



12-14 de Noviembre del 2012
Facultad de Ingeniería Mochis, Universidad Autónoma de Sinaloa

EFFECTO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EN EL CONCRETO ALIGERADO: ANÁLISIS DE SUS PROPIEDADES MECÁNICAS

E.E. Maldonado-Bandala^{1*}, M.A. Baltazar-Zamora¹, A. Bonola¹, L.A. Ávila-Barcenas¹, J.A. Castro-Nieto¹, F. Almeraya²

- 1 Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería Civil-Xalapa, Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria 91090, Xalapa, Veracruz, México
- 2 Universidad Autónoma de Nuevo León. FIME - Centro de Investigación e Innovación en Ingeniería Aeronáutica. Av. Universidad s/n. Cd. Universitaria. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.

RESUMEN

En el presente trabajo se presentan los resultados de un estudio experimental sobre los efectos mecánicos de concretos aligerados con espuma de poliestireno expandido (EPS). Se modificó térmicamente el EPS para poder densificarlo y emplearlo como agregado grueso en el concreto. El método de tratamiento térmico se efectuó en un horno de secado de convección natural a 97 ° C durante 3 minutos. Se realizaron cinco series de concreto, donde se realizó una sustitución de agregado grueso natural a los niveles de 0%, 25%, 50%, 75% y 100% en volumen. La densidad de la espuma de poliestireno modificada térmicamente (MEPS), fue mucho menor que la del agregado natural, facilitando la producción de un nuevo concreto ligero óptimo para la fabricación de paneles prefabricados semi-estructurales, para la fabricación de muros de carga o divisorios. La resistencia a la compresión a los 28 días de la gama de concretos evaluados fue de 100-180 MPa lo que satisface la resistencia mínima solicitada por la norma mexicana para materiales empleados en muros semi-estructurales.

Palabras clave: Concreto aligerado, poliestireno expandido modificado térmicamente, resistencia mecánica.

INTRODUCCIÓN

En muchos países el incremento en los costos y la continua reducción de los recursos naturales, hace que el uso de desechos, como materiales de construcción, sea una

alternativa viable en la industria de la edificación; además la continua y siempre creciente extracción de agregados naturales provoca serios problemas ambientales, que pueden ocasionar la destrucción de ecosistemas por la erosión del suelo y alterar de forma permanente la topografía de zonas rurales. Así siendo el concreto el material de construcción más usado a nivel mundial y, considerando que los agregados artificiales no solo confieren a éste muchas características favorables sino que también reducen de forma considerable la contaminación ambiental es importante considerar la combinación de ambos dentro de la industria de la edificación.

El concreto aligerado puede ser producido por la sustitución de los agregados gruesos por agregados de estructura celular o porosa como por ejemplo el MEPS [1]. Existen algunas publicaciones que mencionan la utilización del MEPS como un agregado del concreto, sin embargo los resultados mostraron especímenes con una apariencia que comprometía la integridad estructural de los mismos; dentro de éstas publicaciones se limitaron al estudio de solo algunas de las características que las mezclas adicionadas con éste material inorgánico puede tener.

Es de suma importancia encontrar un método que nos dé una idea de las propiedades de las estructuras creadas con este tipo de concreto, acorde a esto se busca una correlación entre los parámetros de PUV, su resistencia a la compresión simple y los distintos coeficientes que nos dan una idea de su comportamiento ante ambientes que son propicios para la corrosión en la armadura del concreto reforzado

El objetivo principal de éste trabajo es evaluar y correlacionar PUV con los distintos parámetros que nos ayudan a determinar las propiedades del concreto endurecido, usando mezclas que contienen MEPS en diferentes porcentajes, sustituyendo al árido grueso, comparando éstos resultados con especímenes fabricados bajo estándares convencionales. Adicionalmente se determinará la factibilidad de este concreto para la elaboración de elementos que soporten cargas estructurales.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Diseño de las Mezclas de Concreto y Materiales

Los materiales usados en la preparación de los especímenes de concreto son los siguientes. El MEPS que se usó como agregado se obtuvo a partir de los desechos de EPS, los cuales se trataron térmicamente bajo condiciones controladas de laboratorio [2]. Algunas de las características que presenta el MEPS se pueden apreciar en la Tabla 1.

Se utilizó Cemento Portland tipo CPC 30R que cumple con la normativa NMX-C-414-ONNCCE-2004 y, el agua se obtuvo de la red de agua municipal la cual cumple con la normativa NMX-C-122-1982; se elaboraron dos diferentes mezclas con relaciones $a/c=0.45$ y 0.65 . La proporción de los materiales se muestra en la Tabla 2.

Tabla 1. Características físicas del agregado MEPS

<i>Propiedad física</i>	<i>MEPS</i>
Densidad (kg/m^3)	217
Resistencia a la compresión (MPa)	8.29

Conductividad térmica (w/mk)	0.0555
Máxima absorción en volumen (%)	0.58

Tabla 2 Proporcionamiento de las mezclas de concreto para 1 m³.

<i>Material</i> (kg)	<i>Relación a/c=0.45</i>	<i>Relación a/c=0.65</i>
Agua	181	261.3
Cemento	402	402
Agregado Grueso	1010.6	1010.6
Agregado Fino	759.2	551.2

Al hablar de concretos aligerados es muy importante la preparación de la mezclas, debido a la dificultad que representan éstas para hacerlas homogéneas [3]. El MEPS fue usado en un 25%, 50%, 75% y 100% para sustituir al agregado grueso por volumen. Las mezclas se realizaron en una revolvedora de (anotar especificaciones), se determino el peso unitario y el revenimiento inmediatamente después de homogenizar la mezcla [4,5,6].

Pruebas evaluadas

Para determinar la resistencia a la compresión simple y la PUV se usaron cilindros de 150 mm x 300 mm. La prueba de resistencia a la compresión simple se realizo acorde a ASTM C 39 [7] y, la PUV se determino usando la NMX-C-272-ONNCCE-2004[8]. Para la obtención de los coeficientes de absorción capilar, porosidad efectiva y resistencia a la penetración del agua se usó la NC 345:2005 [9].

Procedimiento experimental de la PUV y pruebas electroquímicas

Para la evaluación electroquímica de las barras de acero galvanizado y AISI 1018se llevó a cabo el potencial de corrosión (E_{corr}) monitoreado de acuerdo con la norma ASTM C876-99 [10] y la cinética o la tasa de corrosión con la técnica de resistencia de polarización lineal (LPR). Los datos fueron recogidos con un barrido ± 20 mV vs E_{corr} y una frecuencia de barrido de 10 mV/min. El equipo utilizado para estos ensayos fue un potencióstato Gill AC/galvanostato/ZRA instruments ACM con un electrodo de referencia de sulfato de cobre-cobre (Cu/CuSO₄). El dispositivo experimental se muestra en la Figura 1, donde: AE=electrodo auxiliar (ASI316), WE=electrodo de trabajo, RE =electrodo de referencia Cu /CuSO₄ y 3% de NaCl= solución al 3% en NaCl.

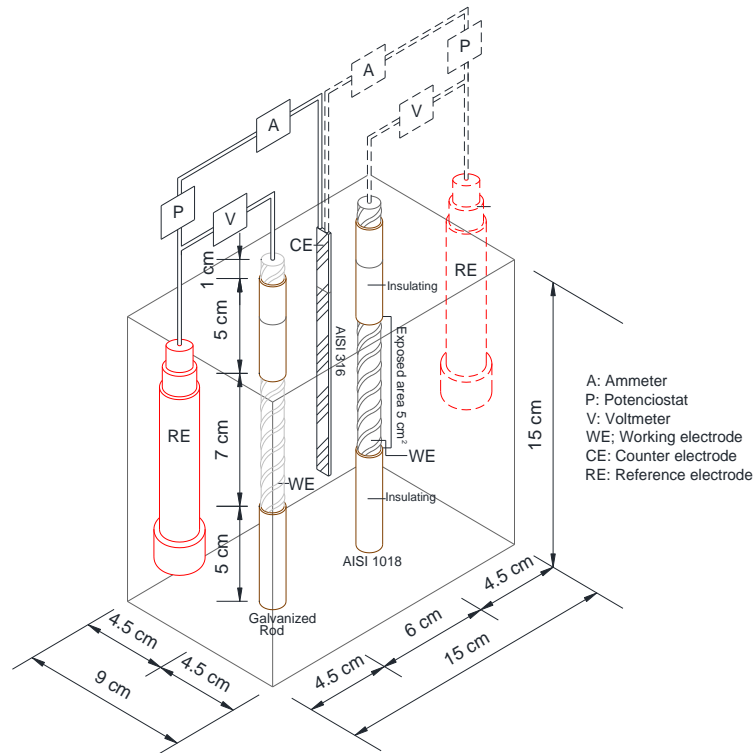


Figura 1. Esquema del espécimen prismático empleado.

El control del potencial de corrosión de los especímenes de prueba se realizó de acuerdo con la norma ASTM C876-99 estándar, las evaluaciones se llevaron a cabo de acuerdo con lo que se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3 Potenciales de Corrosión (E_{corr})[11]

< -500	Corrosión Severa
-500 a -350	90% de Probabilidad de Corrosión
-350 a -200	Incertidumbre de Corrosión
> -200	10% de Probabilidad de Corrosión

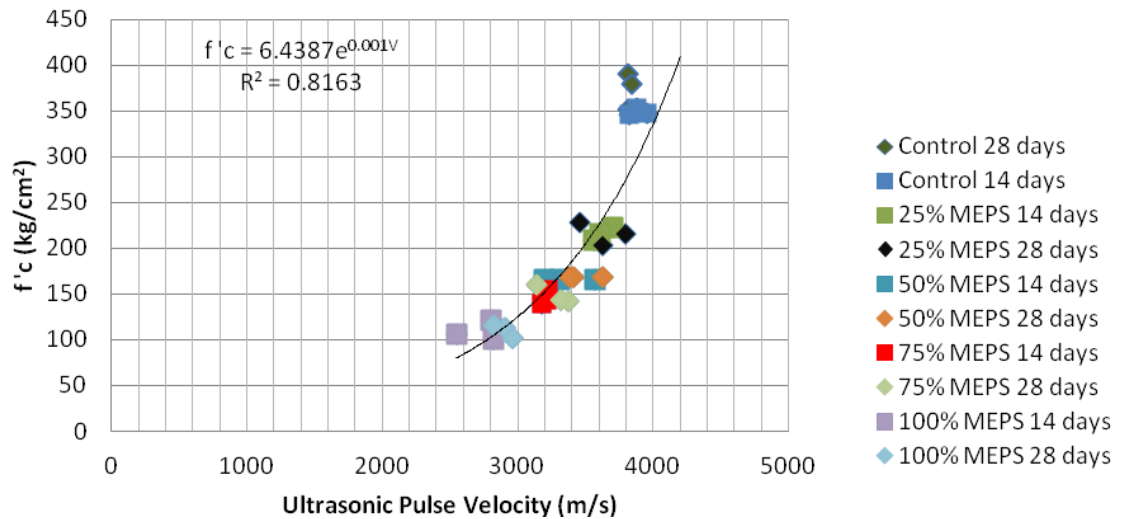
Al evaluar la velocidad del pulso ultrasónico a través de la estructura de los concretos elaborados con MEPS se utilizó un equipo Pundit 6 con transductores capaces de marcar el tiempo de propagación de la onda. La prueba se realizó de acuerdo a como lo indica la NMX-C-272-ONNCCE-2004 y, para determinar la calidad de la mezcla a partir de la velocidad de pulso ultrasónico se usaron los parámetros de Leslie-Cheesman marcados en la Tabla 4

Tabla 4 Calidad del Concreto

<i>Velocidad de la onda longitudinal (m/seg)</i>	<i>Condición del Concreto</i>
> 4570	Excelente

3650 a 4570	Buena
3050 a 3650	Regular a dudosa
2130 a 3050	Pobre
< 2130	Muy pobre

3. RESULTADOS



$$f'c = 6.4387e^{0.001v}$$

En la Figura 2 muestra el comportamiento de los valores de resistencia a la compresión simple ($f'c$), la velocidad de pulso ultrasónico (PUV) y el coeficiente de absorción capilar (k) a los 14 y 28 días, en un concreto con relación $a/c=0.65$ y una sustitución del agregado grueso con MEPS. Se observa como al disminuir PUV descende la resistencia a la compresión simple y el coeficiente de absorción capilar se vuelve alto, correspondiendo estas mediciones a los concretos con una mayor sustitución de MEPS y, los valores que se encuentran entre 3700m/seg y 4000m/seg son los relacionados a los especímenes control y los que contienen un 25% de MEPS, éstos presentan una resistencia a la compresión simple y un coeficiente de absorción capilar que se puede considerar como positivo para el concreto. Sin embargo no existe una disminución significativa del peso del concreto.

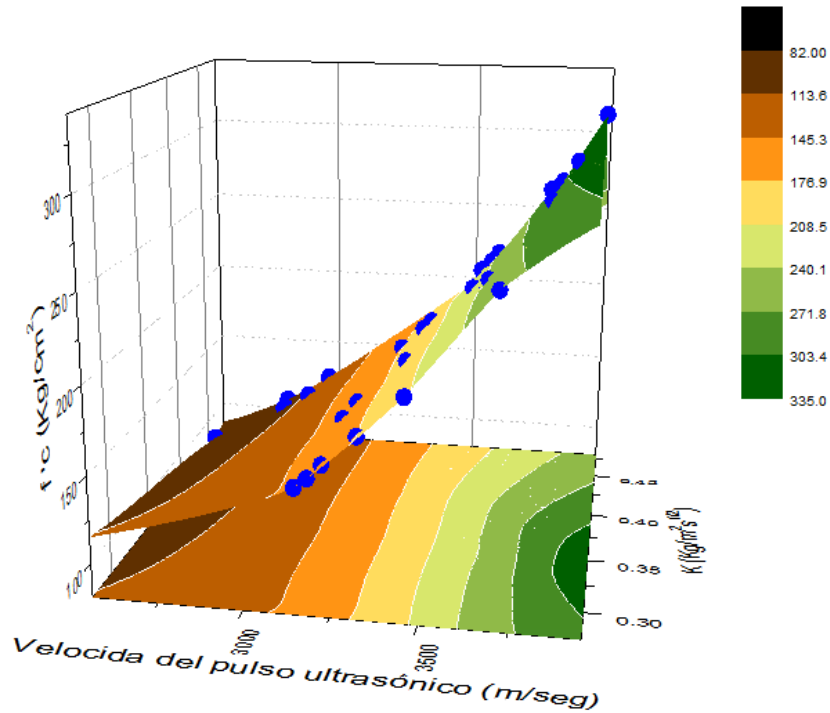


Figura 2. Relación de los parámetros PUV, k y f'c.

En la Figura 3 se observa el comportamiento a los 14 y 28 días de un concreto con una relación $a/c=0.65$, y una sustitución de MEPS como agregado, donde se relacionan los parámetros de PUV, resistencia a la penetración del agua (m) y resistencia a la compresión simple en un modelo tridimensional. Aquí se aprecia un comportamiento completamente desfavorable en concretos que contiene un 100% de MEPS, sin embargo aquellos con un 75% y un 25% de MEPS presentan valores de m por encima de los especímenes control pero con PUV que nos indican mezclas con una calidad que va de regular a dudosa. Así aquellos que contienen una menor cantidad de MEPS son los que presentan un mejor comportamiento dentro los parámetros evaluados, sin ser los que mejores resultados presentaron para cada uno de ellos.

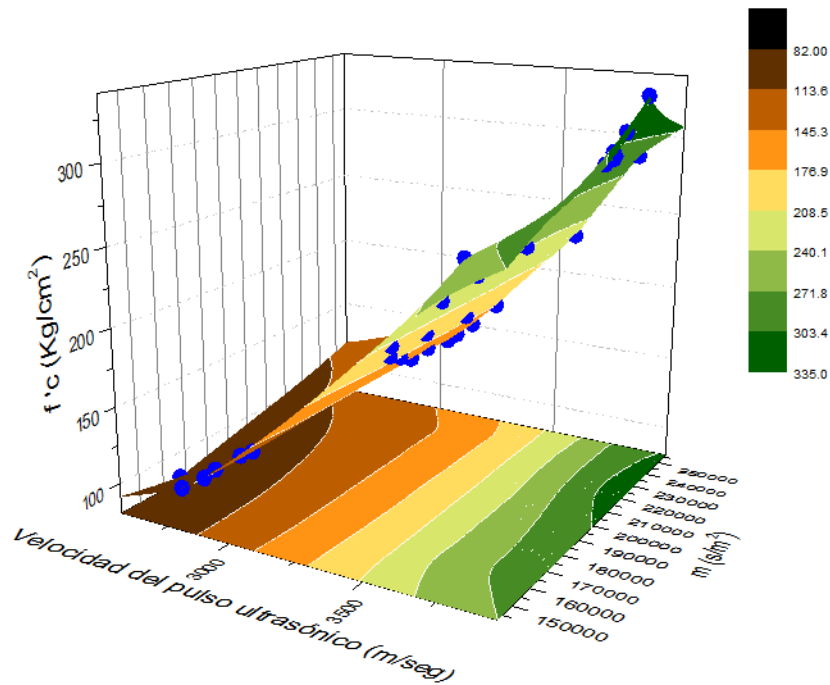


Figura 3. Evaluación de PUV, m y f'c.

REFERENCIAS

- [1] Valdez Guzmán, L.F., Suárez Alcívar, G.E. & Proaño Cadena, G., 2010. Hormigones livianos.
- [2] Kan, A. & Demirboga, R., 2009a. A new technique of processing for waste-expanded polystyrene foams as aggregates. *Journal of Materials Processing Technology*, 209(6), pp.2994–3000.
- [3] Kan, A. & Demirboga, R., 2009b. A novel material for lightweight concrete production. *Cement and concrete composites*, 31, pp.489–495.
- [4] Método de prueba estándar para determinar el peso unitario, volumen producido y contenido de aire del concreto por medio del método gravimétrico. IMCYC, 2000.
- [5] Método de prueba estándar para la determinación del revenimiento en concreto a base de cemento hidráulico. IMCYC, 2000.
- [6] Práctica estándar para la fabricación y curado en la obra de especímenes de concreto para pruebas. IMCYC, 2000.
- [7] American Society for Testing and Materials. Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens. ASTM C39-96, 1996, p. 17–21.
- [8] Determinación de la velocidad del pulso; método del ultrasonido. ONNCCE, 2004.
- [9]
- [10] ASTM C 876-99 Standard, Test Method for Half-cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in concrete, American Society for Testing and Materials, (1999).
- [11] H. Won-Song and V. Saraswathy., *Int. J. Electrochem. Sci.*, 2, 1 (2007).