




ARTÍCULO ORIGINAL

Uso de piedra pómez para elaborar concreto ultra ligero de baja resistencia controlada

Use of pumice stone to elaborate ultra-lightweight concrete with controlled low strength

Eveling Vanegas Narváez¹
eveling.vanegas18@gmail.com;
 <https://orcid.org/0009-0008-9443-9394>
Universidad Americana, UAM

Eddisson Francisco Hernández³
eddisson.hernandez@uam.edu.ni
 <https://orcid.org/0000-0002-9602-5805>
Universidad Americana, UAM

Ángel Rodríguez Palacios²
angelo23r@gmail.com
 <https://orcid.org/0009-0004-7944-8816>
Holcim

Resumen

Datos del artículo:

Recibido: 22/09/2025
Aceptado: 28/10/2025

Palabras clave:

Vermiculita, concreto premezclado, pumita, agente espumante, controlador de fraguado del concreto.

El presente trabajo muestra los resultados de mezclas de concreto aligerado premezclado empleando piedra pómez, como una alternativa para la industria de la construcción en Nicaragua. Estos concretos especiales, generalmente usan vermiculita expandida como materia prima. Sin embargo, debido a la dificultad para adquirirlos en el mercado local, se propone el uso de piedra pómez (pumita) como material alternativo. Se realizó la caracterización de la pumita y determinó el tamaño máximo nominal de agregado, considerando el espesor final de la losa. Se utilizó cemento tipo HE, agua potable, agregado fino de pumita y arena industrial (material cero). Como agente espumante se usó aditivo líquido, incrementando la presencia de aire y reducir su densidad, aditivo de línea tipo D, como controlador de fraguado del concreto y aditivo tipo F como reductor de agua de alto rango. Los resultados muestran que la combinación y proporción de los materiales, generaron un concreto fresco capaz de ser colocado con bomba telescópica y con propiedades mecánicas en estado endurecido según los requerimientos de diseño.



Abstract

Keywords:

Concrete, pumice,
compressive strength,
coarse aggregate.

This paper presents the results of premixed lightweight concrete mixtures using pumice stone as an alternative for the construction industry in Nicaragua. These special concretes generally use expanded vermiculite as a raw material. However, due to the difficulty in acquiring it on the local market, the use of pumice stone as an alternative material is proposed. The pumice was characterized and the maximum nominal aggregate size was determined, considering the final thickness of the slab. HE cements, drinking water, fine pumice aggregate, and industrial sand (zero material) were used. A liquid additive was used as a foaming agent to increase the presence of air and reduce density, a type D additive was used as a concrete setting controller, and a type F additive was used as a high-range water reducer. The results obtained show that the combination and proportion of the materials produced fresh concrete that could be placed with a telescopic pump and had mechanical properties in the hardened state in accordance with the design requirements.

1. Introducción

Históricamente, el primer registro del uso de concreto ligero se remonta a hace un poco más de 2000 años aproximadamente, durante el imperio romano. Entre las más notables construcciones de la época se encuentran: el Puerto de Cosa, la Cúpula

del Panteón y el Coliseo Romano (Aybar, 2018). En ellas, se utilizó como materia prima pétreo, la lava volcánica triturada y áridos manufacturados tras la demolición de ladrillos, los cuales, permitieron conformar estructuras que hoy en día aún pueden ser visitadas.

De acuerdo con el ACI 213R (ACI, 2014), el concreto ligero es aquel en el cual, parte del volumen absoluto de los materiales pétreos es reemplazada por espacios vacíos o por agregados de densidad baja, menor a los agregados normales y habitualmente usados (material basáltico con densidad específica mayor a 2.3 y menor a 3), para obtener una densidad seca al aire de no más de $1,850 \text{ kg/m}^3$ y una resistencia a la compresión a los 28 días de menor a 175 kg/cm^2 . Según ASOCRETO (2025), para el diseño de mezclas especiales, como son los concretos ultra ligeros, es necesario tomar en cuenta parámetros específicos como la densidad de los agregados. Por lo tanto, se deben considerar como concretos ultra ligeros o de baja densidad, aquellos que tiene una densidad mayor a 300 kg/m^3 y menor a $1,850 \text{ kg/m}^3$.

Con base en lo anterior, se destacan dos datos importantes para la elaboración de este tipo de concretos, el primero, que hay un rango de densidades a tomar en cuenta y, el segundo, que hay una resistencia a cumplir

(Bate, 1979; Bohan y Ries, 2008; Morales et al., 2019; Clarke, 2005). Sin embargo, los cambios o decisiones imprevistas que surgen en los proyectos pueden determinar la resistencia final requerida a los 28 días, estos cambios están relacionadas principalmente a una exigencia estructural o económica.

De acuerdo con la literatura, el concreto ligero conteniendo vermiculita expandida, puede mejorar las propiedades físicas, térmicas, durabilidad y resistencia mecánica. Este material se obtiene calentando vermiculita en rangos entre $650 \text{ }^\circ\text{C}$ a $950 \text{ }^\circ\text{C}$, que lo convierte en un material ligero, de baja densidad y conductividad térmica.

En la construcción se ha empleado como un aditivo en suelos y, en concreto ligero, como relleno o aislamiento térmico, debido a su configuración laminar (Pérez, 2025). Por otro lado, según Martínez et al., (2023), destacan que se puede elaborar concreto ligero empleando espuma preformada y agregados ligeros (pómez), para la

fabricación de bloques. Los resultados de las propiedades mecánicas de estas mezclas, presentan valores similares a los indicados en la Norma Técnica Nicaragüense para bloques de concreto, mostrando densidades entre 1,443.45 kg/m³ y 1,544.52 kg/m³.

Considerando que en Nicaragua el mercado local de materiales de construcción no dispone de vermiculita expandida para la elaboración de concreto ligero, pero si existe una alta disponibilidad de piedra pómez, en este trabajo se elaboraron mezclas de concreto conteniendo piedra pómez para la elaboración de losas de nivelación en azoteas; empleando como parámetros de referencia una densidad seca de 700 kg/m³ y resistencia a la compresión mínima de 14 kg/cm².

2. Metodología

Caracterización del agregado ligero (pumita)
Para la caracterización de la pumita, se determinó la densidad y absorción, de acuerdo con la norma ASTM C 128, la densidad aparente seca suelta, según la

ASTM C29 y el análisis granulométrico, con base en la ASTM C 136 (ASTM, 2000). El resultado obtenido de la densidad en condición SSS de la pumita fue de 0.91 y la absorción del 30.5 %.

La densidad seca suelta obtenida fue de 737.7 kg/m³.

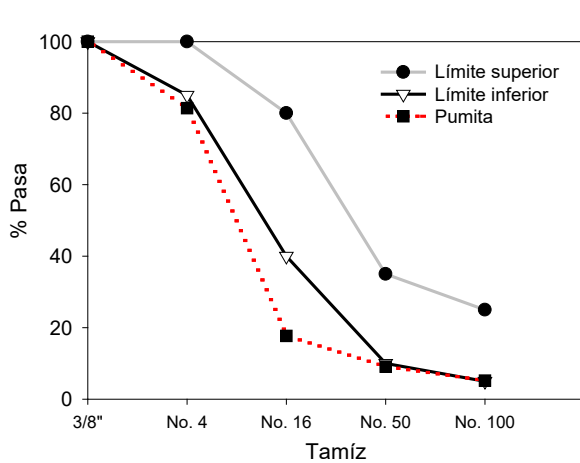
2.2 Análisis granulométrico

El ensayo de granulometría se realizó según la norma ASTM C 330 (ASTM, 2000). Para el ensayo de granulometría, se consideró una masa mínima de 250 gramos, para una densidad seca suelta entre los rangos de 720 a 880 kg/m³.

De acuerdo con el resultado obtenido, el agregado de pumita, no cumple con la especificación de porcentajes pasantes por tamiz (Figura 1). En la fracción de arena gruesa, la envolvente está al margen de los finos, pero en las arenas medias a finas se describe como un material grueso. Como se puede observar, hay una carencia de tamaños en arenas gruesas y medias dentro de la gradación de pumita.

Figura 1.

Curva granulométrica de la pumita

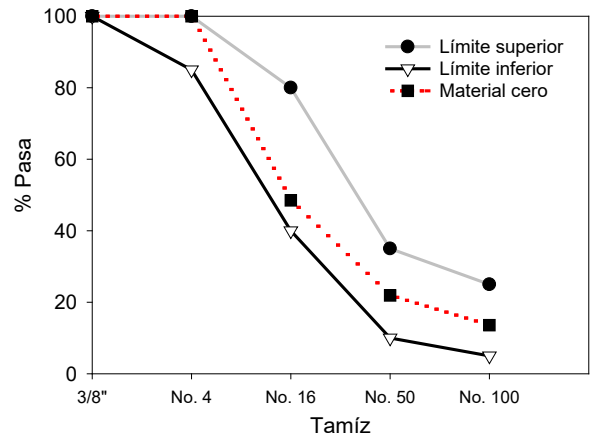


Con el objetivo de buscar una mejora en la curva granulométrica descrita por la pumita, según la norma ASTM C330 (ASTM, 2000), se realizó el ensayo de granulometría del material cero (Figura 2).

El propósito era conocer la granulometría de este material, primeramente, para buscar una granulometría combinada y lograr una curva final que satisfaga la envolvente solicitada y, segundo, una masa unitaria final del concreto que permita categorizarlo como concreto ligero.

Figura 2.

Curva granulométrica del material cero

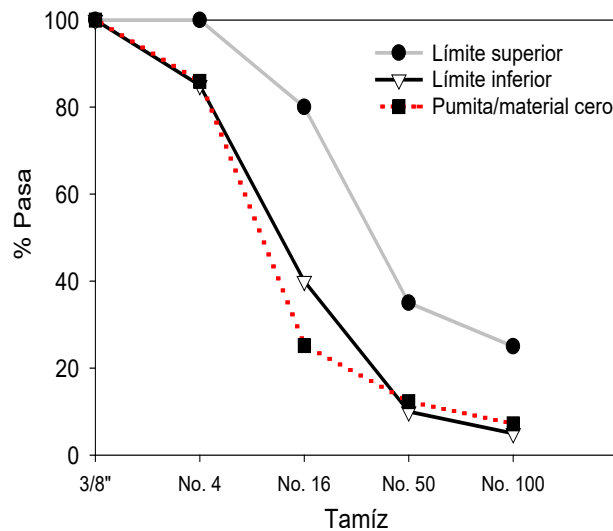


Como se aprecia, la curva descrita por el material cero tiene una gradación continua más estable que la pumita, es decir, no hay decrecimiento por tamaños faltantes entre las arenas gruesas, medias y finas.

Posterior a los ensayos de laboratorio para muestras combinadas, se obtuvo que la mejor combinación de pumita y material cero fue de 27 % de pumita y 73 % de material cero (Figura 3). Se observa que la curva combinada de estos materiales, mejora un poco la continuidad de la gradación de los agregados finos. Sin embargo, sigue sin cumplir la envolvente especificada en la norma ASTC C 330 (ASTM, 2000).

Figura 3.

Curva granulométrica combinada de materiales



2.3 Diseño de Mezcla

Con base en la información obtenida de la caracterización de los materiales, se realizó el diseño de mezcla (Tabla 1), considerando que los finos del cemento y la adición de un agente espumante, brindaron la trabajabilidad necesaria a la mezcla.

Tabla 1.

Diseño de mezcla de concreto ultraligero

Componente	Cantidad
Cemento HOLCIM HE (kg)	450.00
Agua (L)	161.20
Material cero (kg)	110.00
Pumita 1/4" (kg)	304.00
Aditivo Tipo D (L)	0.68
Aditivo Tipo F (L)	1.35
Agente espumante (L)	1.35

3. Resultados

En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos de resistencia promedio a compresión y flexión. Se observa que la resistencia a la compresión promedio fue de 72 kg/cm² y la de flexión de 9 kg/cm². La masa unitaria en estado fresco fue de 750.7 kg/m³ y, tras someter a 72 horas las muestras de concreto (viga y cilindro) en un horno a una temperatura de 110 ± 5 °C con el propósito de obtener la masa unitaria seca del concreto ultraligero, el resultado fue igual a 680.3 kg/m³ (Figura 4).

Tabla 2.
 Resultados de ensayos en estado fresco y endurecido de concreto ultraligero

Ensayos	Resultado
Resistencia a la compresión (kg/cm ²) -28 días	72.00
Resistencia a la Flexión (kg/cm ²) - 28 días	9.00
Masa unitaria en estado fresco (kg/cm ³)	750.70
Masa unitaria en estado endurecido (kg/cm ³)	680.30
Porcentaje de vacíos (%)	34.54

Figura 4.
 Determinación de propiedades en estado fresco y endurecido de concreto ultraligero



Vigueta de concreto ultraligero 4.A



Cálculo de masa unitario 4.B



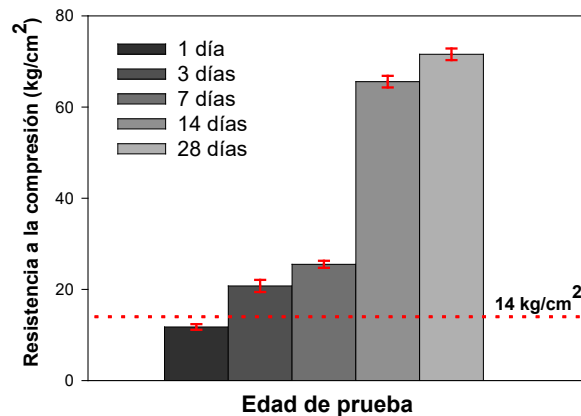
Apariencia en estado fresco 4.C

Los espacios vacíos totales fueron calculados en dos etapas, primero se determinaron los espacios vacíos en el agregado pumita con la ecuación 4 de ASTM C29 (ASTM, 2000), conociendo que la densidad de la pumita es de 0.91 y la densidad del agua usada por norma fue 998 kg/m³. El porcentaje de espacios vacíos obtenido fue del 25.09 %. Seguidamente, los espacios vacíos en los especímenes de concretos secos al horno, correspondientes a las micro burbujas internas creadas por el aditivo espumante y los espacios entre partículas, se calcularon por la diferencia de densidades entre el concreto ultra ligero en estado fresco y la obtenida seca al horno. El valor obtenido fue de 9.45 %, para un total de 34.54 % de espacios vacíos totales.

En la Figura 5, se observa el cambio en los resultados de resistencia a la compresión de los concretos conteniendo pumita a 1, 3, 7, 14 y 28 días. Se observa que, a los 3 días, las mezclas alcanzan el valor de diseño (14 kg/cm²) y a los 28 días, lo superan en 5 veces.

Figura 5.

Resistencia a la compresión obtenida del
concreto ultraligero



Conclusiones

Con base en los resultados se concluye:

La combinación de finos de pumita y material
cero, permitió la elaboración de concreto
ultra ligero, con densidad menor a los 700
kg/m³.

La mezcla de concreto ultra ligero con pumita
cumplió con los requisitos de apariencia,
densidad, trabajabilidad y resistencia a la
compresión establecidos.

La resistencia a la compresión a los 28 días,
excedió en 5 veces el valor de diseño.

Referencias

ACI. (2014). *Guide for Structural Lightweight-Aggregate Concrete*. American Concrete Institute. Pag. 57.

ASOCRETO. (2025). *Lo que debes saber sobre los concretos especiales: peso pesado y ligero*. Asociación Colombiana de productores de concreto. 360enconcreto. <https://360enconcreto.com/blog/detalle/lo-que-debes-saber-sobre-los-concretos-especiales-peso-pesado-y-ligero-1/>.

ASTM. (2000). Annual Bo-of ASTM Standards, Section Four, *Construction, Volume 04.2 Construction, Concrete and Aggregates*.ASTM.

Aybar Arriola, G.A. (2018). *Concreto liviano de alta resistencia empleando nanosílice y puzolana natural en el Perú*. Universidad Nacional Federico Villareal. Pag. 148.

Bate, S. C. C. (1979). *Guide for structural lightweight aggregate concrete: report of ACI committee 213*. International Journal of Cement Composites and

Lightweight Concrete, Vol. 1, No. 1, Pag.
5-6.

Bohan, R. P., Ries, J. (2008). *Structural
Lightweight Aggregate Concrete.*
Portland Cement Association (2008).

Clarke, J.L. (2005). *Structural Lightweight
Aggregate Concrete.* Taylor & Francis e
Library.

Martínez Canales, H.U., Hernández, E.F.,
Meneses-Meneses, A. (2023). Concreto
celular con espuma preformada y
agregados ligeros. *Revista Nexo, Vol.*
36, No. 4, pp. 495-505.

Morales, L. W., Santamaría, J. L., Caicedo,
W., & Tipán, F. (2019). Hormigón
Estructural de Baja Densidad para
Edificaciones. *Revista INGENIO, Vol.*
2, No 2. [https://revistadigital.uce.
edu.ec/index.php/INGENIO/article/
view/1704/1798](https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/INGENIO/article/view/1704/1798)

Pérez Silva, J.A. (2025). *Respuesta de la
resistencia mecánica del concreto simple
sometido a fuego incorporando vermiculita
expandida.* Universidad Católica Santo
Toribio de Mogrovejo, Facultad de
Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil.
Pag. 193.

