



Boletín de la Sociedad Geológica del Perú

journal homepage: www.sgp.org.pe ISSN 0079-1091

La ceniza volcánica en la obtención de geopolímeros como alternativa en la industria de la construcción

Fredy Apaza^{1,2}, Rossibel Churata², Pamela Tupayachy², Jonhatan Almiron², Luis Perez² Marian Hermosa² y Francisco Velazco³

¹ Observatorio Vulcanológico del INGEMMET, Arequipa Perú – fapaza@aingemmet.gob.pe

² Universidad Católica San Pablo, Arequipa, Perú

³ Universidad Carlos III de Madrid, España

RESUMEN

En el Sur del Perú se encuentra la zona volcánica Central de los Andes donde se albergan 8 volcanes activos dentro de ellos el Ubinas, Misti y Sabancaya con reciente actividad eruptiva en los últimos 600 años, estos procesos eruptivos tienen como principal producto la ceniza volcánica, a la actualidad esta sustancia no tiene un uso ni aplicación. El presente estudio busca encontrar una aplicación en la industria de la construcción mediante la fabricación de geopolímeros en base a ceniza volcánica, la metodología empleada consiste en mezclar partículas molida de ceniza con una solución básica activadora en una relación líquido/ sólido determinada a una velocidad específica para luego obtener una pasta a la cual se le puede añadir agregados finos y/o gruesos, posteriormente se utilizan moldes para la compactación de la mezcla y la obtención de pequeños bloques que pueden ser utilizados en la tabiquería y pavimentos.

Las propiedades que obtiene este material son superiores a la del cemento portland comercial obteniendo una resistencia a la compresión de hasta 60 MPa. Por otro lado, en el proceso de la obtención no se realiza la combustión de la materia por lo cual no generaría problemas de contaminación por CO₂ a diferencia de la industria del cemento, siendo amigable con el medio ambiente.

Las aplicaciones que se le puede dar a esta sustancia va desde fabricar pisos de alta resistencia (Min 10 Mpa), bloques geopolimerizados, bloques tipo ladrillo (min 12 MPa), adoquines (min 23 MPa) entre otros.

Palabras clave: ceniza volcánica, geopolímero, construcción, volcán.

ABSTRACT

In the south of Peru is the central volcanic area of the Andes where there are 8 active volcanoes within them the Ubinas, Misti and Sabancaya with recent eruptive activity in the last 600 years, these eruptive processes have as main product volcanic ash, currently this substance has no use or application. The present study seeks to find an application in the construction industry through the manufacture of geopolymers based on volcanic ash, the methodology used is to mix ground ash particles with a basic activating solution in a liquid / solid ratio determined at a specific speed to then obtain a paste to which fine and / or thick aggregates can be added, then molds are used for compaction of the mixture and obtaining small blocks that can be used in the partition and pavements.

The properties obtained by this material are superior to that of commercial portland cement obtaining a compressive strength of up to 60 MPa. On the other hand, in the process of obtaining it, the combustion of the material is not carried out, which would not generate CO₂ pollution problems, unlike the cement industry, being friendly to the environment.

The applications that can be given to this substance ranges from manufacturing high resistance floors (Min 10 Mpa), geopolimerized blocks, brick type blocks (min 12 MPa), pavers (min 23 MPa) among others.

Keywords: volcanic ash, geopolymer, construction, volcano.

INTRODUCCIÓN

El cinturón de fuego del pacífico alberga la zona volcánica central (ZVC) que se origina como interacción de la placa de nazca y la sudamericana, el Perú se encuentra en esta zona y posee 8 volcanes activos los cuales cuentan con grandes cantidades de ceniza volcánica generada por las sucesivas erupciones a lo largo de los años, los principales depósitos son los ubicados en los volcanes Ubinas, Misti y Sabancaya. La ceniza volcánica son fragmentos de lava fragmentada con un tamaño menor a 2 mm que es expulsada en las explosiones de los volcanes el contacto directo con la ceniza ha causado problemas de la salud en la poblaciones que se han visto expuestas (Horwell et al., 2011, Gislason et al., 2011). El volcán Ubinas y Sabancaya presentaron episodios eruptivos en los últimos 50 años generando una gran cantidad de ceniza volcánica, el Observatorio vulcanológico del Instituto geológico Minero y Metalúrgico OVI y la Universidad Católica San Pablo con el apoyo de la Universidad Carlos III de Madrid realizaron ensayos de caracterización de la ceniza para evaluar sus propiedades físicas y estructurales y así darle un uso en la industria de la construcción. De los resultados de caracterización química nos muestran que las cenizas son ricas en alúmina y sílice por lo cual, estas se muestra que estas cenizas tienen potencial para la activación alcalina y de esta manera se puede producir geopolímeros, con la intención de establecer una aplicación para las cenizas volcánicas que a la actualidad se

le considera como desecho natural.

El término Geopolímero fue designado por Joseph Davidovits (1988) para referirse a polímeros sintéticos inorgánicos de aluminosilicatos que proceden de la reacción química conocida como geopolimerización. Propuso que un líquido alcalino pudiera utilizarse para reaccionar con el silicio (Si) y el aluminio (Al) en un material fuente de origen geológico o en materiales secundarios tales como cenizas volantes y cáscaras de arroz para producir aglutinantes. Estas propiedades dependen de varios parámetros tales como el tipo de materiales de partida, la composición mineralógica y química de las fuentes de aluminosilicato, la distribución de tamaño de partícula de la materia prima, la temperatura y procedimiento de curado, la composición de la solución alcalina, y la relación de líquido-sólido (Provis & van Deventer, 2009). El presente estudio investiga el potencial de la ceniza del volcán Ubinas para la síntesis de geopolímeros, se estudiaron los efectos de la concentración de la solución de NaOH y el tiempo de curado en la resistencia a la compresión y resistencia al desgaste de los cuerpos endurecidos resultantes.

METODOLOGÍA

Para la obtención de geopolímero, se inicia el proceso con la recolección de la muestra de ceniza volcánica identificando depósitos del material cerca al edificio volcánico, La ceniza volcánica uti-

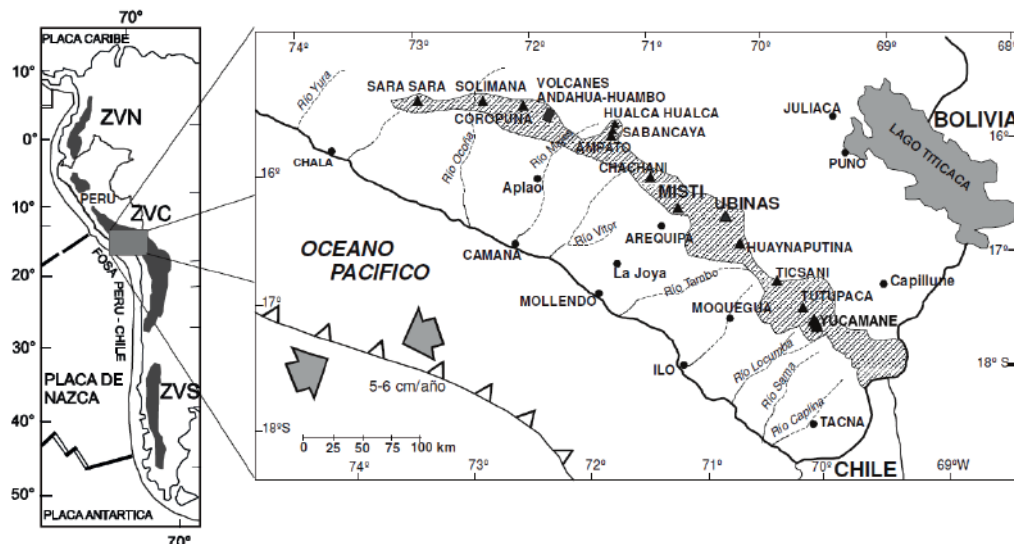


Fig. 1 – Ubicación de los volcanes Ubinas, Misti y Sabancaya, Rivera 2008.

lizada en este trabajo proviene del depósito de la base del volcán Ubinas situado aproximadamente a 3 km del poblado de Ubinas (Región Moquegua en Perú); la composición de la ceniza se analizó por espectrometría de plasma Inductivo ICP masas. La ceniza volcánica se secó a 105 °C durante

6 horas en un horno eléctrico luego se molturo en un Molino de bolas con el fin de obtener un polvo fino menor a 75 μm . Para evaluar el potencial en la síntesis de geopolímeros se utilizó una solución alcalina (NaOH cc) de 12M de concentración.

Para la obtención de geopolímero a partir de ceniza volcánica se realizan mezclas durante 5 minutos entre la ceniza molida y la solución alcalina en una relación L/S 0.2, la pasta resultante se vierte en moldes cilíndricos de 28 mm de diámetro, seguido por el compactado en prensa a 15 MPa de presión. A continuación, las probetas se desmoldaron, se cubre con film plástico y se curaron a 80°C duran-

te 48 horas. Después del curado, las probetas se reservan en una incubadora a temperatura ambiente y humedad relativa alta (>90%) hasta que se realicen los ensayos de caracterización.

A continuación, se muestra la figura del proceso de obtención de geopolímero.

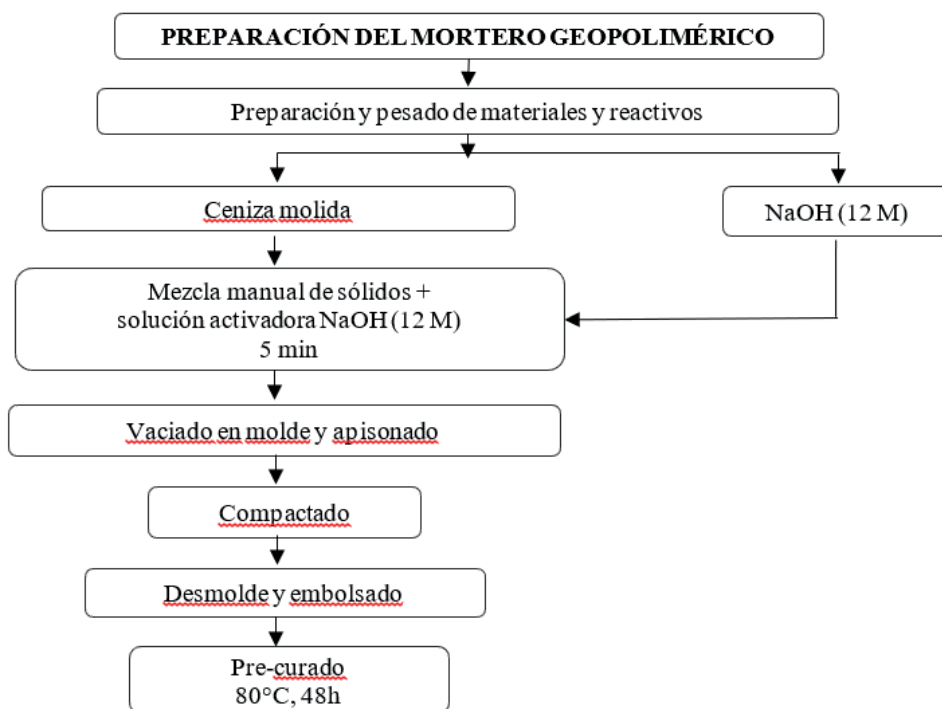


Fig. 2 – Proceso de obtención del geopolimero a base de ceniza volcánica.

La resistencia a la compresión de las muestras envejecidas durante 7, 14 y 28 días fue determinado de acuerdo a las recomendaciones de la norma española UNE-EN 12390-3: 2003 en una máquina de ensayos de compresión automática (ELE International, England). El resultado final es la media de cinco muestras replicadas.

RESULTADOS

Para esta investigación como fuente primaria se utilizó la ceniza proveniente del volcán Ubinas, ubicado al sur del Perú. En la Tabla 1 se muestra la composición química, de los datos de esta tabla se deduce que los principales componentes de la ceniza volante son óxidos de sílice y alúmina.

Tabla N° 1 Composición química de la ceniza volcánica del Ubinas

| | LOI | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | K ₂ O | Na ₂ O | P ₂ O ₅ | MnO | TiO ₂ |
|-----|------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------------------|-------------------|-------------------------------|------|------------------|
| UBN | 0.87 | 58.70 | 14.80 | 7.69 | 5.80 | 4.17 | 2.63 | 3.52 | 0.37 | 0.10 | 1.14 |

LOI=Perdida al Fuego

En la tabla 2 se presenta la evolución de las resistencias mecánicas a compresión en el tiempo a 7, 14 y 28 días de curado utilizando una solución activadora NaOH de 12M, Las probetas obtenidas poseen características mayores a las del cemento según norma NTP 334.009 (según ASTM C-150 Cemento tipo 1) que a 7 días menciona como mínimo 19 MPa.

Tabla N° 2 Resistencia a la compresión de las probetas

| Periodo de curado (Días) | Resistencia a la compresión (MPa) | Error |
|--------------------------|-----------------------------------|-------|
| 7 | 46.52 | 1.91 |
| 14 | 55.28 | 11.65 |
| 28 | 61.35 | 4.26 |

Los resultados de resistencia a la compresión obtenidos superan a los valores normales del cemento, por lo tanto, nos permiten estimar diversas aplicaciones, desde fabricar pisos de alta resis-

cia (Min 10 Mpa), bloques geopolimerizados, bloquetas tipo ladrillo (min 12 MPa), adoquines (min 23 MPa) entre otros.

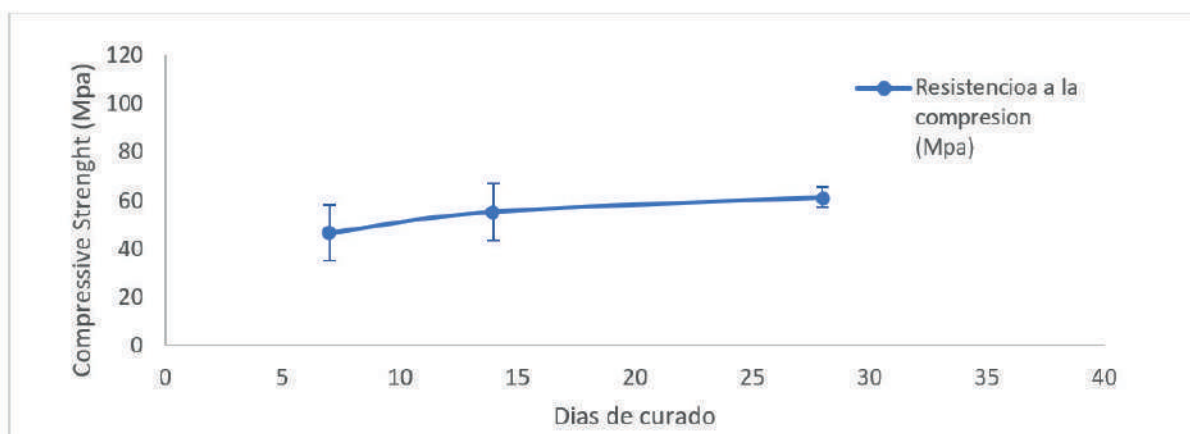


Fig. 3 – Resistencia a la compresión de probetas geopolimerizadas obtenidas con ceniza volcánica del Ubinas

CONCLUSIONES

La obtención de geopolímero a partir de ceniza volcánica es una alternativa para el aprovechamiento del material y reducir el efecto que puede provocar en la salud así como darle valor agregado a la sustancia.

El proceso de geopolimerización no genera contaminación por procesos de combustión por lo cual sería un sistema de producción amigable con el medio ambiente.

Los ensayos mecánicos realizados a las probetas obtenidas nos dan como resultado elevados valores de resistencia a la compresión, por tal motivo puede ser una alternativa ecológica para la construcción.

Agradecimientos

A FONDECYT- CONCYTEC y a la Universidad Católica San Pablo (UCSP) por co-financiar el presente proyecto de investigación. A la Universidad Carlos III de Madrid e INGEMMET por su apoyo.

BIBLIOGRAFÍA

- Davidovits, J. (1994). High-Alkali Cements for 21st Century Concretes. in *Concrete Technology, Past, Present and Future* (Vol. 144).
- Davidovits, J. (1988). *Geopolymer'88*. Compeigne: Proc. First European Co.
- Gislason S.R. Alfredsson H.A. Eiriksdottir E.S., Hassenkam T., Stipp S.L.S 2011. Volcanic ash from the 2010 Eyjafjallajökull eruption. *Applied Geochemistry*. 26.188-190.
- Horwell Claire, Baxter Peter, Hillman Sarah, and Damby David. 2011. Respiratory health hazard assessment of ash from the 2010 Eyjafjallajökull volcano, Iceland. *Geophysical Research Abstract*. 13 EGU2011-2598-2, EGU Abstract volume.
- Memon, F., Nuruddin, M., Khan, S., Shafiq, N., & Ayub, T. (2013). Effect of sodium hydroxide concentration on fresh properties and compressive strength of self-compacting geopolymer concrete. *Journal of Engineering Science and Technology*, 8(1), 44-56.
- NTP 334.051. (2013). CEMENTOS. Método para determinar la resistencia a la compresión de morteros de Cemento Portland cubos de 50 mm de lado.
- Rajini, B., & Narasimha Rao, A. (2014). Mechanical Properties of Geopolymer Concrete with Fly Ash and GGBS as Source Materials. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 3(9).
- Rivera, M., Martin, H., Le Pennec, J-L., Thouret, J-C. 2017, Petro-geochemical constraints on the source and evolution of magmas at El Misti volcano (Peru). *Lithos*, 268-271, 240-259
- Rivera M., (2008). Petrología y geoquímica de rocas de los volcanes Misti y Ubinas Informe Técnico Dirección de Geología Ambiental y Riesgo, 34 pág

Samaniego, P., Rivera, M., Mariño, J., Guillou, H., Liorzou, C., Zerathe, S., Delgado, R., Valderrama, P., Scao, V., 2016. The eruptive chronology of the Ampato-Sabancaya volcanic complex (southern Peru). *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 323, 110–128.

Thouret, J.-C., Rivera, M., Worner, G., Gerbe, M., Finizola, A., Fornari, M., Gonzales, K., 2005. Ubinas: the evolution of the historically most active volcano in southern Peru. *Bulletin of Volcanology* 67, 557–589.