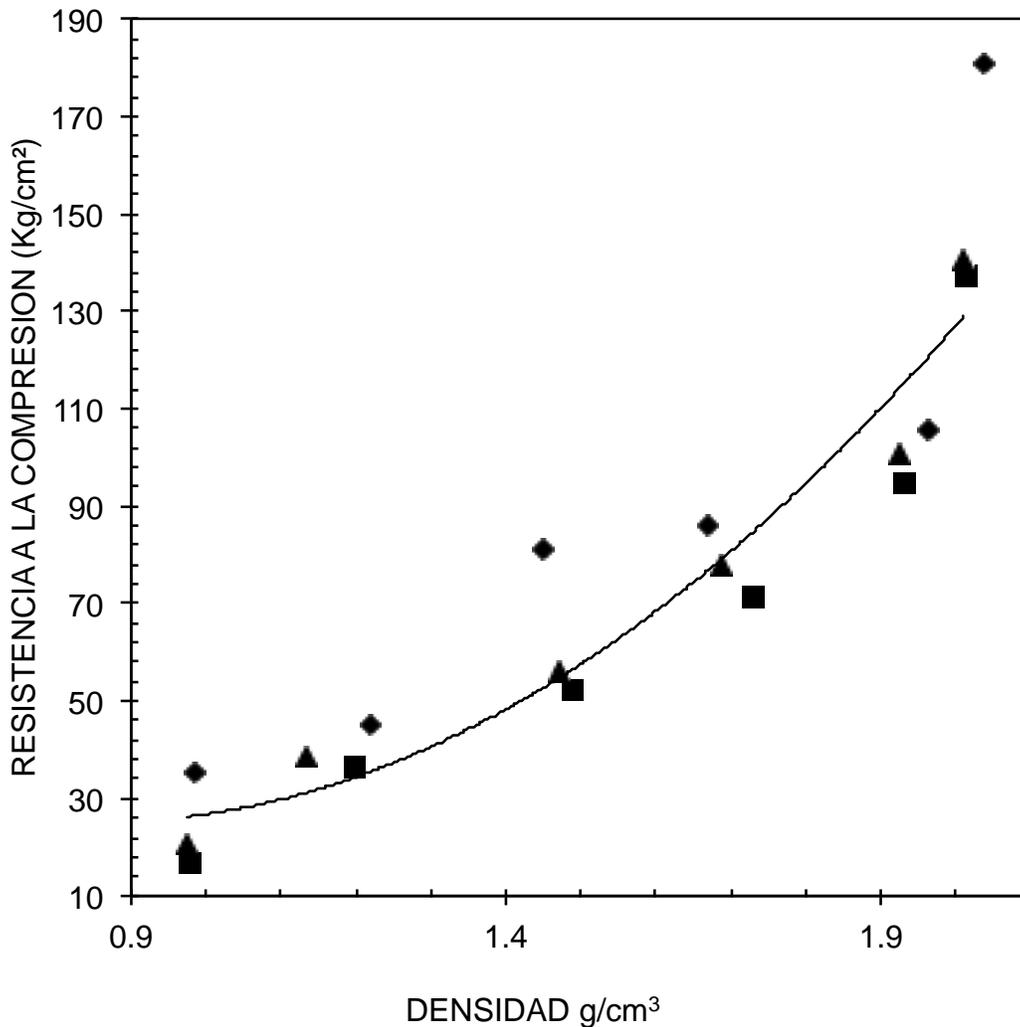


Figura 6: Efecto de la densidad del espécimen en la resistencia a la compresión en la adición de montmorillonita (1%) considerando todos los porcentajes de espumado 7 días ■, 14 días ▲ y 28 días ◆.

REFERENCIAS

- Castañeda Héctor, M. C. Hernández Reyes, M. C. Gómez Graciela, Dr. Zitzumbo Roberto, Dr. Sánchez Jöns, Dr. Alonso Sergio. (2005). “Análisis del Módulo Elástico y Resistencia a la Ruptura en Mezclas de Nano compuestos de ABS/TPU”, *Conciencia Tecnológica*, ISSN (Versión impresa): 1405-5597 contec@correo.ita.mx Instituto Tecnológico de Aguascalientes, México.
- Choi YW, Moon DJ, Chung JS, Cho SK. Effects of pet waste bottles aggregate on the properties of concrete. *Cement and Concrete Research*, 2005, Vol. 35, pp 776–781.
- Del Río Merino Mercedes, Santa Cruz Astorqui Jaime, González Cortina Mariano. (2005). “Morteros aligerados con arcilla expandida: influencia de la granulometría y la adición de fibras de vidrio AR, en el comportamiento mecánico”, *Informes de la Construcción*, Vol 57, No. 497, pp 40-46.
- Jo BW, Tae GH, Kim CH. (2007). “Uniaxial creep behaviour and prediction of recycled PET polymer concrete” *Construction and Building Materials*, Vol. 21, No. 7, pp 1552–1159.
- Saikia N, de Brito J. (2012). “Use of plastic waste as aggregate in cement mortar and concrete preparation: A review” *Construction and Building Materials*, Vol. 34, pp 385–401.
- Yesilata B, Isiker Y, Turgut P. (2009). “Thermal insulation enhancement in concretes by adding pet waste and rubber pieces”, *Construction Building Materials*, Vol. 23, pp 1878–1882.

Authorization and Disclaimer

Authors authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.