

Concreto Ligero Térmico con EPS y Microsílice: Estrategia Material para la Mejora del Confort Higrotérmico en Vivienda Social Altoandina

Raúl Andreé Martínez Otiniano

Claudia Johana Chira Huaman

Pablo Aldair Ticona Farfán

José Fabián Segura Romero

Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería

Grupo Estudiantil American Concrete Institute - UNI

25 de octubre de 2025

Resumen

Resumen: En contextos de clima frío extremo, como las zonas altoandinas del Perú, la vivienda social construida con concreto convencional presenta una alta transmitancia térmica, lo que deriva en temperaturas interiores inferiores al umbral de confort (inercia térmica negativa). Esta investigación propone una solución material mediante la incorporación de agregados aislantes de Poliestireno Expandido (EPS) y microsílice. Se evaluó la conductividad térmica (k) mediante el método de la aguja térmica (ASTM D5334) en paneles de $30 \times 30 \times 5$ cm. Los resultados demostraron que el reemplazo del 40 % del agregado grueso por EPS, combinado con un 15 % de microsílice (mezcla EPS40M15), redujo la conductividad térmica de 1.45 W/mK (patrón) a 0.65 W/mK. Esta reducción del 55 % en la transferencia de calor convierte al material en una barrera térmica eficiente, capaz de disminuir la demanda energética por calefacción y mejorar la habitabilidad en programas de vivienda de interés social.

Palabras clave: Conductividad térmica, Vivienda social, EPS, Eficiencia energética, Confort higrotérmico.

1 Introducción

El déficit habitacional en el Perú no es solo cuantitativo, sino cualitativo. En las regiones andinas, las temperaturas descienden frecuentemente por debajo de los 0°C (heladas), afectando la salud de las poblaciones vulnerables. Los sistemas constructivos tradicionales de vivienda social, basados en ladrillo o concreto armado convencional, poseen una alta conductividad térmica, lo que facilita la pérdida rápida del calor generado al interior de la vivienda durante la noche.

La solución convencional implica la instalación de capas aislantes adicionales (lana de vidrio, poliuretano), lo cual incrementa los costos y tiempos de ejecución, haciéndolos inviables para proyectos de bajo presupuesto. Una alternativa sostenible es dotar al propio material constructivo de propiedades aislantes. El concreto ligero con agregados de Poliestireno Expandido (EPS) surge como una tecnología prometedora, al incorporar un material compuesto por 98 % de aire estático, el mejor aislante natural.

Sin embargo, la inclusión de EPS suele reducir drásticamente la resistencia mecánica y aumentar la permeabilidad. Este estudio plantea que el

uso de microsílice como adición puzolánica permite densificar la matriz cementicia, compensando los defectos mecánicos sin sacrificar el aislamiento térmico. El objetivo es validar un material compuesto que cumpla la doble función: cerramiento resistente y barrera térmica integral.

2 Materiales y Métodos

2.1 Materiales y Diseño de Mezcla

Se utilizaron materiales locales para asegurar la replicabilidad económica:

- **Cemento:** Portland Tipo I.
- **Agregado Aislante:** Perlas de EPS recuperadas y tamizadas (malla N°8), promoviendo la economía circular.
- **Adición Mineral:** Microsílice (15 % de reemplazo del cemento) para refinar la estructura de poros.

Se diseñaron cuatro mezclas experimentales:

1. **EPS0 (Patrón):** Concreto convencional de peso normal.
2. **EPS20:** Reemplazo del 20 % de grava por EPS.
3. **EPS40:** Reemplazo del 40 % de grava por EPS.
4. **EPS40M15:** Reemplazo del 40 % de grava por EPS + 15 % Microsílice.

2.2 Caracterización Térmica

La propiedad fundamental evaluada fue la Conductividad Térmica (k), que mide la capacidad del material para conducir calor. Se empleó el método de la sonda de hilo caliente (Hot Wire Method) según la norma **ASTM D5334**. Se fabricaron paneles cuadrados de $30 \times 30 \times 5$ cm. El ensayo consistió en introducir una sonda térmica en el centro

del panel, aplicar un voltaje constante y registrar el incremento de temperatura en función del tiempo. La pendiente de la recta logarítmica resultante determina el valor de k .

3 Resultados

3.1 Densidad y Aligeramiento

La incorporación de EPS logró una reducción efectiva de la masa unitaria. La mezcla EPS40M15 alcanzó una densidad de 2160 kg/m^3 , comparada con los 2490 kg/m^3 de la mezcla patrón. Aunque sigue siendo un concreto estructural, esta reducción del 13 % disminuye la carga muerta sísmica y facilita la manipulación de los paneles prefabricados.

3.2 Conductividad Térmica (k)

La Figura 1 y la Tabla 1 resumen los resultados obtenidos tras 28 días de curado. Se observa una correlación inversa clara: a mayor contenido de EPS, menor es la conductividad térmica.

Tabla 1: Propiedades Térmicas y Mecánicas (a 28 días)

Mezcla	k (W/mK)	f'_c (kg/cm ²)
EPS0 (Control)	1.45	480
EPS20	1.05	450
EPS40	0.72	220
EPS40M15	0.65	300

El concreto convencional (EPS0) presentó un valor de 1.45 W/mK , típico de materiales pétreos conductores. La mezcla optimizada (EPS40M15) descendió hasta **0.65 W/mK** . Esto representa una **reducción del 55.2 %** en la transferencia de calor, lo que califica al material como **“aislante estructural”**.

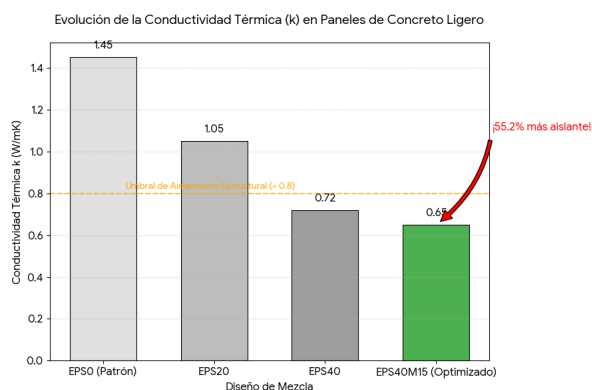


Figura 1: Evolución de la Conductividad Térmica. La mezcla EPS40M15 ofrece el mayor aislamiento.

4 Discusión

4.1 El Rol de la Microsílice en el Aislamiento

Es notable que la adición de microsílice en la mezcla EPS40M15 redujo aún más la conductividad respecto a la mezcla EPS40 sin microsílice (0.72 vs 0.65 W/mK). Intuitivamente, se esperaría que un material más denso condujera más calor. Sin embargo, la microsílice sella la porosidad capilar de la pasta y mejora la interfaz alrededor de las perlas de EPS. Esto crea una red de "burbujas de aire estanco" más eficiente, interrumpiendo los puentes térmicos que se formarían a través de una pasta de cemento más porosa.

4.2 Impacto en el Confort Térmico

En términos de física de la construcción, reducir el valor k a menos de la mitad implica que, para un mismo espesor de muro, la vivienda retendrá significativamente mejor el calor interno. En zonas altoandinas, donde la calefacción suele ser pasiva (solar) o por biomasa, esta propiedad es crítica. Un muro fabricado con EPS40M15 actuará como un "abrigo" para la edificación, amortiguando la onda térmica exterior y manteniendo la temperatura interior más estable durante las madrugadas gélidas.

4.3 Balance Resistencia-Aislamiento

Generalmente, un buen aislante es un mal material estructural (poca resistencia). Sin embargo, la mezcla EPS40M15 logró una resistencia a la compresión de **300 kg/cm²**. Este valor es excepcional para un concreto ligero y supera ampliamente los requisitos del Reglamento Nacional de Edificaciones para muros portantes (175 kg/cm²). Esto valida su uso no solo como tabiquería, sino como elemento estructural en viviendas de 1 o 2 pisos, eliminando la necesidad de columnas adicionales y reduciendo costos.

5 Conclusiones

1. Se desarrolló un concreto estructural ligero con una conductividad térmica de **0.65 W/mK**, lo que representa una mejora del **55 %** en capacidad aislante respecto al concreto convencional de peso normal.
2. La inclusión de 15 % de microsílice fue fundamental para lograr un balance óptimo. Permitió alcanzar una alta resistencia mecánica (**300 kg/cm²**) y, paradójicamente, mejoró aún más el aislamiento térmico al sellar la microestructura.
3. El material propuesto es técnicamente viable para la construcción de vivienda social en zonas de heladas, permitiendo construir muros monolíticos que aíslan del frío y soportan cargas, sin requerir capas de aislamiento adicionales costosas.

Referencias

1. ASTM D5334. *Standard Test Method for Determination of Thermal Conductivity of Soil and Soft Rock by Thermal Needle Probe Procedure*.
2. Song, J. K. (2017). *Thermal properties and microstructure of concrete with EPS beads for building energy saving*. Energy and Buildings.

3. Oktay, H., et al. (2015). *Mechanical and thermophysical properties of lightweight aggregate concretes*. Construction and Building Materials.
4. Reglamento Nacional de Edificaciones (Perú). Norma Técnica E.080: Adobe.