

Análisis comparativo de la resistencia a compresión en cubos de mortero elaborados con materiales provenientes de distintas minas bajo la norma NTE INEN 488: 2009

Comparative analysis of compressive strength in mortar cubes produced with materials from different aggregate mines under NTE INEN 488:2009 standard

Luis Leonardo Zambrano Salazar

Universidad Indoamérica
luiszambrano@uti.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0001-5966-8123>
Ecuador - Ambato

Andres Rafael Abril Camino

Universidad Indoamérica
andresabril@util.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-1342-2651>
Ecuador - Ambato

Steven Andre Dominguez Tixe

Universidad Indoamérica
adominguez4@indoamerica.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0000-0158-5643>
Ecuador - Ambato

Jasson Alexander Rosero Oto

Universidad Indoamérica
jrosero15@indoamerica.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0004-9452-486>
Ecuador - Ambato

Jaime David Ramos Talahua

Universidad Indoamérica
jramos26@indoamerica.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0003-8855-340X>
Ecuador - Ambato

Formato de citación APA

Zambrano, L. Abril, A. Dominguez, S. Rosero, J. & Ramos, J. (2026). Análisis comparativo de la resistencia a compresión en cubos de mortero elaborados con materiales provenientes de distintas minas bajo la norma NTE INEN 488: 2009. Revista REG, Vol. 5 (Nº. 1), p. 850 – 864.

CIENCIA INTERACTIVA

Vol. 5 (Nº. 1). Enero – marzo 2026.
ISSN: 3073-1259

Fecha de recepción: 08-02-2026

Fecha de aceptación :19-02-2026

Fecha de publicación:30-03-2026



RESUMEN

La resistencia a la compresión es la principal propiedad mecánica utilizada para evaluar el desempeño estructural y la calidad de los morteros a base de cemento en aplicaciones de ingeniería. El presente estudio desarrolla un análisis comparativo de cubos de mortero de 50 mm de arista elaborados con agregados finos provenientes de diferentes minas y ensayados bajo condiciones estandarizadas de laboratorio. El procedimiento experimental se ejecutó conforme a la NTE INEN 488:2009 y su equivalente internacional ASTM C109/C109M, garantizando uniformidad en la preparación de especímenes, proporciones de mezcla, condiciones de curado y aplicación de carga. Las muestras fueron elaboradas con una relación agua-cemento controlada y compactadas en moldes cúbicos normalizados. Los cubos se sometieron a curado en agua y fueron ensayados a los 7, 14 y 21 días con el fin de evaluar la evolución de la resistencia mecánica en función del tiempo. Los resultados evidenciaron un incremento progresivo de la resistencia conforme aumentó la edad de curado, confirmando la influencia directa del proceso de hidratación del cemento y la densificación microestructural en el desempeño mecánico. Cabe recalcar que se observaron variaciones entre las muestras elaboradas con agregados provenientes de distintas minas. Estas diferencias se atribuyen a la composición mineralógica, forma de las partículas, textura superficial y granulometría del agregado fino, cuales son factores que influyen directamente en la adherencia pasta-agregado y en la porosidad interna del material. Los hallazgos resaltan la importancia del origen del agregado en la variabilidad de la resistencia y la necesidad de aplicar controles de calidad estandarizados en materiales de construcción.

PALABRAS CLAVE: resistencia a compresión, mortero, cubos de 50 mm, mina de agregado, NTE INEN 488.



ABSTRACT

Compressive strength is the primary mechanical property used to evaluate the structural performance and quality of cement-based mortars in engineering applications. This study develops a comparative analysis of 50 mm mortar cubes produced with fine aggregates obtained from different mines and tested under standardized laboratory conditions. The experimental procedure was carried out in accordance with NTE INEN 488:2009 and its international equivalent ASTM C109/C109M, ensuring uniformity in specimen preparation, mix proportions, curing conditions, and load application. The specimens were prepared using a controlled water–cement ratio and compacted in standardized cubic molds. The cubes were water-cured and tested at 7, 14, and 21 days in order to evaluate the evolution of mechanical strength over time. The results showed a progressive increase in strength as curing age increased, confirming the direct influence of cement hydration and microstructural densification on mechanical performance. It is important to note that variations were observed among specimens produced with aggregates sourced from different mines. These differences are attributed to the mineralogical composition, particle shape, surface texture, and gradation of the fine aggregate, which are factors that directly influence paste–aggregate bonding and the internal porosity of the material. The findings highlight the importance of aggregate origin in strength variability and the need to implement standardized quality control procedures in construction materials.

KEYWORDS: Compressive strength; mortar cubes; fine aggregate; aggregate mine origin; cement hydration; mechanical properties; NTE INEN 488; ASTM C109.



INTRODUCCIÓN

La resistencia a la compresión constituye el parámetro mecánico fundamental para evaluar el comportamiento estructural de los materiales cementicios, particularmente en morteros y concretos empleados en aplicaciones de ingeniería, en el caso de los morteros elaborados con cemento hidráulico y agregado fino, esta propiedad ayuda a estimar su capacidad portante, su durabilidad potencial y su idoneidad para usos estructurales y no estructurales. El ensayo normalizado en cubos de 50 mm de arista se encuentra regulado en Ecuador por la NTE INEN 488:2009 y, a nivel internacional, por la ASTM C109/C109M, dichas normas que establecen criterios precisos sobre dosificación, preparación, compactación, curado y procedimiento de carga. La aplicación rigurosa de estas normas garantiza la reproducibilidad de resultados y la comparabilidad entre estudios (Muciño et al., 2021).

Desde el punto de vista microestructural, la resistencia a la compresión del mortero está directamente asociada al proceso de hidratación del cemento. Durante este proceso, varios de los compuestos anhidros del clínker reaccionan con el agua y forman productos hidratados, principalmente el gel de silicato de calcio hidratado (C-S-H), responsable de la cohesión y rigidez del material (Chen et al., 2012). De acuerdo con Properties of Concrete es decir las propiedades del concreto, la evolución de la resistencia está vinculada a la reducción progresiva de la porosidad capilar y al incremento de la densidad interna de la matriz cementicia, fenómeno que se intensifica con el tiempo de curado (Ollivier, 2013). Por tanto, es esperable que los valores de resistencia aumenten a edades de 7, 14 y 21 días, reflejando el desarrollo continuo de la microestructura.

Además del cemento y del tiempo de curado, la naturaleza del agregado fino desempeña un papel determinante en el comportamiento mecánico del mortero. El agregado no actúa únicamente como material de relleno, sino que influye en la trabajabilidad, en la estabilidad dimensional y en la adherencia interfacial entre la pasta y las partículas minerales (Muciño et al., 2021). Investigaciones recientes han demostrado que la composición mineralógica, la forma y textura superficial de las partículas, así como su distribución granulométrica, pueden modificar significativamente la resistencia a la compresión (Gao et al., 2022). En agregados provenientes de diferentes minas, estas características pueden variar considerablemente debido a diferencias geológicas y procesos de extracción.



La zona de transición interfacial (ITZ, por sus siglas en inglés) entre la pasta de cemento y el agregado constituye uno de los puntos críticos del material compuesto. Estudios publicados, evidencian que una mejor adherencia en la ITZ reduce la concentración de microfisuras y mejora la capacidad resistente global del mortero (Gao et al., 2022). Cuando el agregado presenta alta rugosidad superficial o composición silíceo estable, la unión mecánica y química suele ser más eficiente, favoreciendo mayores resistencias finales. Es decir, que la presencia de finos arcillosos o partículas redondeadas puede incrementar la porosidad y disminuir la adherencia pasta-agregado.

La relación agua y cemento menciona que también constituye un factor crítico en el desarrollo de la resistencia. Una relación elevada genera mayor porosidad capilar tras la evaporación del agua excedente, reduciendo la resistencia mecánica final, pero en cambio, las relaciones controladas permiten optimizar la hidratación sin comprometer la compacidad del material. Según Ollivier, (2013), la resistencia a la compresión es inversamente proporcional a la relación a/c dentro de rangos técnicos normales, principio ampliamente aceptado en la tecnología del concreto y del mortero (Sathiparan, 2025).

Que, en varios países, pero, particularmente en Ecuador, la calidad de los agregados finos puede variar significativamente entre minas debido a diferencias en el origen geológico, métodos de trituración y procesos de clasificación granulométrica. Sin embargo, existe limitada literatura científica local que compare sistemáticamente el comportamiento mecánico de morteros elaborados con agregados provenientes de distintas fuentes mineras bajo condiciones normalizadas. Esta brecha de conocimiento justifica la necesidad de investigaciones experimentales que permitan establecer criterios técnicos para la selección de materiales y el control de calidad en obras civiles (Sathiparan, 2025).

La estandarización del ensayo bajo la NTE INEN 488:2009 y la ASTM C109/C109M proporciona un marco metodológico confiable para evaluar la resistencia a compresión en cubos de mortero de 50 mm. En estas normas especifican la velocidad de aplicación de carga, las condiciones de curado en agua, las dimensiones exactas de los moldes y los procedimientos de cálculo de la resistencia, expresada generalmente en MPa o kg/cm² (Yuan et al., 2014). La uniformidad metodológica permite atribuir las diferencias observadas principalmente a variables intrínsecas del material, como el origen del agregado, en lugar de a variaciones experimentales (Estefanía, 2017). Cabe recalcar que en el análisis comparativo de resultados a diferentes edades de curado permite comprender la cinética de ganancia de resistencia y evaluar si determinados agregados favorecen un desarrollo temprano o tardío del desempeño mecánico. Este aspecto es particularmente relevante en aplicaciones donde se



requieren resistencias iniciales específicas, como en elementos prefabricados o en cronogramas acelerados de construcción.

Por lo cual en el presente estudio tiene como objetivo analizar y comparar la resistencia a la compresión de cubos de mortero elaborados con agregados finos provenientes de distintas minas, evaluando su comportamiento a edades de 7, 14 y 21 días bajo condiciones normalizadas. Se busca determinar la influencia del origen del agregado en la variabilidad de la resistencia y establecer criterios técnicos que contribuyan a la optimización de materiales en la ingeniería civil. Este enfoque integra fundamentos teóricos de la hidratación del cemento, principios de mecánica de materiales y consideraciones prácticas de control de calidad, aportando evidencia experimental relevante para el ámbito académico y profesional.

MÉTODOS MATERIALES

El presente estudio experimental se desarrolló con el objetivo de comparar la resistencia a la compresión de cubos cuales son elaborados con agregados finos provenientes de diferentes minas, bajo condiciones controladas. El procedimiento se ejecutó conforme a los lineamientos establecidos en la NTE INEN 488:2009 y su equivalente internacional ASTM C109/C109M, garantizando la uniformidad en la preparación de especímenes, dosificación, compactación, curado y aplicación de carga. Estas normas establecen el uso de moldes cúbicos de 50 mm de arista y definen la metodología para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico.

Para la elaboración de las mezclas se utilizó cemento hidráulico tipo Portland de uso general, agregado fino cual es la arena cual proveniente de distintas minas (Titán Agregados Riobamba, Condt Alvarado en Ambato y Agrecon) y agua potable libre de impurezas visibles. Los agregados fueron previamente acondicionados y homogenizados para asegurar una distribución granulométrica uniforme dentro de cada lote. La dosificación se realizó siguiendo las proporciones indicadas en la norma técnica, empleando una relación agua-cemento controlado con el fin de minimizar variaciones en la trabajabilidad y en la porosidad final del material. La precisión en el pesaje de los materiales se garantizó mediante balanzas calibradas de laboratorio.

El proceso de mezclado se efectuó de manera mecánica hasta obtener una pasta homogénea y consistente, asegurando la adecuada dispersión del cemento y el recubrimiento uniforme de las partículas de arena. Posteriormente ya listo el mortero fresco fue colocado en moldes cúbicos



metálicos de 50 mm en dos capas sucesivas. Cada capa fue compactada mediante varillado y vibración ligera, conforme a lo estipulado en la ASTM C109/C109M, con el propósito de reducir la presencia de vacíos y garantizar una adecuada densificación del espécimen. Una vez completado el llenado, la superficie fue nivelada cuidadosamente para asegurar dimensiones exactas.

Después del moldeo, los especímenes permanecieron en reposo durante las primeras 24 horas en un ambiente controlado, protegidos de la pérdida de humedad y de variaciones térmicas significativas. Transcurrido este periodo, los cubos fueron desmoldados y sumergidos en agua a temperatura controlada para su curado. El curado se realizó durante 7, 14 y 21 días, con el fin de evaluar el desarrollo progresivo de la resistencia mecánica conforme avanza el proceso de hidratación del cemento, tal como se describe Ollivier, (2013).

El ensayo de compresión se llevó a cabo utilizando una máquina universal de ensayos calibrada, capaz de aplicar carga axial de manera continua y controlada. Cada cubo fue centrado cuidadosamente en la platina de la máquina para evitar excentricidades durante la aplicación de la carga. La carga se incrementó de forma progresiva hasta la falla del espécimen, registrándose la carga máxima soportada. La resistencia a la compresión se calculó dividiendo la carga máxima entre el área transversal del cubo (25 cm²), expresando los resultados en kg/cm² y MPa según corresponda.

Con el propósito de garantizar la confiabilidad de los resultados, se ensayaron múltiples especímenes para cada edad de curado y para cada tipo de agregado proveniente de las distintas minas. Los valores obtenidos fueron organizados y comparados según la procedencia del material, permitiendo analizar la influencia del origen mineralógico en la resistencia mecánica del mortero. Cada uno de los resultados fueron evaluados considerando criterios estadísticos básicos de promedio y variación, asegurando una interpretación técnica adecuada y coherente con los fundamentos de la tecnología de materiales cementicios.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Tabla 1.

Resistencia promedio a compresión del mortero (AGRECON)

Edad (días)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
7	78,52
14	86,99
21	125,42

Fuente: Zambrano L., Abril A., Domínguez S., Rosero J., Ramos J., (2026).



Tabla 2.

Resistencia promedio a compresión del mortero (TITÁN Agregados Riobamba)

Edad (días)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
7	66,49
14	88,30
21	96,84

Fuente: Zambrano L., Abril A., Domínguez S., Rosero J., Ramos J., (2026).

Tabla 3.

Resistencia promedio a compresión del mortero (CONST. ALVARADO)

Edad (días)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
7	67,58
14	105,26
21	101,05

Fuente: Zambrano L., Abril A., Domínguez S., Rosero J., Ramos J., (2026).

Tabla 4.

Comparación general de la resistencia promedio a compresión del mortero según procedencia del agregado.

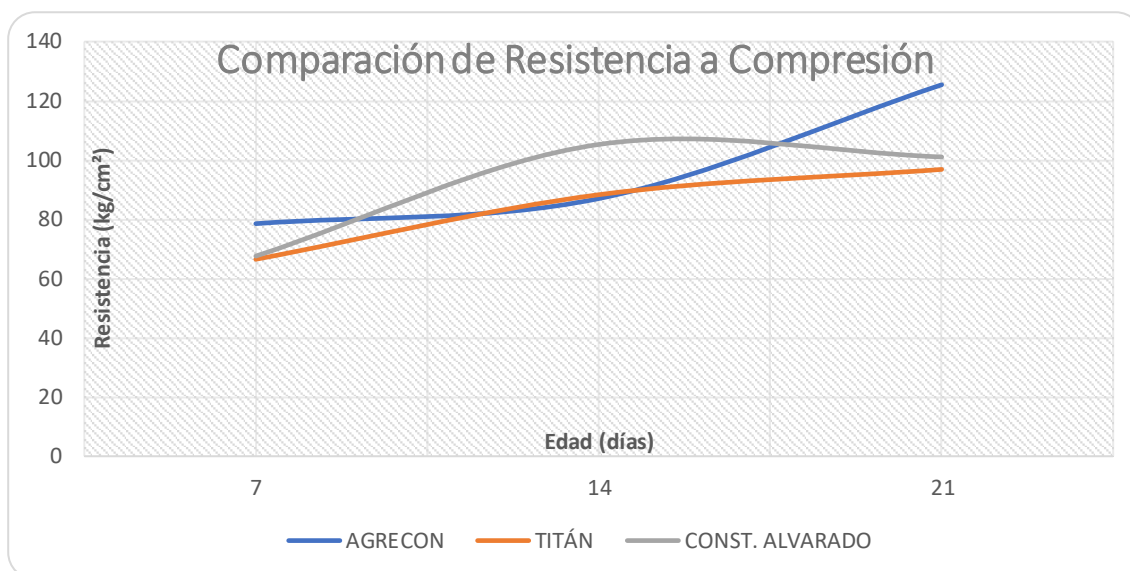
Mina / Procedencia del agregado	7 días (kg/cm ²)	14 días (kg/cm ²)	21 días (kg/cm ²)	Tendencia observada
AGRECON	78,52	86,99	125,42	Incremento progresivo continuo
TITÁN Agregados Riobamba	66,49	88,30	96,84	Incremento progresivo moderado
CONST. ALVARADO	67,58	105,26	101,05	Incremento hasta 14 días y ligera disminución posterior

Fuente: Zambrano L., Abril A., Domínguez S., Rosero J., Ramos J., (2026).



Gráfica 1.

Comparación general de la resistencia promedio a compresión del mortero según procedencia del agregado.



Fuente: Zambrano L., Abril A., Domínguez S., Rosero J., Ramos J., (2026).

DISCUSIÓN

El análisis comparativo de los resultados obtenidos para los morteros elaborados con agregados de AGRECON, TITÁN Agregados Riobamba y CONST ALVARADO permite establecer diferencias significativas en el comportamiento mecánico, evolución de la resistencia con la edad, estabilidad volumétrica y consistencia del proceso constructivo. La interpretación conjunta de los datos experimentales evidencia que, si bien los tres diseños presentan un desarrollo resistente acorde con el proceso de hidratación del cemento, existen variaciones atribuibles a la relación agua/cemento (w/c), condiciones de humedad del agregado fino, control de compactación y precisión en la dosificación.

En el caso de AGRECON, los resultados muestran un incremento progresivo y sostenido de la resistencia a compresión, pasando de 78,5 kg/cm² a los 7 días a 125 kg/cm² a los 21 días, lo que representa aproximadamente un 60 % de aumento. Este comportamiento es coherente con el modelo clásico de desarrollo de resistencia descrito en la literatura técnica del cemento Portland, donde la hidratación de los silicatos tricálcicos (C_3S) domina las primeras edades y la hidratación progresiva del

silicato dicálcico (C_2S) contribuye al incremento posterior de la resistencia. Estudios como los reportados por (Zhao et al., 2014) sostienen que el crecimiento de resistencia entre 7 y 28 días puede oscilar entre 30 % y 70 %, dependiendo de la relación w/c y del curado, rango en el cual se encuentra el comportamiento observado en AGRECON.

Al igual se demuestra que la densidad aparente registrada entre 2,0976 y 2,14 g/cm^3 evidencia una estructura interna relativamente compacta, con reducción progresiva de vacíos capilares. La ligera tendencia creciente de la densidad con la edad sugiere una mayor consolidación de la matriz cementante, posiblemente asociada a una hidratación más completa y menor porosidad efectiva. Sin embargo, la dispersión observada en los resultados a 14 días (97,08 y 76,89 kg/cm^2) indica que el control operativo no fue completamente uniforme. La literatura técnica reconoce que variaciones en la compactación manual, vibrado insuficiente o pérdida de humedad durante el curado pueden generar diferencias superiores al 15 % entre especímenes de una misma edad, lo cual parece evidenciarse en este caso.

En base a los datos del mortero elaborado con agregados de TITÁN Agregados Riobamba fue diseñado para una resistencia objetivo de 50 kg/cm^2 , con una relación w/c de 0.7942, considerablemente alta. Desde el punto de vista teórico, la ley de Abrams establece una relación inversamente proporcional entre la resistencia a compresión y la relación agua/cemento. Investigaciones ampliamente citadas en ingeniería de materiales demuestran que valores de w/c superiores a 0.70 incrementan significativamente la porosidad capilar, reduciendo la resistencia final. Esto explica que, aun cuando TITÁN presenta un incremento progresivo (66,49 kg/cm^2 a 7 días hasta 96,84 kg/cm^2 a 21 días), sus valores finales sean inferiores a los alcanzados por AGRECON.

Un aspecto destacable en TITÁN es la rigurosidad del proceso de corrección por humedad del agregado fino. La determinación de una corrección negativa de agua indica que la arena contenía humedad superior a su absorción, lo cual obligó a descontar agua del diseño inicial. Este procedimiento es técnicamente correcto y coincide con las recomendaciones normativas para evitar alteraciones en la relación w/c efectiva. Sin embargo, aunque el cálculo teórico fue meticuloso, la resistencia alcanzada demuestra que el diseño estuvo condicionado por el valor objetivo inicial relativamente bajo. Es decir, el desempeño final no fue limitado por errores de cálculo, sino por una dosificación concebida para una exigencia mecánica menor, además, el contenido de aire atrapado del 3,5 % también influye en la resistencia (Zhao et al., 2014). Estudios técnicos indican que por cada 1 % adicional de aire no controlado, la resistencia puede disminuir aproximadamente entre 4 % y 6 %. Por lo tanto, la

consideración explícita del volumen de aire en el diseño volumétrico es un acierto metodológico, la presencia de aire inevitablemente impacta la densidad y la resistencia final.

Por otro lado, CONST. ALVARADO presenta un comportamiento particular: la resistencia aumenta considerablemente de 7 a 14 días (de 6,63 MPa a 10,32 MPa), pero disminuye ligeramente a 21 días (9,91 MPa). Desde el punto de vista teórico, la resistencia del mortero no debería decrecer con la edad en condiciones adecuadas de curado. La literatura especializada señala que reducciones posteriores pueden asociarse a microfisuración temprana, variabilidad en la compactación o pérdida prematura de humedad. Considerando que la relación w/c aproximada fue 0,63 —valor más bajo que en TITÁN y más favorable desde el punto de vista mecánico, el descenso observado no parece atribuirse a la dosificación, sino a factores operativos del ensayo.

Mientras tanto, las densidades aparentes de CONST. ALVARADO, agrupadas entre 2,05 y 2,21 g/cm³, muestran consistencia geométrica razonable. No obstante, la amplitud entre valores mínimos y máximos de resistencia (por ejemplo, 3,84 MPa y 8,60 MPa a 7 días) evidencia alta dispersión inicial. Esta variabilidad puede interpretarse como falta de homogeneización en el mezclado o diferencias en la energía de compactación aplicada a cada cubo.

Al comparar, AGRECON es el único caso que muestra un crecimiento continuo y sin disminuciones a 21 días, alcanzando la mayor resistencia global (125 kg/cm²). Esto sugiere que su agregado fino podría presentar una granulometría más adecuada o una textura superficial que favorece la adherencia pasta-agregado. La zona de transición interfacial (ITZ) es reconocida en la literatura como el punto crítico en el comportamiento mecánico del mortero, donde agregados con menor contenido de finos perjudiciales o mejor distribución granulométrica reducen la concentración de micro vacíos en esta zona (Chen et al., 2012).

TITÁN, aunque presenta menor resistencia final, muestra un comportamiento progresivo estable y coherente con su diseño inicial. CONST. ALVARADO, pese a superar la resistencia objetivo-planteada a 14 y 21 días, evidencia mayor variabilidad, lo cual compromete la confiabilidad estadística del ensayo.

Desde una perspectiva comparativa general en AGRECON presenta la mejor evolución mecánica y mayor resistencia final, mientras que, TITÁN muestra consistencia metodológica pero limitada por su relación w/c elevada y CONST. ALVARADO logra resistencias competitivas, pero con dispersión significativa.

Los resultados se alinean con el comportamiento esperado según procedimientos estandarizados de ensayo de compresión de morteros, donde el incremento con la edad es el patrón



predominante. No obstante, la comparación evidencia que la calidad del agregado fino, el control de humedad y la relación agua/cemento son determinantes en el desempeño final, lo que demuestra que la resistencia mecánica no depende exclusivamente del cálculo teórico de dosificación, sino del equilibrio entre diseño, control de humedad, compactación, curado y uniformidad del procedimiento experimental. El caso de AGRECON demuestra que un adecuado balance entre estos factores permite maximizar el potencial resistente del mortero, mientras que TITÁN y CONST. ALVARADO evidencian cómo pequeñas variaciones operativas pueden reflejarse en diferencias cuantificables en la resistencia final.

CONCLUSIONES

El análisis comparativo de los morteros elaborados con agregados extraídos de minas como de AGRECON, TITÁN Agregados Riobamba y CONST. ALVARADO confirma que el desempeño mecánico está gobernado por la relación agua/cemento efectivo y por el control integral del proceso experimental. Se establece que la resistencia a compresión no responde únicamente al diseño teórico de mezcla, sino a la interacción entre dosificación, humedad real del agregado fino, compactación y condiciones de curado.

AGRECON evidencia el comportamiento más estable y consistente, mostrando un desarrollo resistente progresivo acorde con el modelo cinético de hidratación del cemento Portland. Este desempeño sugiere una configuración granulométrica favorable y una adecuada calidad interfacial pasta-agregado, factores que reducen la porosidad capilar y optimizan la transferencia de esfuerzos en la zona de transición interfacial (ITZ). El caso demuestra que la coherencia entre diseño y ejecución permite alcanzar el máximo potencial resistente del sistema cementante.

TITÁN Agregados Riobamba presenta un comportamiento mecánico condicionado por una relación agua/cemento elevado. Aunque el procedimiento de corrección por humedad fue técnicamente adecuado, el nivel resistente alcanzado refleja las limitaciones inherentes a una matriz con mayor volumen de poros capilares. Se ratifica así la validez empírica de la ley de Abrams y la influencia directa del contenido de agua efectiva sobre la microestructura endurecida.

CONST. ALVARADO alcanza resistencias superiores a la meta de diseño, pero exhibe mayor dispersión y una ligera inestabilidad a edades posteriores. Este comportamiento sugiere que la variabilidad se asocia a factores operativos más que a deficiencias en la dosificación, evidenciando que la confiabilidad estadística del ensayo depende del control de homogenización y compactación. El estudio confirma que la calidad del agregado fino constituye un factor determinante en el desarrollo resistente del mortero, en concordancia con investigaciones que relacionan la estructura de poros y la



ITZ con la capacidad mecánica final. Los resultados se alinean con el estado del conocimiento actual y con el comportamiento esperado bajo procedimientos normalizados. Entre las limitaciones se reconoce la ausencia de caracterización microestructural y análisis granulométrico detallado, así como el tamaño limitado de muestra, lo que restringe la extrapolación estadística. No obstante, la aplicación de métodos estandarizados respalda la validez técnica de los resultados dentro del alcance experimental.

En futuras investigaciones incorporar análisis microestructurales (SEM), evaluación de distribución de tamaño de poro, estudio a edades superiores (28 y 56 días) y aplicación de modelos estadísticos de confiabilidad. Al igual que se sugiere explorar el uso de aditivos reductores de agua que permitan optimizar la relación w/c sin afectar la trabajabilidad.

Es decir que el desempeño mecánico óptimo del mortero se alcanza cuando existe correspondencia entre diseño de mezcla, calidad del agregado y rigor en la ejecución experimental, confirmando que la resistencia es el resultado de un sistema multifactorial y no de un parámetro aislado.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chen, X., Wu, S., & Zhou, J. (2012). Influence of porosity on compressive and tensile strength of cement mortar. *Construction And Building Materials*, 40, 869-874.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.11.072>
- Estefanía, M. G. C. (2017). *Análisis de la distribución del tamaño del cemento por el método de granulometría láser y su relación con las resistencias a través de los ensayos universales*.
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/26916>
- Gao, Y., Xie, Y., Wang, S., Li, S., Chen, L., & Zhang, J. (2022). Electronic and Optical Properties of Twin T-Graphene Co-Doped with Boron and Phosphorus. *Materials*, 15(8), 2876.
<https://doi.org/10.3390/ma15082876>
- Muciño, A., Vargas, S., Pérez, N. A., Bucio, L., & Orozco, E. (2021). The influence of fine aggregates on Portland cement mortar compressive strength. *Results In Materials*, 10, 100182.
<https://doi.org/10.1016/j.rinma.2021.100182>
- Ollivier, J.-P. (2013). *Physical Properties of Concrete and Concrete Constituents*. Alemania: John Wiley & Sons, Incorporated. (De J.-M. Toorenti).
https://www.google.com.ec/books/edition/Physical_Properties_of_Concrete_and_Conc/BrbD42VWqboC?hl=es-419&gbpv=1&dq=Properties%20of%20Concrete&pg=PP1&printsec=frontcover
- Sathiparan, N. (2025). Predicting compressive strength in cement mortar: The impact of fly ash composition through machine learning. *Sustainable Chemistry And Pharmacy*, 43, 101915.
<https://doi.org/10.1016/j.scp.2025.101915>
- Yuan, Y. Q., Jiang, X. L., Zhu, Z. L., & Chen, J. (2014). Experimental Study on the Compressive Strength of Cement Mortar. *Applied Mechanics And Materials*, 711, 422-425.
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.711.422>
- Zhao, H., Xiao, Q., Huang, D., & Zhang, S. (2014). Influence of Pore Structure on Compressive Strength of Cement Mortar. *The Scientific World JOURNAL*, 2014, 1-12.
<https://doi.org/10.1155/2014/247058>
- Pinto, C., Jordán, N. & Naranjo, M. (2025). *Mecánica de materiales con enfoque a la Ingeniería Civil*. Editorial Universidad Tecnológica Indoamérica



Pinto-Almeida, C., Abril-Camino, A., & Abril-Camino, D. (2025). Mechanical performance of volcanic ash concrete showing modulus reduction with strength retention. Civil Engineering Journal, 11(10), 4422–4435. <https://doi.org/10.28991/CEJ-2025-011-10-024>

CONFLICTO DE INTERÉS:

Los autores declaran que no existen conflicto de interés posibles

FINANCIAMIENTO

No existió asistencia de financiamiento de parte de pares externos al presente artículo.

NOTA:

El artículo no es producto de una publicación anterior.

