

Análisis comparativo de la resistencia a compresión de dos cilindros de hormigón de peróxido de hidrógeno y bebida energizante
Comparative analysis of the compressive strength of two concrete cylinders made with hydrogen peroxide and energy drink

Carlos Pinto Almeida, Mayra Alejandra Núñez Medina, Samuel Orlando Gómez Bayas, Evelyn Elizabeth Silva Martínez, Jordy Fabricio Cando Cando

DIMENSIÓN CIENTÍFICA

Enero - junio, V^o-N^o1; 2026

Recibido: 10-01-2026
Aceptado: 20-02-2026
Publicado: 30-06-2026

PAIS

- Ambato, Ecuador
- Ambato, Ecuador
- Ambato, Ecuador
- Ambato, Ecuador
- Ambato, Ecuador

INSTITUCION

- Universidad Tecnológica Indoamérica
- Universidad Tecnológica Indoamérica
- Universidad Tecnológica Indoamérica
- Universidad Tecnológica Indoamérica
- Universidad Tecnológica Indoamérica

CORREO:

- ✉ cpinto4@indoamerica.edu.ec
- ✉ mayranunez@indoamerica.edu.ec
- ✉ sgomez13@indoamerica.edu.ec
- ✉ esilva11@indoamerica.edu.ec
- ✉ jcando13@indoamerica.edu.ec

ORCID:

- <https://orcid.org/0000-0001-8381-6731>
- <https://orcid.org/0000-0002-9199-8886>
- <https://orcid.org/0009-0008-2227-4279>
- <https://orcid.org/0009-0004-8364-1715>
- <https://orcid.org/0009-0002-3033-8662>

FORMATO DE CITA APA.

Pinto, C., Núñez, M., Gómez, S., Silva, E. & Cando, J. (2026). Análisis Comparativo De La Resistencia A Compresión De Dos Cilindros De Hormigón De Peróxido De Hidrógeno Y Bebida Energizante. Revista G-ner@ndo, V^o7 (N^o1.), p. 2094 – 2108.

Resumen

En el presente trabajo se analizó el comportamiento del hormigón cuando se sustituye el agua por líquidos no convencionales, específicamente una bebida energizante y peróxido de hidrógeno (agua oxigenada), con el propósito de evaluar su influencia en el fraguado, el curado y la resistencia a compresión mediante cilindros de hormigón ensayados bajo un enfoque experimental y cuantitativo. Para ello se elaboraron probetas cilíndricas de hormigón simple manteniendo constante la dosificación de los componentes sólidos (cemento, arena y ripio) y reemplazando totalmente el líquido de mezcla en tres escenarios: agua potable (muestra patrón), Bebida energizante (muestra experimental 1) y agua oxigenada (muestra experimental 2). Luego del moldeo y la compactación por capas, se evidenciaron variaciones importantes en los tiempos de fraguado y desmolde, ya que las probetas con Bebida energizante y agua oxigenada requirieron mayor tiempo de permanencia en el molde respecto al patrón. En la etapa de curado por inmersión, la muestra patrón se mantuvo 7 días, mientras que la muestra con Bebida energizante tuvo un curado reducido (4 días); por su parte, la muestra con agua oxigenada presentó un comportamiento patológico, sufriendo expansión y degradación acelerada hasta fracturarse y desintegrarse al segundo día de inmersión, lo que impidió realizar el ensayo destructivo final. En los resultados de compresión, el hormigón patrón alcanzó la resistencia prevista (240 kg/cm²), mientras que la mezcla con Bebida energizante obtuvo una resistencia prácticamente nula ($\approx 0,27$ kg/cm²), confirmando que la sustitución del agua por un fluido con alta carga orgánica altera la hidratación del cemento y anula el desempeño mecánico. En consecuencia, el estudio demuestra que el control del líquido de amasado es determinante para la seguridad estructural y respalda el cumplimiento de la normativa técnica (ASTM C1602 y NEC), ya que el uso de fluidos inadecuados puede convertir una mezcla aparentemente normal en un material frágil, no apto para fines estructurales; además, se recomienda ampliar la investigación con más repeticiones, edades de ensayo y curados equivalentes para cuantificar con mayor confiabilidad la pérdida de resistencia y los patrones de falla.

Palabras clave: Hormigón; resistencia a compresión; agua de amasado; Bebida energizante; peróxido de hidrógeno.

Abstract

In the present work, the behavior of concrete was analyzed when the mixing water is replaced by non-conventional liquids, specifically an energy drink (Bebida energizante) and hydrogen peroxide (commonly known as "agua oxigenada"), in order to quantify their impact on setting, curing, and the compressive strength of plain concrete cylinders. The study followed a quantitative experimental approach: the dosage of solid components (cement, sand, and coarse aggregate) was kept constant and the mixing fluid was totally replaced under three scenarios: potable water (control specimen), Bebida energizante (experimental specimen 1), and hydrogen peroxide (experimental specimen 2). After mixing, casting, and layer-by-layer compaction, relevant variations were observed in setting and demolding time, since the Bebida energizante and hydrogen peroxide specimens required a longer period in the mold compared to the control. During immersion curing, the control specimen was maintained for 7 days; the Bebida energizante specimen underwent a reduced curing period (4 days); and the hydrogen peroxide specimen showed pathological behavior, with accelerated expansion and degradation until it cracked and disintegrated on the second day, which prevented the final destructive compression test. In compressive testing, the control concrete reached the expected strength (240 kg/cm²), whereas the Bebida energizante mixture developed an almost null strength (≈ 0.27 kg/cm²), showing that organic/chemical components interfere with cement hydration and cancel load-bearing capacity. In conclusion, the research confirms that controlling the mixing fluid is critical and supports compliance with standards such as ASTM C1602 and Ecuador's NEC, because the use of inadequate liquids can produce unsafe mixtures for structural purposes.

Keywords: Concrete; compressive strength; mixing water; Bebida energizante; hydrogen peroxide.

Introducción

El presente documento tiene como objetivo analizar y cuantificar las variaciones críticas en las propiedades mecánicas y el comportamiento físico de cilindros de hormigón sometidos a procesos de hidratación no convencionales. La investigación se centra en comparar el desempeño de una mezcla patrón estándar frente a dos escenarios alterados experimentalmente: la sustitución del agua de mezcla por la bebida energizante comercial "Bebida energizante" y el uso de peróxido de hidrógeno (agua oxigenada) como fluido reactivo. Este análisis comparativo busca determinar la magnitud de la pérdida de resistencia a la compresión y documentar las patologías estructurales derivadas de la interacción entre el cemento y agentes con alta carga orgánica u oxidante, proporcionando evidencia empírica sobre la sensibilidad de la matriz cementicia ante contaminantes (Mehta & Monteiro, 2014).

La importancia que tiene el hormigón en el medio constructivo es cada vez mayor, debido a que su maleabilidad permitiendo adaptarse a los diferentes tipos de construcciones en que se emplea. Además, presenta propiedades como la trabajabilidad y la durabilidad, lo cual hacen de este material una herramienta eficaz a la hora de construir (Navarrete, 2022). Es un material heterogéneo, de relativo bajo costo de producción, económico y versátil, el cual presenta disímiles propiedades en estado fresco y endurecido, destacándose propiedades como la resistencia a la compresión la cual está considerada como la propiedad más importante y el valor más representativo del cualquier hormigón la que puede ser afectada por variados factores (García, 2022). Esto ha conllevado a diversos autores referirse al tema con el paso de los años; siendo necesario actualmente contar con una recopilación de la información más importante y actualizada (León, 2022).

El control de calidad de las obras de hormigón se basa principalmente en los resultados de ensayos a compresión de probetas cúbicas representativas del hormigón colocado. En el caso de hormigones de alta resistencia es común recurrir a ensayos de compresión sobre probetas cilíndricas y utilizando la relación de conversión que establece la norma NCh170.Of1985,

“Hormigón – Requisitos generales”, obtener los valores de resistencia referidos a probetas cúbicas normales (Ortiz, 2008).

El empleo de los ensayos no destructivos tiene aplicaciones a la construcción, su uso está cada vez más en el estudio de estructuras de hormigón, por ser mínima la afectación a su funcionamiento, por ejemplo, para el caso de los puentes, los cuales fuera de servicio pueden ocasionar importantes repercusiones económicas y/o sociales.

Teniendo en cuenta la necesidad de emplear medidas en campo y laboratorio de manera no destructiva. Los ensayos de resistencia de especímenes de concreto por el método del esclerómetro se han constituido en un método no destructivo rápido para estimar las resistencias de estructuras de concreto. Siendo un aparato sólido, de funcionamiento seguro, manejo muy sencillo que permite realizar ensayos no destructivos tanto en laboratorio como en obras, dando como resultado una relación entre sí, lo cual es muy importante para control de calidad del concreto (Ávila, 2017).

En el ámbito de la ingeniería civil, el hormigón se mantiene como el material predominante por su versatilidad y capacidad de carga. Sin embargo, su calidad final no depende únicamente de la resistencia del cemento o la dureza de los agregados, sino fundamentalmente de la reacción química de hidratación. El agua actúa como el vehículo y reactivo principal que permite la formación de los cristales de silicato de calcio hidratado, responsables de la cohesión del material (Linares, 2015). Por esta razón, la normativa técnica vigente, como la ASTM C1602 y la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), establece parámetros rigurosos sobre la calidad del agua de amasado, limitando la presencia de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica y otras sustancias perjudiciales que puedan alterar el tiempo de fraguado o la durabilidad a largo plazo de la estructura (ASTM International, 2018).

A pesar de la claridad normativa, en la práctica constructiva a menudo se subestima el impacto de las impurezas en el agua. Para ilustrar esta problemática, el estudio aborda primero el caso del uso de "Bebida energizante". Desde una perspectiva química, esta bebida introduce

una concentración elevada de azúcares (sacarosa y glucosa), taurina y acidulantes en la mezcla. La literatura especializada en patología del concreto señala que los carbohidratos actúan como poderosos retardantes del fraguado al adsorberse sobre las partículas de cemento anhidro, creando una barrera física que impide o retrasa significativamente la reacción de los silicatos (Chávez-García et al., 2023). Este fenómeno no solo afecta la cinética de endurecimiento, sino que, en dosis elevadas, puede inhibir completamente la ganancia de resistencia, resultando en un material con una microestructura débil y porosa que no cumple con los requisitos mínimos de seguridad estructural.

Por otro lado, la incorporación de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) presenta un desafío distinto relacionado con la estabilidad volumétrica. Al entrar en contacto con los álcalis del cemento fresco, el agua oxigenada se descompone violentamente en agua y oxígeno gaseoso mediante una reacción exotérmica. Si bien este principio químico es la base para la fabricación controlada de hormigones celulares destinados al aislamiento térmico, su uso sin agentes estabilizadores provoca una expansión descontrolada de la pasta (Xie et al., 2024). En lugar de densificarse, la mezcla sufre una aeración interna masiva que rompe la continuidad de la matriz sólida, generando una estructura alveolar incapaz de soportar cargas de compresión significativas y demostrando cómo un agente oxidante puede degradar la integridad del material en cuestión de minutos (Cui et al., 2014).

La problemática central que aborda este trabajo radica en la necesidad de diferenciar entre un hormigón estructural y uno patológico. La contaminación del agua de mezcla ya sea accidental o por experimentación sin base técnica, conlleva riesgos ocultos que no siempre son visibles en el estado fresco, pero que se manifiestan catastróficamente bajo carga. La falta de control en los componentes líquidos puede transformar un diseño de mezcla teóricamente resistente, calculado para 210 o 240 kg/cm^2 , en un elemento frágil e inseguro (Albear et al., 2019).

El hormigón se lo prepara usualmente utilizando una dosificación al peso o al volumen, dependiendo si es premezclado o fabricado in situ. El Instituto Americano del Concreto (ACI por

sus siglas en inglés) recomienda que el hormigón no se fabrique en obra; sino, en una planta especializada para el efecto (hormigón premezclado) por motivos de control de calidad (Santamaría, 2021). Sin embargo, observaremos discrepancias en la resistencia de las muestras de hormigón realizadas ya que se modificó ciertos componentes más adelante. La durabilidad de una estructura de hormigón se define como su capacidad de soportar durante la vida útil para la que ha sido proyectada, las condiciones físico mecánicas y químicas a las que va a estar expuesta sin producir rasgos de degradación, no solo en la masa de concreto, sino también en las armaduras de acero de refuerzo que se encuentran embebidas dentro de la misma (Corral, 2009). Un producto de hormigón puede considerarse duradero si puede mantener a través del tiempo, la forma, la calidad y las propiedades mecánicas de ejercicio.

Como solución y aporte técnico, esta investigación aplica una metodología experimental rigurosa basada en ensayos destructivos. Al someter los cilindros a la prensa universal, se obtienen datos concretos sobre la carga máxima, el tipo de falla (cónica, corte o hendimiento) y la deformación unitaria. Esta comparación directa entre el hormigón convencional y las muestras alteradas permite "poner precio" a la negligencia constructiva, evidenciando numéricamente la degradación de la resistencia. El análisis de estos resultados sirve para validar la importancia del cumplimiento de las normas de diseño y construcción, recordando a estudiantes y profesionales que la seguridad de una edificación comienza con la pureza química de sus materiales constituyentes (Romo Proaño, 2006).

Métodos y Materiales

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque experimental cuantitativo, utilizando como unidad de análisis cilindros de hormigón simple elaborados exclusivamente con cemento, arena y ripio. La metodología se centró en la sustitución total del líquido de mezcla para evaluar el comportamiento mecánico frente a tres agentes de hidratación: agua potable (patrón), bebida energizante "Bebida energizante" y peróxido de hidrógeno. El proceso inició con la dosificación

gravimétrica de los agregados, pesando el ripio, la arena y el cemento en baldes calibrados para mantener constante la proporción de sólidos. La homogeneización se realizó en seco, incorporando primero el ripio como base, seguido de la arena para llenar los espacios vacíos y finalmente el cemento, asegurando una distribución uniforme de las partículas antes de verter el líquido correspondiente.

Una vez obtenida la mezcla uniforme, se procedió al colado en moldes cilíndricos previamente lubricados con aceite quemado para facilitar el desmolde. La compactación se realizó en tres capas sucesivas para densificar la masa y eliminar el aire atrapado. Debido a la alteración química provocada por los fluidos no convencionales, los tiempos de fraguado variaron significativamente entre los grupos experimentales. Mientras que los cilindros patrón con agua potable permitieron el desmolde a las 24 horas estándar, las muestras hidratadas con "Bebida energizante" y agua oxigenada requirieron un periodo extendido de 48 horas en el molde para alcanzar la consistencia mínima necesaria antes de ser manipulados, evidenciando un retardo inicial en la reacción de endurecimiento.

Figura 1. Ensayo a compresión y fallas características de los especímenes con agua normal



Fuente: Elaboración propia (2026).

Figura 2. Ensayo a compresión y fallas características de los especímenes con la bebida energizante.



Fuente: Elaboración propia (2026).

La fase de curado por inmersión también presentó diferencias críticas según el agente hidratante. El grupo patrón se mantuvo sumergido durante 7 días para su hidratación normal. Por el contrario, los cilindros con "Bebida energizante" se sometieron a un curado reducido de 4 días. Es fundamental destacar el comportamiento patológico de la muestra con peróxido de hidrógeno, la cual, tras ser sumergida en la piscina de curado, sufrió una degradación estructural acelerada que provocó su fractura y desintegración espontánea al segundo día de inmersión, imposibilitando su ensayo final y demostrando la incompatibilidad química del oxidante.

Finalmente, la recolección de datos mecánicos se llevó a cabo mediante un ensayo destructivo en la máquina universal de ensayos a compresión. El procedimiento consistió en centrar las probetas sobrevivientes (Agua y Bebida energizante) en los platos de carga de la prensa hidráulica, aplicando una fuerza axial progresiva y controlada hasta alcanzar el punto de falla. Este método permitió registrar la carga máxima en kilonewtons (kN) o toneladas y observar

el tipo de ruptura, proporcionando los valores necesarios para calcular el esfuerzo final (f_c) y cuantificar la pérdida de resistencia en comparación con el hormigón convencional.

Análisis de Resultados

El presente apartado expone los resultados obtenidos a partir de la ejecución de los ensayos destructivos de resistencia a la compresión en cilindros de hormigón simple. La información recolectada se organizó en matrices comparativas que relacionan la carga aplicada con el área de contacto de los especímenes. A través de la aplicación de la fórmula de esfuerzo normal:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

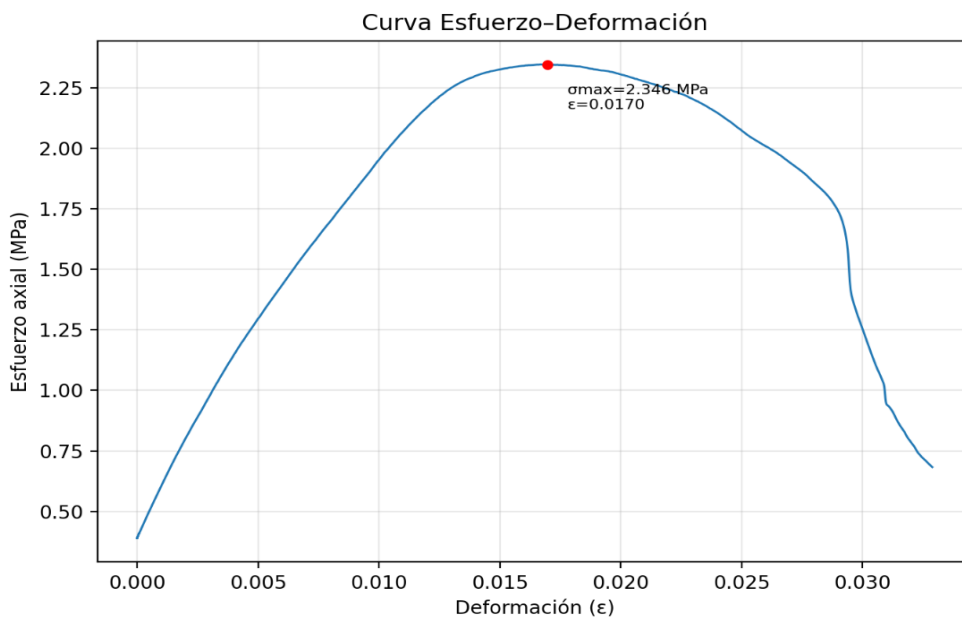
Se obtuvo el valor real de la capacidad portante para cada escenario de hidratación. El análisis de los datos se complementó con referencias bibliográficas pertinentes, lo que permitió contextualizar los hallazgos dentro de un marco teórico sólido y cercano a la realidad local. Los datos se analizaron mediante técnicas de estadística descriptiva y cálculo de variaciones porcentuales. Este análisis permitió generar evidencia numérica contundente sobre la degradación estructural provocada por los fluidos contaminantes.

Tabla 1. Comparativa de resistencia a la compresión según el fluido de amasado.

CATEGORÍA (Muestra)		ANÁLISIS DE COMPORTAMIENTO MECÁNICO			
Muestra	Carga máxima	Área nominal del cilindro	Esfuerzo a compresión	Resistencia (MPa)	Desempeño e interpretación
Muestra patrón (agua potable)	400.25 kN (40,800 kg)	170 cm ²	240 kg/cm ²	23.54	Validó el diseño de mezcla: alcanzó el 100% de la resistencia de diseño esperada (f'_c), lo que indica hidratación adecuada de silicatos y una estructura interna densa.

Muestra experimental	0.45 kN (45.89 kg)	170 cm ²	0.27 kg/cm ²	0.026	Desempeño catastrófico: pérdida de resistencia > 99.8% frente a la muestra patrón. Azúcar y aditivos inhibieron el fraguado; el material conservó forma, pero sin cohesión interna.
Muestra experimental (agua oxigenada)	No determinable	No determinable	No determinable	No determinable	No se obtuvieron datos por falla total: presentó expansión volumétrica descontrolada y fractura espontánea al segundo día de curado. La reacción exotérmica del H_2O_2 impidió la consolidación de enlaces del cemento (inestabilidad química).

Nota: La información presentada en la tabla fue recolectada mediante la lectura directa del manómetro digital de la máquina universal de ensayos y los cálculos de gabinete basados en las dimensiones reales de las probetas.



Cálculos realizados

Tabla Establecida De Dosificación

Obtención del área y volumen

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} \qquad A = \frac{\pi \times 0.15m^2}{4} \qquad A = 0.017m^2$$
$$V = A \times h \qquad V = 0.017m^2 \times 0.30m \qquad V = 0.005m^3$$

Obtención de dosificaciones de cada elemento del hormigón

$$Cemento = 0.005m^3 \times 380 \qquad Cemento = 1.9 \text{ kg}$$

$$Arena = 0.005m^3 \times 0.60 \qquad Arena = 0.003m^3 = 4.8kg$$

$$Ripio = 0.005m^3 \times 0.76 \qquad Ripio = 0.0038m^3 = 6.08kg$$

$$Agua = 0.005m^3 \times 180 \qquad Agua = 0.9\text{ls}$$

Agua oxigenada (como se rompió en la fase de curado no se pudo someter a el ensayo de compresión)

Discusión

En la evaluación comparativa de los cilindros de hormigón, se evidencia una discrepancia estructural absoluta entre la muestra patrón y los especímenes sometidos a fluidos no convencionales. Esto refleja una valoración crítica sobre la sensibilidad química del cemento hidráulico, donde la sustitución del fluido de amasado anuló completamente las propiedades mecánicas del material.

Como indican Chávez-García et al. (2023), los azúcares presentes en bebidas industriales actúan como potentes retardantes que inhiben la formación de los cristales de silicato de calcio. Los estudios realizados en esta investigación corroboran este fenómeno, ya que el cilindro con "Bebida energizante" apenas alcanzó 0.27 kg/cm^2 , una resistencia despreciable que confirma que la sacarosa y los acidulantes impidieron el fraguado efectivo, dejando una mezcla sin cohesión interna.

A demás, la bebida energizante tiene concentraciones de taurina y complejos de vitamina B influyen en la tensión superficial del líquido mezclado. Aitcin (2019), menciona que dichos compuestos orgánicos interactúan como tensioactivos no intencionales, provocando la retención de microburbujas de aire entre la mezcla del cemento. También, Juenger y Siddique (2015), explican como los ácidos orgánicos presentes en la bebida energizante atraen los iones calcio que se encuentra en la solución de poros, impidiendo su precipitación como hidróxido de calcio, como resultado el silicato cálcico hidratado deja de desarrollarse, por esta razón la resistencia de la probeta es casi nula.

Según Mehta & Monteiro (2014), la calidad del agua de mezcla es determinante para la estabilidad volumétrica y la durabilidad. Asimismo, investigaciones de Xie et al. (2024) y Cui et al. (2014) advierten que el peróxido de hidrógeno provoca una liberación violenta de gas oxígeno al contacto con la pasta fresca. Con referencia a lo expuesto, la fractura espontánea del cilindro con agua oxigenada al segundo día de curado valida empíricamente que la presión interna de

los poros (aeración descontrolada) superó la capacidad resistente de la matriz, provocando su desintegración sin necesidad de carga externa.

De acuerdo con Hewlett y Liska (2019), menciona que, en medio de la reacción se liberan oxígeno gaseoso al momento en que la pasta aún no se encuentra con su rigidez apropiada para contenerlo, como consecuencia resultan las microfrisuras que alteran negativamente la resistencia total del hormigón. Según Narayanan y Ramamurthy (2000) señala la pésima relación entre los componentes del cemento y el peróxido de hidrogeno provocando una separación entre los áridos y la pasta.

En contraste, la muestra patrón hidratada con agua potable alcanzó los 240 kg/cm² proyectados, demostrando que la dosificación de áridos (arena y ripio) era correcta y que la falla de los grupos experimentales fue exclusivamente química. Así mismo, los resultados de este estudio están en plena concordancia con las normativas ASTM C1602 y la NEC, que prohíben el uso de aguas con materia orgánica o agentes oxidantes. Por ejemplo, en el análisis de Albear et al. (2019) se ha reconocido que las reacciones deletéreas internas son una de las principales causas de patología en la construcción. De acuerdo con Mindess et al. (2023), sostiene que el uso de agua limpia facilita el desarrollo de la etringita inicial sin impedimento químico, originando el esqueleto óptimo, posterior a ello el C-S-H rellene los capilares. Esto también se ve en los postulados de Romo Proaño (2006), quien enfatiza que la seguridad estructural no depende solo del diseño de cargas, sino de la pureza de los materiales constituyentes.

Conclusiones

El estudio evidenció que la sustitución del agua de mezcla por líquidos no convencionales modifica de manera crítica el fraguado, el curado y la resistencia final del hormigón. A partir de estos resultados, es posible proponer lineamientos preventivos para evitar el uso de fluidos inadecuados en la preparación de mezclas destinadas a elementos con función estructural.

En primer lugar, los resultados podrían servir como base para fortalecer la formación técnica de estudiantes y personal de obra respecto a la importancia del control del líquido de amasado y sus efectos sobre la matriz cementicia. Esto sugiere que, aun cuando la dosificación de cemento, arena y ripio se mantenga constante, la variación del fluido puede anular la capacidad portante del material y convertir una mezcla “aparentemente normal” en un elemento patológico y potencialmente inseguro.

En segundo lugar, los datos obtenidos podrían integrarse en guías internas de laboratorio y protocolos académicos de prácticas de tecnología del hormigón, estableciendo criterios mínimos de aceptación del fluido de mezcla y de verificación del comportamiento en estado fresco y endurecido. Se recomienda estandarizar el procedimiento de elaboración, registro fotográfico, control de tiempos de fraguado y trazabilidad del curado para asegurar que los resultados sean comparables entre ensayos y generaciones. Para ello, es necesario generar una base de datos experimental con repeticiones por cada condición, de modo que se pueda cuantificar la variabilidad, estimar rangos de pérdida de resistencia y documentar patrones de falla con mayor confiabilidad.

Desde el ámbito de la práctica constructiva, los hallazgos permiten advertir que la supervisión del componente líquido no debe tratarse como un aspecto secundario, ya que pequeñas decisiones en obra pueden tener consecuencias estructurales desproporcionadas. Esto requiere reforzar el control de calidad de materiales, incorporar checklists de obra para la verificación del agua utilizada y fomentar una cultura de cumplimiento técnico incluso en obras pequeñas. Finalmente, se propone ampliar el alcance del estudio incorporando edades de ensayo adicionales y tiempos de curado equivalentes entre grupos, con el fin de determinar si existe alguna recuperación parcial de resistencia en el caso de fluidos orgánicos, y confirmar con mayor evidencia la imposibilidad práctica de usar agentes oxidantes debido a su inestabilidad durante el curado.

Referencias bibliográficas

- Albear, J., et al. (2019). Reacciones químicas internas en el hormigón: Mecanismos y prevención. *Revista de Patología de la Construcción*, 12(3), 45-58.
- ASTM International. (2018). ASTM C1602/C1602M-18: Standard specification for mixing water used in the production of hydraulic cement concrete. ASTM International.
- Chávez-García, J. L., Domínguez-Esquivel, M., & Reyes-García, C. A. (2023). Efecto del uso de bebidas azucaradas como sustituto de agua en la mezcla de concreto sobre el fraguado y resistencia a compresión. *Revista de Ingeniería y Tecnología, JEEOS*, 15(1), 123–135.
- Cui, Y.-L., Qian, Z.-D., & Wang, W.-C. (2014). Effects of hydrogen peroxide on foam concrete performances. *Applied Mechanics and Materials*, 584–586, 1746-1749.
- Linares, P. (2015). La durabilidad del hormigón y sus implicaciones estructurales. Universidad de La Rioja.
- Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2014). *Concrete: Microstructure, Properties, and Materials* (4th ed.). McGraw-Hill Education.
- Romo Proaño, M. (2006). Diseño a flexión basado en curvas esfuerzo-deformación de hormigones. Escuela Politécnica del Ejército.
- Xie, W., Chen, B., & Rong, H. (2024). Gas production and slurry expansion behavior of hydrogen peroxide foamed cement pastes. *Construction and Building Materials*, 406, 139006.
- Ávila, J. R. (2017). *dialnet*. Obtenido de *dialnet*: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6579723>
- Corral, J. T. (2009). *Ciencia y sociedad*. Obtenido de *Ciencia y sociedad*: <https://www.redalyc.org/pdf/870/87014516001.pdf>
- García, C. R. (2022). *redalyc*. Obtenido de *redalyc*: <https://www.redalyc.org/journal/1939/193972950003/193972950003.pdf>
- León, L. (2022). *redalyc*. Obtenido de *redalyc*: <https://www.redalyc.org/journal/1939/193972950003/193972950003.pdf>
- Navarrete, Z. (2022). *Scielo*. Obtenido de *Scielo*: https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1856-95602022000100035&script=sci_arttext
-

Ortiz, A. (2008). repositorio.uchile.cl. Obtenido de repositorio.uchile.cl:
<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/103251>

Santamaría, J. L. (2021). Scielo. Obtenido de Scielo:
http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2631-26542021000100091

Aïtcin, P.-C. (2019). Sustainability of Concrete. Boca Raton: CRC Press.

Juenger, M. C., & Siddique, R. (2015). Recent advances in understanding the role of supplementary cementitious materials in concrete. Cement and Concrete Research., 71-80.

Hewlett, P., & Liska, M. (2019, Noviembre 01). Elsevier - ScienceDirect. Retrieved from <https://www.elsevier.com/books/leas-chemistry-of-cement-and-concrete/hewlett/978-0-08-100773-0>

Narayanan, N., & Ramamurthy, K. (2000, Agosto 01). Cement and Concrete Composites. Retrieved from ScienceDirect: [https://doi.org/10.1016/S0958-9465\(00\)00025-5](https://doi.org/10.1016/S0958-9465(00)00025-5)

Mindess, S., Young, J. F., & Darwin, D. (2023, Enero 15). Concrete Textbook. Retrieved from Pearson Education:
<https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/concrete/P200000003310/9780137512966>
