

Resistance to axial compression of the concrete $f'_c=210 \text{ Kg/cm}^2$, adding pozzolana volcanic, Cajamarca 2019

Joseph Quiliche Villate, Ing.¹; Gabriel Cachi Cerna, Mg.²

¹ Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca, Perú. rafaelito_2011@hotmail.com

² Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca, Perú. gabriel.cerna@upn.edu.pe

Abstract— *The objective of this work was to evaluate the effect of the replacement of natural volcanic puzolana in percentages appropriate to the weight of the cement of a concrete designed for civil constructions, specifically housing buildings, in this way it was taken into account the effect it would have in percentages of 4, 8, 12 and 15%, to check whether the compression resistance would be increased; In addition, the behavior of compression with the addition of the puzolanic material was observed, verifying the point of creep and the module of concrete elasticity in mention.*

Keywords: *Puzolanic, Concrete, Aditive*

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.442>
ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

Resistencia a la compresión del concreto $f'_c = 210$ Kg/cm², añadiendo puzolana volcánica

Joseph Quiliche Villate, Ing.¹; Gabriel Cachi Cerna, Mg.²

¹ Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca, Perú. rafaelito_2011@hotmail.com

² Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca, Perú. gabriel.cerna@upn.edu.pe

Resumen– El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto que produce el reemplazo de puzolana volcánica natural en porcentajes adecuados al peso del cemento de un concreto diseñado para construcciones civiles, específicamente edificaciones. Los porcentajes evaluados de reemplazo de puzolana fueron 4, 8, 12 y 15%. El propósito fundamental fue verificar si la resistencia compresión se incrementaría; además se observó el comportamiento que tiene la compresión con la adición del material puzolánico, verificando el punto de fluencia y el módulo de la elasticidad de concreto en mención.

Palabras clave: Puzolana volcánica en el concreto, Propiedades de aditivos puzolánicos, Resistencia a la compresión del concreto.

Abstract– The aim of this work was to evaluate the effect that produces the substitution of natural volcanic puzolana in percentages adapted to the weight of the cement of a concrete one designed for civil constructions. The evaluated percentages of pozzolan replacement were 4, 8, 12 and 15. The main purpose was to verify if the compressive strength would increase; in addition, the behavior of compression with the addition of pozzolanic material was observed, verifying the point of fluencia and the module of the elasticity of concrete in mention.

Keywords: Volcanic puzolana in concrete, Properties of puzolanic additives, Concrete compressive strength.

I. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia de la humanidad, se remonta la historia del concreto, donde el hombre en la búsqueda de un espacio por asentarse y vivir con la mayor comodidad, buscando refugio en materiales resistentes para su morada, seguridad y sobre todo su protección. Es de esta manera donde la evolución del hombre conlleva a que también evolucionen las construcciones, mejorando cada vez más los requerimientos necesarios. Como se sabe en la historia, de la humanidad, los arquitectos e ingenieros se han planteado, el cómo solucionar problemas con la tecnología existentes en su época.

A partir de la problemática, actualmente en el sector de la construcción en el Perú se produce cementos puzolánicos, pero no utiliza puzolanas naturales disponibles tales como; puzolanas de origen volcánico. A partir de esta última fecha a la actualidad se dan los logros más importantes del cemento y por lo tanto del concreto, recuperando el tiempo que se perdió luego de la caída del imperio romano; teniendo como temas importantes el concreto armado, el pre y post tensado de

concreto, una serie de aditivos y sus respectivos grupos de investigación como el Instituto Americano de Concreto (ACI) y Sociedad Americana para Ensayos y Materiales (ASTM).

El concreto cuyas características de resistencia, versatilidad, durabilidad y economía, lo han convertido en el material de construcción más utilizado en todo el mundo, se le puede definir como la mezcla del cemento portland, agua, agregados y aire su apariencia es a la de una roca artificial que puede parecer simple, pero con una compleja naturaleza interna. El concreto debido a su fácil maleabilidad puede adaptarse a una gran cantidad de formas que lo hacen más versátil y además cuenta con resistencia al fuego, es económico y puede crearse ahí mismo donde se tiene la construcción y es más fácil para los trabajadores usarlo [1].

Concreto

El concreto es actualmente el material más empleado en la industria de la construcción por su duración, resistencia, impermeabilidad, facilidad de producción y economía, además; el concreto presenta como las piedras naturales una alta resistencia a la compresión, pero una baja resistencia a la tracción (generalmente es el 10% de su resistencia a los esfuerzos de compresión) por lo cual se refuerza con varillas de acero, para que sean éstas las que soporten tales esfuerzos (concreto armado). El concreto es una roca fabricada por el hombre, diseñada y producida de acuerdo a normas establecidas para fines y aplicaciones que se requieren en un proyecto determinado y con las características de economía, facilidad de colocación, velocidad de fraguado y apariencia adecuada según su aplicación [2].

Concreto es la mezcla de material aglomerante (conglomerante) y agregados fino y grueso. En el concreto normal, comúnmente se usan como medio aglomerante el cemento Portland y el agua, pero también pueden contener puzolanas y/o aditivos químicos [3].

Puzolana

Las puzolanas son sustancias naturales e industriales, silíceas o sílico-aluminosas, o una combinación de ambas, que endurecen cuando se amasan con agua, a la temperatura ambiente con el hidróxido de calcio disuelto Ca(OH)_2 de la pasta de cemento y forman compuestos de silicato de calcio y aluminato de calcio, capaces de desarrollar resistencia. Estos compuestos son similares a los que forman durante el

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.442>

ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

endurecimiento de los materiales hidráulicos. Las puzolanas constarán esencialmente de SiO₂, reactivo, no menor del 25% en masa. No endurecen por sí mismo con el agua [3].

La puzolana en uso se pudo adquirir con diferentes características, gracias a los procesos de erosión por condiciones naturales; para el tema en estudio, la roca volcánica se extrajo del caserío “Llagamarca” en el distrito de Baños del Inca, perteneciente a la región Cajamarca, de esta manera en la región Quechua, donde exista actividad volcánica se puede encontrar este tipo de mineral, como ejemplos diferentes yacimientos de puzolanas naturales (rocas volcánicas), en Arequipa en el “Misti”, en Ayacucho en el “Sara Sara”.

Resistencia a la compresión

Resistencia a la compresión se define como la resistencia máxima medida de un espécimen de concreto sometido a carga axial de compresión y se expresa como fuerza por unidad de área de la sección transversal [4].

Ventajas de adición

Las adiciones pueden ser utilizadas para el mejoramiento del desempeño del concreto en su estado fresco y endurecido. Son principalmente utilizados para mejorar la trabajabilidad, durabilidad y la resistencia. Estos materiales le permiten al productor de concreto diseñar y modificar la mezcla de concreto para satisfacer la aplicación deseada [5].

En tal sentido el objetivo del estudio busca una alternativa tecnológica que utiliza puzolana volcánica, para concretos, reduciendo el volumen del cemento, proporcionando durabilidad y resistencia a los sulfatos, cumpliendo con los parámetros físicos y mecánicos que indican las normas vigentes.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Contenido de Humedad de agregados.

Se utilizaron dos tipos de agregados (Grueso y Fino) y en equipos se usó:

- Balanza con aproximación de 0.01g.
- Estufa con control de temperatura.
- Taras o recipientes.

El material al que se dispondrá el ensayo deberá ser traído directamente sin alterar la muestra, se procederá a pesar las taras o recipientes vacíos (B), una vez realizado se llenará las taras determinando el peso actual sin ser alterada la muestra (C), para dejar secar la muestra en la estufa de control de temperatura durante 24 horas a 105°, finalmente pesar las taras con la muestra (D) y determinar el contenido de humedad mediante las fórmulas de W_{mh} que será el peso del material seco formula (W_{mh}=C-B), así mismo determinar Peso de material seco (W_s) determinado por la siguiente formula

(W_s=D-B) y finalmente así determinar el Contenido de Humedad Mediante la Formula (W%=W_{mh}-W_s/W_s*100)

El procedimiento detallado se encuentra en la Norma Técnica Peruana (NTP) 339.127 [6].

B. Análisis Granulométrico de Agregados

Se hizo uso de los dos tipos de agregados en uso para la investigación. (grueso y fino)

- Balanza con aproximación de 0.01g.
- Tamices normalizados
- Taras o recipientes

Para el presente ensayo se hizo uso de taras normalizadas para cada tipo de agregado, con las aberturas respectivas, tomando en cuenta, que este dentro de los Husos Granulométricos establecido por la Norma ASTM C33, así mismo para determinar el Módulo de finura indispensable para el diseño de mezcla correspondiente; para esto se realizó el ensayo tomando en cuenta el contenido retenido en cada uno de los tamices siendo pesado y llevado a una Hoja de Cálculo para realizar su gráfica y así mismo verificar por el agregado fino el módulo de finura respectivo con la fórmula,

$$M.F. = \left(\frac{\sum \%Ret. Acum. Mallas N^{\circ}4 - N^{\circ}100}{100} \right)$$

Así de esta manera el procedimiento detallado en la NTP 400.012 [7].

C. Peso específico y absorción de agregado grueso

Los valores de peso específico y absorción van a ser usados en su condición natural de humedad sin alterar su estatus inicial.

El análisis, materiales, equipo y procedimiento respectivo se realizado siguiendo la normativa presentada para el ensayo, que está establecido en la NTP 400.021 [8].

D. Peso específico y absorción de agregado fino

El material deberá estar en su forma original sin recibir ningún tipo de mantenimiento para su evaluación mediante el ensayo.

El análisis, materiales, equipo y procedimiento respectivo se realizado siguiendo la normativa presentada para el ensayo, que está establecido en la NTP 400.022 [9].

E. Peso Unitario y Relación de Vacíos

Los agregados a usar deben mantener una temperatura de 110°C +- 5°C

El análisis, materiales, equipo y procedimiento respectivo se realizado siguiendo la normativa presentada para el ensayo, que está establecido en la NTP 400.017 [10].

F. Abrasión Los Angeles

El material que se usó en el ensayo fue una muestra seca de 110°C \pm 5°C, con la carga abrasiva Tipo “B”

El análisis, materiales, equipo y procedimiento respectivo se realizado siguiendo la normativa presentada para el ensayo, que está establecido en la NTP 400.019 [11].

G. Asentamiento del concreto (SLUMP)

Se realizo con la mezcla obtenida en gabinete para la verificación si el conceto presentado para la investigación es apto.

El análisis, materiales, equipo y procedimiento respectivo se realizado siguiendo la normativa presentada para el ensayo, que está establecido en la NPT 339.035 [12].

H. Resistencia a Compresión de testigos cilíndricos

Teniendo elaborados los testigos de concreto con el fundamento teórico y práctico establecido se procedió a realizar el ensayo en la máquina de compresión para analizar datos obtenidos.

Así mismo el proceso del ensayo se establece en la NTP 339.034 [13].

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. ENSAYOS DE LA DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS DE LA CANTERA RIO CHONTA

En la Tabla 1 se muestra las propiedades del agregado fino obtenidas, ya que ayudó en el diseño de mezcla respectivo, para establecer la resistencia a compresión requerida.

TABLA 1
PROPIEDADES DEL AGREGADO FINO
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGREGADO FINO

ENSAYO	VALOR	UNIDADES
Peso Volumétrico Compactado	1.87	gr/cm ³
Peso Volumétrico Suelto	1.76	gr/cm ³
Peso Específico Seco	2.80	gr/cm ³
Contenido de humedad	1.92	%
Porcentaje de Absorción	13.85	%
Módulo de Finura	2.66	

Así mismo en la Fig. 1 donde se muestra que los agregados usados en la investigación son aptos de acuerdo a la norma para lo que respecta al agregado fino que paso por los diferentes ensayos antes mencionados.

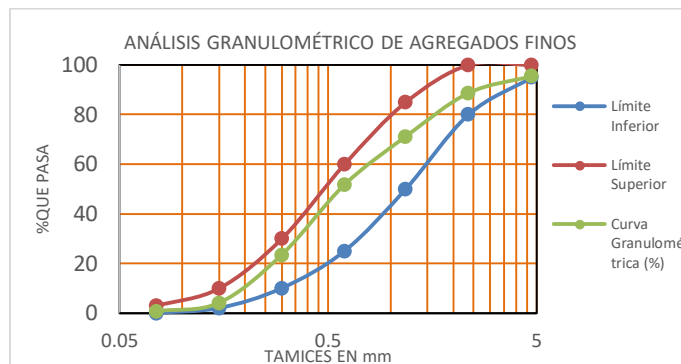


Fig. 1 Análisis granulométrico de agregados finos.

Se verificó que el material este contemplado dentro de los Husos Granulométricos establecidos en Norma.

En la Tabla 2 se muestra las propiedades del agregado grueso obtenidas, ya que ayudó en el diseño de mezcla respectivo, para establecer la resistencia a compresión requerida.

TABLA 2
PROPIEDADES DEL AGREGADO GRUESO
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGREGADO FINO

ENSAYO	VALOR	UNIDADES
Tamaño Máximo Nominal	1"	
Peso Volumétrico Compactado	1.54	gr/cm ³
Peso Volumétrico Suelto	1.42	gr/cm ³
Peso Específico Seco	2.65	gr/cm ³
Contenido de humedad	0.46	gr/cm ³
Porcentaje de Absorción	0.36	%
Abrasión	25.80	%

De igual manera en la Fig. 2 donde se muestra que los agregados usados en la investigación son aptos de acuerdo a la norma para lo que respecta al agregado fino que paso por los diferentes ensayos antes mencionados.

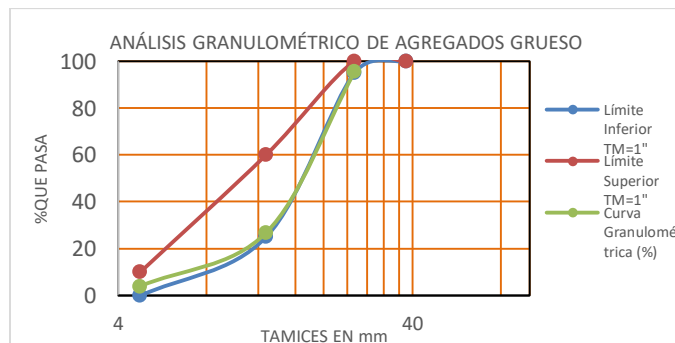


Fig. 2 Análisis granulométrico de agregados gruesos.

La Tabla 3, muestra resultados del diseño de mezcla que se realizó para obtener un concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, con los datos obtenidos de los ensayos a los materiales.

TABLA 3
DISEÑO DE MEZCLA

VALORES ESTABLECIDOS POR HOJA DE CALCULO		
MATERIAL	VALOR	UNIDADES
Cemento	1.00	
Agregado fino	2.46	
Agregado grueso	2.95	
Agua Efectiva	35.86	Lt/bolsa

La Tabla 4, muestra la cantidad de materiales para 18 probetas con muestra patrón que se realizó para obtener un concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, con los datos obtenidos de los ensayos a los materiales.

TABLA 4
CANTIDAD DE MATERIAL POR TANDA

TANDA CALCULADA PARA 18 PROBETAS ESTADAR-NORMALIZADAS		
MATERIAL	VALOR	UNIDADES
Cemento	32.98	kg
Agregado fino	81.26	kg
Agregado grueso	97.42	kg
Agua Efectiva	27.83	lt

La Tabla 5, muestra la cantidad de materiales para 18 probetas con el reemplazo de 4% puzolana volcánica al peso del cemento, con los datos obtenidos de los ensayos a los materiales y con la previa evaluación de composición química de puzolana volcánica por el proceso de calcinación.

TABLA 5
CANTIDAD DE MATERIAL POR TANDA

TANDA CALCULADA PARA 18 PROBETAS ESTADAR-NORMALIZADAS		
MATERIAL	VALOR	UNIDADES
Cemento	31.66	kg
Agregado fino	81.26	kg
Agregado grueso	97.42	kg
Agua Efectiva	27.83	lt
Puzolana Volcánica	1.32	kg

La Tabla 6, muestra la cantidad de materiales para 18 probetas con el reemplazo de 8% puzolana volcánica al peso del cemento, con los datos obtenidos de los ensayos a los materiales y con la previa evaluación de composición química de puzolana volcánica por el proceso de calcinación.

TABLA 6
CANTIDAD DE MATERIAL POR TANDA

TANDA CALCULADA PARA 18 PROBETAS ESTADAR-NORMALIZADAS		
MATERIAL	VALOR	UNIDADES
Cemento	30.34	kg
Agregado fino	81.26	kg
Agregado grueso	97.42	kg
Agua Efectiva	27.83	lt
Puzolana Volcánica	2.64	kg

La Tabla 7, muestra la cantidad de materiales para 18 probetas con el reemplazo de 12% puzolana volcánica al peso del cemento, con los datos obtenidos de los ensayos a los materiales y con la previa evaluación de composición química de puzolana volcánica por el proceso de calcinación.

TABLA 7
CANTIDAD DE MATERIAL POR TANDA

TANDA CALCULADA PARA 18 PROBETAS ESTADAR-NORMALIZADAS		
MATERIAL	VALOR	UNIDADES
Cemento	29.02	kg
Agregado fino	81.26	kg
Agregado grueso	97.42	kg
Agua Efectiva	27.83	lt
Puzolana Volcánica	3.96	kg

La Tabla 8, muestra la cantidad de materiales para 18 probetas con el reemplazo de 15% puzolana volcánica al peso del cemento, con los datos obtenidos de los ensayos a los materiales y con la previa evaluación de composición química de puzolana volcánica por el proceso de calcinación.

TABLA 8
CANTIDAD DE MATERIAL POR TANDA

TANDA CALCULADA PARA 18 PROBETAS ESTADAR-NORMALIZADAS		
MATERIAL	VALOR	UNIDADES
Cemento	28.03	kg
Agregado fino	81.26	kg
Agregado grueso	97.42	kg
Agua Efectiva	27.83	lt
Puzolana Volcánica	4.95	kg

La composición química de la muestra puzolánica, resultó ser efectiva, teniendo en cuenta que el proceso de la misma; fue de manera artesanal con variantes respectivas para reemplazarlo en el peso del cemento, pero se pudo verificar que las propiedades químicas que tiene la puzolana, mejoraron el concreto; a continuación, en la Tabla 9 se presentan las propiedades químicas de la muestra puzolánica que se analizó por el proceso de calcinación.

TABLA 9
COMPOSICIÓN QUÍMICA MUESTRA
PUZOLANA

COMPOSICIÓN	RES. % EN PESO
SiO ₂	64.02
Al ₂ O ₃	14.17
Fe ₂ O ₃	2.06
CaO	3.20
MgO	0.78
Na ₂ O	1.52
K ₂ O	1.21
PPI	11.07
TOTAL	98.63

También se determinó el Punto de Fluencia y Módulo de Elasticidad del concreto a diferentes tiempos de curado, donde se usó dos métodos para el cálculo de la misma (Método de Tangente y Método de Secante) donde se obtuvo diferentes resultados en cuanto al Punto de Fluencia respecto a la Teoría propuesta en libros de Concreto Armado.

Teniendo como discusión que los materiales a usar son diferentes por tal motivo el Punto de Fluencia es variable como se determinó en los concretos comunes, sin ningún tipo de aditivo.

Se presenta los valores promedio obtenidos del ensayo realizado a diferentes tiempos de curado en la Tabla 10.

TABLA 10			
PUNTO DE FLUENCIA Y MÓDULO DE ELASTICIDAD			
	7 DÍAS	14 DÍAS	28 DÍAS
Punto de fluencia promedio (kg/cm ²)	132.10	163.40	186.80
Módulo de elasticidad promedio (kg/cm ²)	22222.66	28490.72	31781.41

PUNTO DE FLUENCIA Y MÓDULO DE ELASTICIDAD

De acuerdo a la Fig. 3, los resultados demuestran como el reemplazo de Puzolana Volcánica son capaces de generar un incremento de la resistencia a la compresión axial de los especímenes a los 7 días.

Los datos recolectados demuestran que todos los reemplazos de Puzolana Volcánica de la resistencia se incrementan, dando mayor realce al reemplazo de 15% donde alcanza el mayor incremento. Asimismo, se puede notar que al reemplazar el 4% de Puzolana Volcánica se obtiene un incremento de la resistencia a compresión del 4.64% con respecto al diseño patrón, asimismo al reemplazar el 8% de Puzolana Volcánica su resistencia a compresión se aumenta en un 9.82% con respecto al diseño patrón y al reemplazar 12% la resistencia a compresión se aumenta ligeramente en un 11.24% y finalmente al reemplazar el 15% de Puzolana Volcánica llega al incremento máximo el cual es de 15.33%.

Estos resultados reflejan la posibilidad de emplear la Puzolana Volcánica en la elaboración de elementos estructurales para edificaciones debido al incremento en la resistencia a la compresión axial en los primeros días sólo si se aplica en la dosificación adecuada.

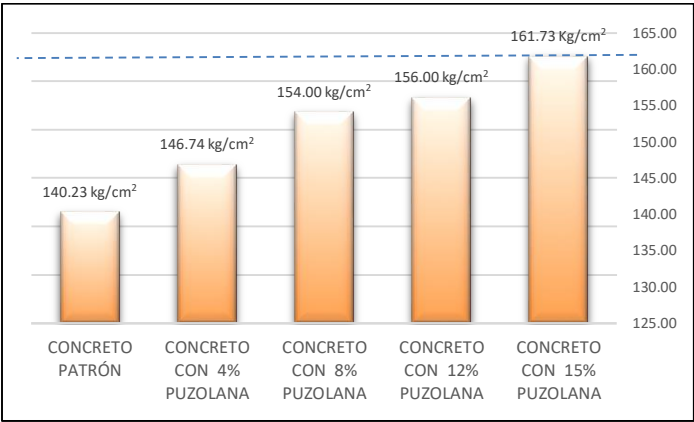


Fig. 3 Resultados promedio de resistencia a la compresión (7 días)

De acuerdo a la Fig. 4, los resultados demuestran como el reemplazo de Puzolana Volcánica son capaces de generar un incremento de la resistencia a la compresión axial de los especímenes a los 14 días.

Los datos recolectados demuestran que todas las adiciones de Puzolana Volcánica de la resistencia se incrementan, dando mayor realce al reemplazo de 15% donde alcanza el mayor incremento. Asimismo, se puede notar que al reemplazar el 4% de Puzolana Volcánica se obtiene un incremento de la resistencia a compresión del 0.29% con respecto al diseño patrón, asimismo al reemplazar el 8% de Puzolana Volcánica su resistencia a compresión se aumenta en un 1.56% con respecto al diseño patrón y al reemplazar 12% la resistencia a compresión se aumenta ligeramente en un 3.48% y finalmente al reemplazar el 15% de Puzolana Volcánica llega al incremento máximo el cual es de 7.26%.

Así mismo estos resultados reflejan la posibilidad de emplear la Puzolana Volcánica en la elaboración de elementos estructurales para edificaciones debido al incremento en la resistencia a la compresión axial en los primeros días sólo si se aplica en la dosificación adecuada.

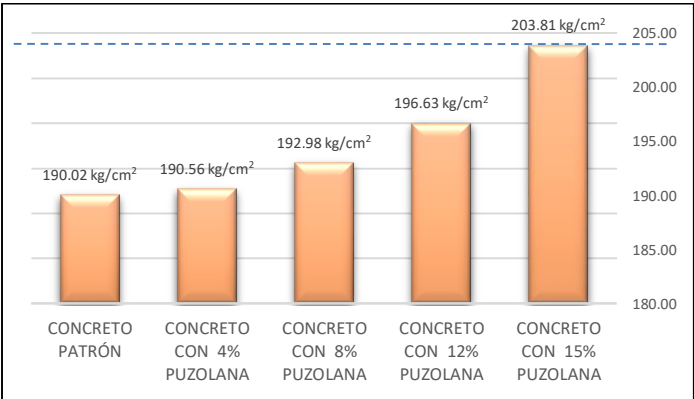


Fig. 4 Resultados promedio de resistencia a la compresión (14 días)

De acuerdo a la Fig. 5, los resultados demuestran como el reemplazo de Puzolana Volcánica son capaces de generar un

incremento de la resistencia a la compresión axial de los especímenes a los 28 días.

Los datos recolectados demuestran que todos los reemplazos de Puzolana Volcánica de la resistencia se incrementan, dando mayor realce al reemplazo de 15% donde alcanza el mayor incremento. Asimismo, se puede notar que al reemplazar el 4% de Puzolana Volcánica se obtiene un incremento de la resistencia a compresión del 0.41% con respecto al diseño patrón, asimismo al reemplazar el 8% de Puzolana Volcánica su resistencia a compresión se aumenta en un 2.81% con respecto al diseño patrón y al reemplazar 12% la resistencia a compresión se aumenta ligeramente en un 9.57% y finalmente al reemplazar el 15% de Puzolana Volcánica llega al incremento máximo el cual es de 17.98%.

Así mismo estos resultados reflejan la posibilidad de emplear la Puzolana Volcánica en la elaboración de elementos estructurales para edificaciones debido al incremento en la resistencia a la compresión axial en los días donde se sabe que alcanzará su resistencia máxima en un 98% sólo si se aplica en la dosificación adecuada.

De esta manera es relevante el porcentaje de adición que se le hace al concreto, como se observa a un mayor tiempo de curado y aun mayor porcentaje de adición la resistencia del concreto aumenta considerablemente.

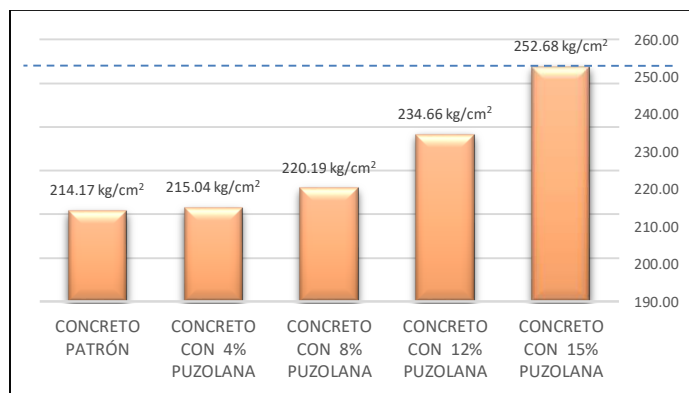


Fig. 5 Resultados promedio de resistencia a la compresión (28 días)

De acuerdo a los resultados que se ven en la Fig. 5, el concreto convencional y el concreto con reemplazo de Puzolana Volcánica a diferentes porcentajes son aptos para el uso en el concreto, cumpliendo con los requerimientos de resistencia mínima según norma ASTM C39 / N.T.P 339.034. [14].

En los resultados obtenidos en la Fig. 6, nos muestra que, para cada porcentaje de adición de puzolana, la resistencia del concreto, para diferentes días, presentan un incremento. Los días donde se tomaron los datos fueron a los 7, 14 y 28 días, que son las edades que comúnmente se estudia en un concreto. Como se puede apreciar, en el resultado a los 28 días, es donde la adición de puzolana al 15% alcanzó el máximo pico respecto a las demás adiciones y a la muestra patrón.

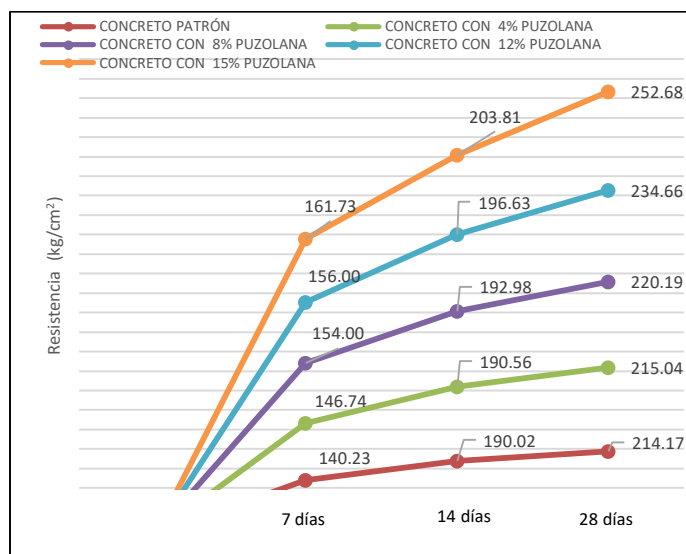


Fig. 6 Variación de la Resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días

IV. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos, se cumple la hipótesis que se ha planteado, al tiempo de curado de 28 días, todos los porcentajes de reemplazo de puzolana volcánica aumentan la resistencia a compresión del concreto, la adición de 15% del peso del cemento se obtuvo una mejora de resistencia a compresión aumentando en un 17.98% con respecto al diseño patrón, superando al porcentaje de adición de 12%, 8% y 4% con mejora a compresión con relación al diseño patrón en el día 28 de 9.57%, 2.81% y 0.41% respectivamente.

Los resultados obtenidos nos indican que los concretos reemplazados con puzolana volcánica presentan una resistencia mayor a las del concreto convencional según resultados obtenidos a los 7, 14 y 28 días.

De esta manera, se ve la gran importancia que tienen los materiales puzolánicos en el concreto, generando así un mejor comportamiento en la resistencia de este último, ayudando en parte, a que las construcciones sean más resistentes. Este material además de mejorar la resistencia, como se mencionó anteriormente, es fácil de conseguir, en el Perú, por ejemplo, se tienen diferentes yacimientos de puzolanas naturales (rocas volcánicas), en Arequipa en el “Misti”, en Ayacucho en el “Sara Sara”, en Cajamarca en “Baños del Inca”, entre otros que podrían generar un movimiento económico para estas regiones explotando puzolana natural para la mejora en el concreto, siempre respetando las normativas nacionales. Esto no solo podría aplicarse en el Perú, sino en otros países que tengan este material en gran magnitud en su territorio.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este artículo agradecen, primeramente, a Dios por darnos la vida y obsequiarnos de sabiduría, para obtener así conocimientos y con esto coadyuvar a nuestra sociedad en mejoras para los materiales que se utilizan en la construcción, también agradecer a la Universidad Privada del

Norte por permitirnos sus instalaciones para el desarrollo de esta investigación, al director de carrera de Ing. Civil-UPNC, Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga por el apoyo y las facilidades para desarrollar dicho trabajo y a la institución LACCEI por permitir presentar estos trabajos de investigación a todo el mundo y ver lo que puede contribuir cada profesional desde cada uno de sus países.

REFERENCIAS

- [1] Fletes, M. O. (2013). La importancia del concreto como material de construcción. Tepic.
- [2] Gutiérrez de López, L. (2003). El concreto y otros materiales para la construcción (Libro). Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia. (p.33).
- [3] NTP 339.047:2006 HORMIGÓN (CONCRETO), Definiciones y terminología relativas al hormigón y agregados. 2a. ed. R. 0013-2006/INDECOPI-CRT (2006-02-16).
- [4] ACI, A. C. (2013). Diseño de mezclas. Michigan: American Concrete Institute.
- [5] Sánchez, C (2008). Estudio Experimental del Empleo de Diatomita en la Producción de Concreto de Alto Desempeño. (Tesis de Pregrado). Universidad de Ciencias Aplicadas. Lima, Perú.
- [6] NTP 339.127:2002 AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad. R. 48-2002-INDECOPI-CRT (2002-05-30).
- [7] NTP 400.012:2001 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. 2a. ed. R. 71-2001-INDECOPI-CRT (2001-07-17).
- [8] NTP 400.021:2002 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso. 2a. ed. R. 48-2002-INDECOPI-CRT (2002-05-30).
- [9] NTP 400.022:2002 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino. 2a. ed. R. 48-2002-INDECOPI-CRT (2002-05-30).
- [10] NTP 400.017:1999 AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado. 2a. ed. R. 21-99-INDECOPI-CRT (1999-04-29).
- [11] NTP 400.019:2002 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños
- [12] NTP 339.035:1999 HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrams. 2a. ed. R. 21-99-INDECOPI-CRT (1999-04-29).
- [13] NTP 339.034:2008 HORMIGÓN (CONCRETO), Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. 3a. ed. R. 001-2008/INDECOPI-CRT (2008-01-25).
- [14] Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2020). Normas Técnicas Peruanas. Lima, Perú. Recuperado de: <https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/catalogo-bibliografico>.