

Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), marzo-abril 2024,
Volumen 8, Número 2.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i2

MÉTODOS DE CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y TRACCIÓN DEL CONCRETO DE $f'c=35$ MPA

**CURING METHODS ON THE COMPRESSIVE AND TENSILE
STRENGTH OF CONCRETE OF $f'c=35$ MPA**

Salinas Acuña Frank Agustín

Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo Huaraz, Perú

Flores Granados Hugo

Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo Huaraz, Perú

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i2.11306

Métodos de Curado en la Resistencia a la Compresión y Tracción del Concreto de $f'c=35$ MPa

Salinas Acuña Frank Agustín¹

f.salinas.lay@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0000-6065-2017>

Universidad Nacional Santiago Antúnez de
Mayolo Huaraz, Ancash
Perú

Flores Granados Hugo

hfloresg@unasam.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0003-0600-702X>

Universidad Nacional Santiago Antúnez de
Mayolo Huaraz, Ancash
Perú

RESUMEN

Esta investigación abordó el problema de determinar los métodos de curado más efectivos para alcanzar las resistencias a la compresión y tracción indirecta deseadas en concretos de alta resistencia $f'c=35$ MPa. El objetivo fue analizar y comparar la incidencia de tres métodos de curado: inmersión, mantas húmedas y aditivo membranil, en las propiedades mecánicas endurecidas del concreto. Se elaboraron 80 especímenes cilíndricos y se aplicaron los métodos de curado, evaluando las resistencias a 7 y 28 días. Los resultados mostraron que el curado por inmersión fue el más efectivo, alcanzando 43.32 MPa en resistencia a compresión y 4.04 MPa en tracción indirecta a los 28 días, superando a los otros métodos y muestras sin curado. Le siguieron el curado con mantas húmedas y membranil. Se concluyó que el curado es crucial para el desarrollo óptimo de las resistencias, siendo el método por inmersión el más efectivo, aunque la selección debe adaptarse a las condiciones ambientales locales para maximizar las propiedades del concreto.

Palabras clave: Curado de concreto, resistencia a la compresión, resistencia a la tracción

¹ Autor principal

Correspondencia: f.salinas.lay@gmail.com

Curing Methods on the Compressive and Tensile Strength of Concrete of $f'_c=35$ MPa

ABSTRACT

This research addressed the problem of determining the most effective curing methods to achieve the desired compressive and indirect tensile strengths in high-strength concrete $f'_c=35$ MPa. The objective was to analyze and compare the incidence of three curing methods: immersion, wet blankets and membrane additive, on the hardened mechanical properties of the concrete. 80 cylindrical specimens were made and the curing methods were applied, evaluating the resistance at 7 and 28 days. The results showed that immersion curing was the most effective, reaching 43.32 MPa in compressive strength and 4.04 MPa in indirect tensile strength at 28 days, surpassing the other methods and uncured samples. Curing with wet blankets and membrane followed. It was concluded that curing is crucial for optimal strength development, with the immersion method being the most effective, although selection must be adapted to local environmental conditions to maximize concrete properties.

Keywords: *Concrete curing, compressive strength, tensile strength*

Artículo recibido 28 marzo 2024

Aceptado para publicación: 25 abril 2024



INTRODUCCIÓN

El concreto se consolida como un pilar fundamental dentro del sector de la construcción, destacándose por su versatilidad y maleabilidad, permitiendo su aplicación en una variedad de casos de construcción (Xiangbo, Zuquan, Yong, & Ning, 2022). Este material, compuesto por agregados gruesos y finos, agua, cemento, y en ocasiones, aditivos para optimizar sus propiedades, enfrenta el desafío de cumplir con estándares de calidad elevados, particularmente en lo que respecta a sus propiedades mecánicas como la resistencia a la compresión y a la tracción (Zambrano, Alava, Ruiz, & Menéndez, 2022). Estas propiedades, cruciales para la integridad estructural y durabilidad del concreto, están intrínsecamente relacionadas con el proceso de curado al cual se somete el material después de su fraguado (Kwangmo, Kyongchul, Kyungtaek, & Gumsung, 2022).

El proceso de curado juega un papel determinante en el desarrollo de la resistencia del concreto, siendo una estrategia común para mejorar estas propiedades a una edad temprana (Wang, Gao, Li, & Liu, 2024). Este procedimiento busca mantener el concreto en condiciones óptimas de humedad y temperatura, favoreciendo las reacciones químicas necesarias entre el cemento y el agua para explotar al máximo el potencial aglutinante del cemento (Solís & Moreno, 2005). Sin embargo, la eficacia de este proceso depende en gran medida del método de curado empleado, los cuales pueden variar significativamente en su impacto sobre la resistencia a la compresión y tracción del concreto endurecido (Salhi, Ghrici, Li, & Bilir, 2017).

Un curado inadecuado puede resultar en una reducción notable del desarrollo de la resistencia superficial del concreto, afectando principalmente a la zona superficial hasta una profundidad de entre 3 y 5 cm desde la superficie (Weifeng, y otros, 2024). Esto pone de manifiesto cómo la relación superficie/volumen del elemento de concreto influye directamente en la necesidad de un curado húmedo adecuado (Rai & Wille, 2024). Curiosamente, en climas cálidos con alta humedad relativa, se ha observado que el concreto puede beneficiarse de un curado interno gracias a la absorción de los agregados porosos, mostrando ganancias de resistencia comparables entre el concreto curado al ambiente y el curado húmedo (Seonhyeok, Namkon, & Park, 2021). Además, los métodos de curado avanzados, como el uso de agua caliente y vapor, han demostrado ser



efectivos para mejorar las propiedades mecánicas del concreto en comparación con métodos de curado estándar (Na Solimán, 2017).

En este contexto, el problema identificado, radica en determinar los métodos de curado más efectivos para alcanzar las resistencias a la compresión y tracción indirecta deseadas en concretos de alta resistencia $f'c = 35$ MPa. La complejidad de este problema no solo subraya la necesidad de una comprensión detallada de los mecanismos que subyacen al proceso de curado, sino también de la influencia de las condiciones ambientales locales en la eficacia de diferentes estrategias de curado. Este análisis se convierte en un paso crítico para la optimización de la calidad del concreto, asegurando así su desempeño a largo plazo y su contribución a la sostenibilidad en el sector de la construcción.

Las posibles causas del problema son: primero, la variabilidad en las condiciones ambientales durante el curado, ya que la temperatura, humedad relativa y exposición a corrientes de aire pueden afectar significativamente la tasa de evaporación del agua de la mezcla y, por consiguiente, el desarrollo de la resistencia (Bofu, y otros, 2024). En segundo lugar, la inadecuada selección del método de curado, debido a que existen diversos métodos de curado, como el curado con agua, compuestos líquidos formadores de membrana, curado al vapor, entre otros, por lo que elegir el método más apropiado en función de las condiciones de obra y los requerimientos de resistencia es fundamental (Kai-zheng, Gao, Yang, Jun, & Qing, 2024). Además, la falta de control en el proceso de curado, puesto que un curado deficiente, ya sea por una aplicación incorrecta del método o por una duración insuficiente, puede comprometer las propiedades finales del concreto (Seo, Park, & Lee, 2018). Por último, la influencia de los componentes de la mezcla, dado que la dosificación de los materiales (cemento, agregados, aditivos) y su interacción durante el proceso de hidratación pueden afectar la efectividad de los métodos de curado (Ozer, Ozkul, & Hulusi, 2004).

Los efectos potenciales del problema son: primero, resistencia a la compresión y tracción inferior a la especificada, puesto que un curado inadecuado puede resultar en una hidratación incompleta del cemento, lo que se traduce en resistencias mecánicas inferiores a las esperadas (Kai-zheng, Gao, Yang, Jun, & Qing, 2024). Además, el aumento de la permeabilidad y susceptibilidad a



ataques químicos, ya que un curado deficiente puede generar una mayor porosidad en el concreto, haciéndolo más vulnerable a la penetración de sustancias agresivas y a la corrosión del acero de refuerzo (Ozer, Ozkul, & Hulusi, 2004). Por otra parte, la reducción de la durabilidad y vida útil de la estructura, dado que un concreto con propiedades mecánicas y físicas comprometidas debido a un curado inadecuado puede experimentar un deterioro acelerado, acortando la vida útil de la estructura (Bofu, y otros, 2024). Finalmente, el impacto económico, puesto que alcanzar las resistencias especificadas es crucial para

garantizar el desempeño estructural requerido, por lo que un concreto con resistencias inferiores puede implicar costos adicionales de reparación o refuerzo, además de potenciales responsabilidades legales (Seo, Park, & Lee, 2018).

Las bases teóricas indican que, el concreto de alta resistencia es fundamental en la ingeniería de la construcción debido a su capacidad para soportar cargas significativas (Yanping, Yang, Husam, Jianhui, & Genda, 2020). Este tipo de concreto, que alcanza resistencias específicas como los 35 MPa, depende de su composición y la calidad de sus componentes (Kwangmo, Kyongchul, Kyungtaek, & Gumsung, 2022). Factores como la hidratación del cemento, influenciada directamente por la relación agua-cemento, son críticos para obtener un concreto de alta resistencia (Ahlborn, Devin, Misson, & Erron, 2011). La aplicación de un curado eficiente y la adición de aditivos puede mejorar la densidad y la microestructura del concreto, reduciendo su porosidad y aumentando su resistencia mecánica (Yanping, Yang, Husam, Jianhui, & Genda, 2020). Estas prácticas son esenciales para lograr las propiedades deseadas en el hormigón, tales como la resistencia y durabilidad, según el ACI (American Concrete Institute, 1994).

La resistencia a la compresión y a la tracción indirecta son medidas de la capacidad del concreto para resistir cargas (Magureanu, Sosa, Negrutiu, & Heghes, 2012). Mientras que la compresión es un indicador clave de su desempeño en estructuras, la tracción, aunque menor en magnitud, es crucial para evaluar cómo manejará las tensiones que tienden a separarlo (Disheng, y otros, 2023).

La optimización de estas resistencias es vital para el diseño de estructuras duraderas y seguras. Además, la resistencia a la tracción del concreto, relacionada con su resistencia a la compresión, se ve afectada por la adherencia entre la pasta de cemento y los agregados, así como la presencia



de fisuras y defectos internos, para tal, un curado adecuado es fundamental para desarrollar óptimamente ambas formas de resistencia (Kay, Naaman, & Parra, 2011).

En tanto, el curado del concreto es una práctica esencial que garantiza la hidratación adecuada del cemento y permite desarrollar las propiedades mecánicas previstas (Gou, y otros, 2024). Los métodos de curado, clasificados generalmente en húmedo, térmico, y químico, son fundamentales para el desarrollo de las propiedades deseadas del hormigón (Zou, y otros, 2024). El curado húmedo previene la pérdida de agua necesaria para la hidratación, mientras que el curado térmico acelera la hidratación, especialmente útil en condiciones de baja temperatura (Fan, Zhang, Yu, Li, & Cosgrove, 2017). El curado químico,

a través de compuestos que forman una película sobre el concreto, reduce la pérdida de agua por evaporación (Chaofeng, y otros, 2024). La eficacia de estos métodos depende de factores como la tasa de aplicación, la temperatura ambiente y la exposición a la radiación ultravioleta, siendo los compuestos de curado de base acuosa o solventes opciones convenientes para áreas donde el curado con agua es complicado (Fernández, 2010).

Por otro lado, el uso de compuestos de curado, que forman una película impermeable sobre la superficie del concreto, ofrece una alternativa conveniente en situaciones donde el curado con agua no es viable (Jian, Xiag, Sun, & Jun, 2016). Estos compuestos permiten continuar la hidratación del cemento al reducir la evaporación del agua, siendo una solución práctica para superficies de difícil acceso o en condiciones ambientales adversas (Fernández, 2010). El curado con vapor, utilizado principalmente en la fabricación de elementos prefabricados de concreto, acelera la reacción de hidratación del cemento gracias a la aplicación de altas temperaturas y alta humedad relativa (Rai & Wille, 2024). Este método permite obtener resistencias más altas en un tiempo más corto, aunque requiere de un control cuidadoso de las condiciones para evitar problemas como la fisuración del concreto (Zhao, Liu, & Jiang, 2015).

La resistencia a la compresión y tracción indirecta del concreto depende de varios factores, incluida la geometría del espécimen, la condición de curado, y la dosificación, entre otros; y responde a procedimientos adecuados y normas de diseño del concreto (Abu, y otros, 2023).

Complementariamente, las pastas de concreto con baja relación agua/cemento requieren de un



reducido grado de hidratación para alcanzar un alto nivel de poros llenos de productos de hidratación, aunque la baja porosidad dificulta la penetración del agua de curado (Solís & Moreno, 2005). Esto resalta la importancia de un curado adecuado, ya que cuando no se realizan acciones de curado, la resistencia a la compresión y la tracción resultan significativamente inferiores.

Los estudios demuestran que el curado con agua, mediante técnicas como el riego superficial y la aplicación de arpilleras o mantas de curado humedecidas, es efectivo para mantener la humedad necesaria en el concreto, favoreciendo así una hidratación adecuada del cemento (Jong-Sup, Young, Jeong, & Se-Jin, 2015). Este método es particularmente importante en climas secos o en condiciones de baja humedad, donde la retención de agua se convierte en un desafío (American Concrete Institute, 1994). Por otro lado, el uso de compuestos de curado, que forman una película impermeable sobre la superficie del concreto, ofrece una alternativa conveniente en situaciones donde el curado con agua no es viable (Liang, Pan, Ma, He, & Duan, 2020). Estos compuestos permiten continuar la hidratación del cemento al reducir la evaporación del agua, siendo una solución práctica para superficies de difícil acceso o en condiciones ambientales adversas (Fernández, 2010). Finalmente, en referencia al curado con vapor, utilizado principalmente en la fabricación de elementos prefabricados de concreto, acelera la reacción de hidratación del cemento gracias a la aplicación de altas temperaturas y alta humedad relativa (Basem, Assem, & Sara, 2024). Este método permite obtener resistencias más altas en un tiempo más corto, aunque requiere de un control cuidadoso de las condiciones para evitar problemas como la fisuración del concreto (Zou, y otros, 2023).

Respecto a los antecedentes, se puede describir inicialmente a Solís y Moreno (2005), quienes demostraron que el curado del concreto es un proceso esencial para obtener un material con el mejor desempeño posible. Los investigadores de la tecnología del concreto han recomendado realizar acciones de curado en los elementos de concreto, principalmente suministrando humedad. La normativa NTE INEN 1573 (2010) expone los diferentes métodos de curado empleados en Ecuador, como el uso de cubiertas húmedas, láminas de polietileno e hidratación continua, contribuyendo a cómo cada método de curado afecta el rendimiento del hormigón.

Varios estudios han demostrado la influencia de los métodos de curado en las propiedades del



concreto. Por ejemplo, Rojas (2021) demostró que los métodos de curado empleados en Lima, especialmente el método de inmersión, generan valores de resistencia a la compresión y tracción indirecta mayores a la resistencia de diseño ($f'_c=210$ kg/cm²). Contreras y Velazco (2018) demostraron que, para un diseño de concreto ($f'_c=280$ kg/cm²), el método de curado con aditivo reporta una mayor diferencia significativa en la resistencia a la compresión respecto a otros métodos de curado. Alvarado (2020), al emplear el diseño de concreto de 35 MPa, reportó que los métodos de curado convencional (inmersión), material sellador y líquido formador de membrana son los que generan una mayor diferencia significativa en cuanto a la resistencia a la compresión, superando el 100%. Además, la resistencia a tracción indirecta también se ve afectada por el curado; un estudio mostró que extender el curado húmedo de 3 a 7 días produjo un aumento del 16% en la resistencia a la tracción indirecta (Radlinska, Weiss, & Nilenius, 2013). Otro antecedente ha demostrado que los concretos curados con membrana alcanzaron una resistencia del 83% a la edad de 28 días, en estos concretos no se utilizaron adiciones minerales (Rivera & Rivera, 2002). El curado con membranas impermeables puede ser tan efectivo como el curado húmedo para desarrollar resistencia, siempre que se aplique correctamente para evitar pérdidas de humedad (Dai, y otros, 2022).

Sin embargo, en un estudio en Yucatán, el concreto curado al ambiente obtuvo una resistencia de 100% respecto al curado por inmersión, en núcleos cilíndricos con poca superficie expuesta, esto se atribuye a la humedad ambiental que compensa la falta de curado húmedo (Ahlborn, Devin, Misson, & Erron, 2011). Las mediciones realizadas por diferentes investigadores han mostrado que el movimiento de humedad sólo afecta una zona que va entre 3 y 5 centímetros de la superficie del elemento, cabe destacar que el curado húmedo mostró poca influencia en el aumento de la resistencia a compresión del concreto, pero tuvo una alta influencia en reducir su permeabilidad (Yanping, Yang, Husam, Jianhui, & Genda, 2020). Por lo tanto, en condiciones de exposición agresivas, el concreto debe ser siempre curado para mantenerlo durable y resistente. Los métodos que miden la capacidad de transporte de fluidos en el concreto de recubrimiento, como la permeabilidad al aire, muestran mayor sensibilidad al efecto del secado prematuro que la



resistencia a compresión (Fernández, 2010).

El desarrollo de las propiedades mecánicas del concreto, como la resistencia a la compresión y la tracción indirecta, depende intrínsecamente de un proceso de curado adecuado (Shisong, Bin, & Mingxuan, 2024). Este proceso no solo garantiza la hidratación óptima del cemento sino también promueve la formación de una matriz cementante densa y uniforme, esencial para alcanzar las resistencias deseadas (Xin, y otros, 2024). El método de curado seleccionado debe considerar las condiciones específicas del ambiente, como las que se encuentran en Huaraz, Perú, donde las variaciones de temperatura y humedad relativa impactan significativamente en la eficacia del curado. La adaptación de métodos de curado a las condiciones locales, como se ha observado en estudios de caso en Huaraz, es crucial para maximizar la resistencia y durabilidad del concreto. La combinación de técnicas de curado, ajustadas a las especificidades climáticas y materiales disponibles, resulta en concretos de alta resistencia más consistentes y confiables. Este enfoque holístico hacia el curado no solo mejora la calidad del concreto sino también su desempeño a largo plazo en estructuras. Las condiciones climáticas de Huaraz, con variaciones significativas de temperatura y humedad relativa, son cruciales en la selección del método de curado más efectivo. En regiones de alta altitud y variabilidad climática, es fundamental adaptar las prácticas de curado para maximizar las propiedades mecánicas del concreto. La aplicación de estudios de caso y la adaptación de prácticas de curado a las condiciones locales han demostrado ser estrategias efectivas para optimizar la resistencia del concreto.

La adaptación de métodos de curado a las condiciones locales, como se ha observado en estudios de caso en Huaraz, es crucial para maximizar la resistencia y durabilidad del concreto. La combinación de técnicas de curado, ajustadas a las especificidades climáticas y materiales disponibles, resulta en concretos de alta resistencia más consistentes y confiables. Este enfoque holístico hacia el curado no solo mejora la calidad del concreto sino también su desempeño a largo plazo en estructuras. Esta investigación se justifica por el alcance en resultados que proporciona la aplicación tres tipos de curado de concreto: inmersión, mantas húmedas y aditivo membranal en cuanto a resultados importantes respecto a propiedades fundamentales como la



resistencia a la compresión y tracción indirecta en un contexto donde se maximiza el crecimiento de ciudades y la industria de la construcción. Finalmente, este estudio tiene como objetivo, analizar y comparar la incidencia de métodos de curado (inmersión, mantas húmedas y membranal) en las propiedades mecánicas endurecidas del concreto como la resistencia a la compresión y tracción indirecta.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación empleó un enfoque cuantitativo, ya que se cuantificaron datos a través de análisis estadístico de las resistencias obtenidas en los ensayos de compresión y tracción. Además, se contrastó una hipótesis planteada inicialmente con los resultados obtenidos. El tipo de investigación fue aplicada, puesto que se enfocó en resolver un problema utilizando conocimientos existentes. Asimismo, tuvo un alcance explicativo, ya que buscó explicar la influencia de los métodos de curado en la resistencia a la compresión y tracción del concreto.

El diseño de la investigación fue experimental, dado que se manipularon las variables de forma intencional en el laboratorio. La población y muestra estuvo compuesta por el concreto diseñado con una resistencia de $f'_c=35$ MPa. Se seleccionaron 80 especímenes cilíndricos de concreto, 40 para ensayos de compresión y 40 para ensayos de tracción indirecta. La cantidad de especímenes fue seleccionada según los requerimientos de la norma técnica peruana NTP 339.034. Los agregados empleados (grueso y fino) para la elaboración del concreto fueron extraídos de la cantera Pariapata, ubicada en el distrito de Recuay, provincia de Recuay, departamento de Ancash. Esta cantera fue seleccionada por producir agregados que cumplen con los estándares de calidad establecidos en las normas técnicas peruanas.



Tabla 1 Cantidad de muestra de especímenes de concreto para la experimentación

Concreto	Ensayos	Edades del concreto		Métodos de curado			Total de especímenes
		Sin método de curado	Sin método de curado	M1	M2	M3	
f _{cr} =35 MPa	Compresión del concreto	7	5	5	5	5	20
		28	5	5	5	5	20
	Tracción del concreto	7	5	5	5	5	20
		28	5	5	5	5	20
Total de unidades							80

Las técnicas de recolección de datos incluyeron la observación directa y el uso de formatos estandarizados para ensayos de agregados, medición de resistencias a la compresión y tracción indirecta, entre otros. Además, se contó con reportes e informes de laboratorio debidamente certificados, tales como: reporte de ensayos de agregados grueso y fino, reporte de diseño de mezcla, reporte de ensayo de resistencia a compresión del concreto, y reporte de ensayo de resistencia a tracción del concreto. Las hojas de cálculo de Excel también fueron una herramienta clave para el procesamiento de datos.

En cuanto al estudio de los agregados, se realizaron diversos ensayos normalizados en las instalaciones del laboratorio GeoStruct S.A.C. en la ciudad de Huaraz. Estos ensayos permitieron determinar las propiedades físico-mecánicas de los agregados grueso y fino, datos necesarios para realizar posteriormente el diseño de mezcla del concreto f_c=35 MPa. Algunos de los ensayos realizados fueron: contenido de humedad (ASTM C566/NTP 339.185), análisis granulométrico por tamizado (ASTM C136/NTP 400.012), peso unitario suelto y compactado (ASTM C29/NTP 400.017), peso específico (ASTM C127-C128/NTP 400.021), y porcentaje de absorción (ASTM C127-C128/NTP 400.022).

Figura 1 Estudio de agregados fino y grueso de la cantera Pariapata



Con los datos obtenidos del estudio de agregados, se procedió a realizar el diseño de mezcla del concreto $f'_c=35$ MPa siguiendo los procedimientos estandarizados del comité 211 del ACI (American Concrete Institute). Este diseño de mezcla permitió obtener las proporciones adecuadas de cemento, agregados y aguas necesarias para elaborar el concreto con la resistencia de diseño especificada. La elaboración del concreto $f'_c=35$ MPa se llevó a cabo en un ambiente privado ubicado en la ciudad de Huaraz. Debido a la cantidad de concreto requerida, esta actividad se realizó en dos tandas de 0.233 m³ cada una, utilizando una mezcladora de concreto de 11 p³ con capacidad de 0.31 m³ por tanda. Finalmente, se conformaron un total de 80 probetas cilíndricas de concreto, 40 de ellas con dimensiones de 300 mm de altura y 150 mm de diámetro destinadas para los ensayos de resistencia a la compresión, y las otras 40 probetas con las mismas dimensiones para los ensayos de resistencia a la tracción indirecta.

Figura 2 Elaboración de especímenes de concreto para la experimentación



Una vez elaboradas las probetas, se procedió a aplicar los diferentes métodos de curado contemplados en la investigación: sin método de curado (20 probetas), método de anegamiento o inmersión (20 probetas), método de curado con mantas o costales húmedos (20 probetas), y método de curado con aditivo membranal (20 probetas). Se evaluaron dos edades de curado para cada uno de los métodos aplicados: 7 y 28 días. Una vez cumplidas estas edades, se procedió a realizar los ensayos correspondientes.

Figura 3 Aplicación de los métodos de curado



Para determinar la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=35$ MPa, se siguió la norma ASTM C39 y/o NTP 339.034 "Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto". Se empleó una prensa hidráulica y se calculó la resistencia a compresión mediante la fórmula $F'_c = F/A$, donde F es la fuerza aplicada y A el área superficial del espécimen.

Por otro lado, para medir la resistencia a la tracción indirecta del concreto, se realizaron ensayos bajo la norma ASTM C39 y/o NTP 339.084 "Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica". Se utilizó también una prensa hidráulica, y el esfuerzo a tracción se calculó mediante la fórmula $T = 2P/\pi LD$, donde P es la carga aplicada, L la longitud y D el diámetro del espécimen.

Figura 4 Ensayo de resistencia a la compresión y tracción indirecta



Finalmente, con los datos recopilados de los ensayos de resistencia a compresión y tracción indirecta para cada edad y método de curado, se realizó un análisis comparativo a través de gráficos y figuras. Esto permitió visualizar la evolución de las resistencias e identificar los valores máximos obtenidos. El objetivo de este análisis fue determinar la influencia que tienen los diferentes métodos de curado aplicados (anegamiento, mantas húmedas, aditivo membranal) en comparación con las muestras sin curado, tanto en la resistencia a compresión como en la resistencia a tracción del concreto $f'_c=35$ MPa. De esta manera, fue posible identificar la mejor alternativa de curado para este tipo de concreto, aportando así información valiosa para futuras construcciones en la región de Huaraz y zonas aledañas.

RESULTADOS

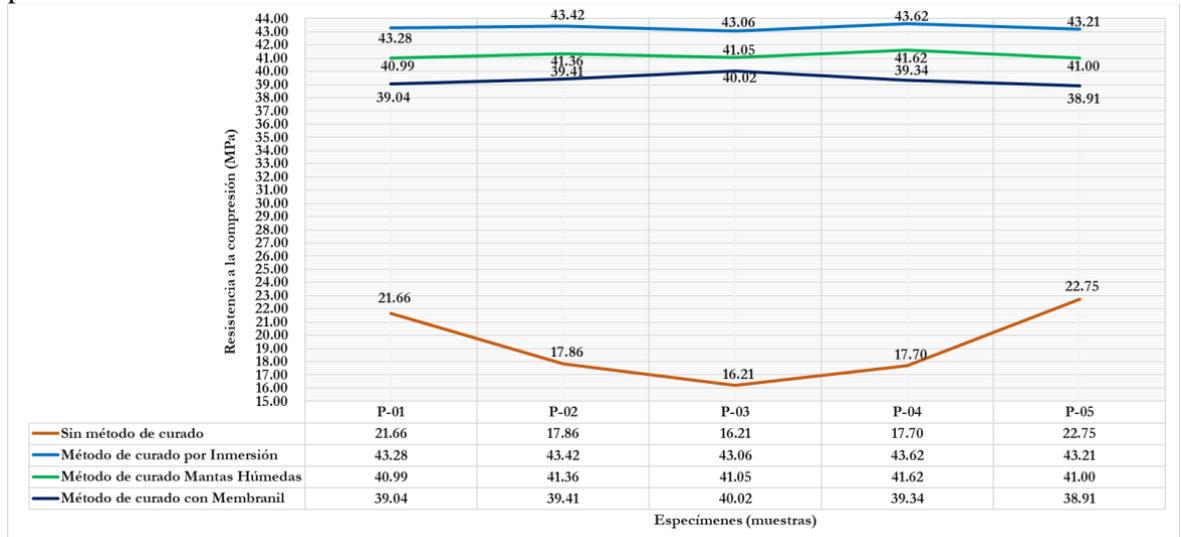
En la Figura 5 y 6, se describen los resultados obtenidos respecto a la resistencia a la compresión de cada espécimen ensayado, tanto a los 7 y 28 días de curado, empleando diferentes métodos.

Figura 5 Resultados respecto a la resistencia a la compresión obtenida a los 7 días de curado por cada método de curado.



Nota. El gráfico describe la resistencia a la compresión en diversos escenarios, calculados en Megapascales.

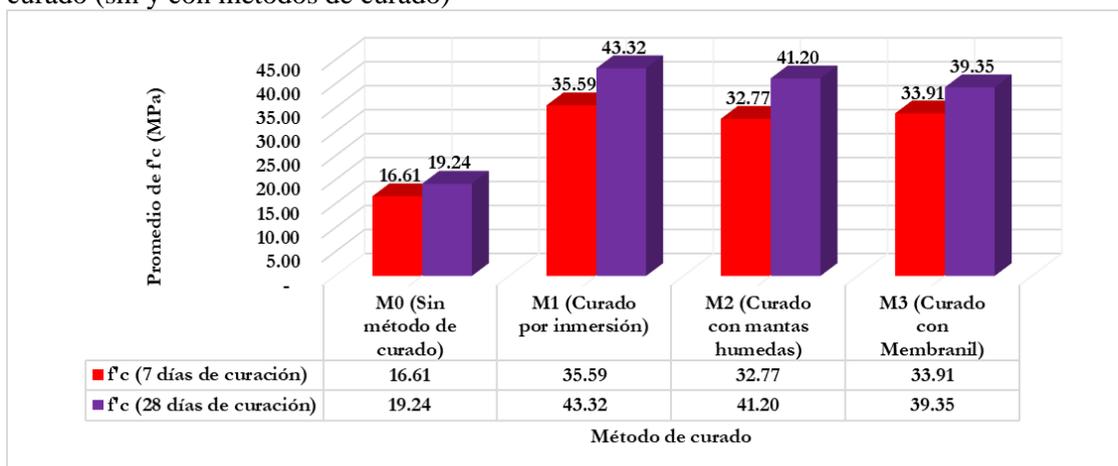
Figura 6 Resultados respecto a la resistencia a la compresión obtenida a los 28 días de curado por cada método de curado.



Nota. El gráfico describe la resistencia a la compresión en diversos escenarios, calculados en Megapascales.

En la Figura 7, se exponen resultados de resistencia a la compresión f'_c promedio, respecto a cada escenario, tanto a los días de curado y respecto al método de curado empleado.

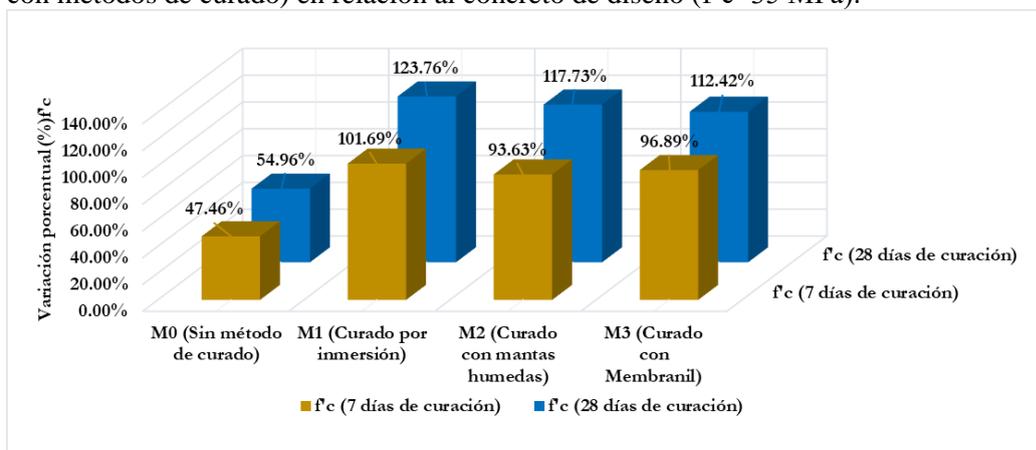
Figura 7 Variación de resultados de resistencia a la compresión promedio a los 7 y 28 días de curado (sin y con métodos de curado)



Nota. El gráfico describe la resistencia a la compresión en diversos escenarios, calculados en Megapascales.

En la Figura 8, se expone resultados respecto a la variación porcentual, generado a partir del concreto de diseño ($f'c=35$ MPa) como el 100.00%, en los diversos escenarios, tanto a los 7 y 28 días de curado y los métodos de curado empleados.

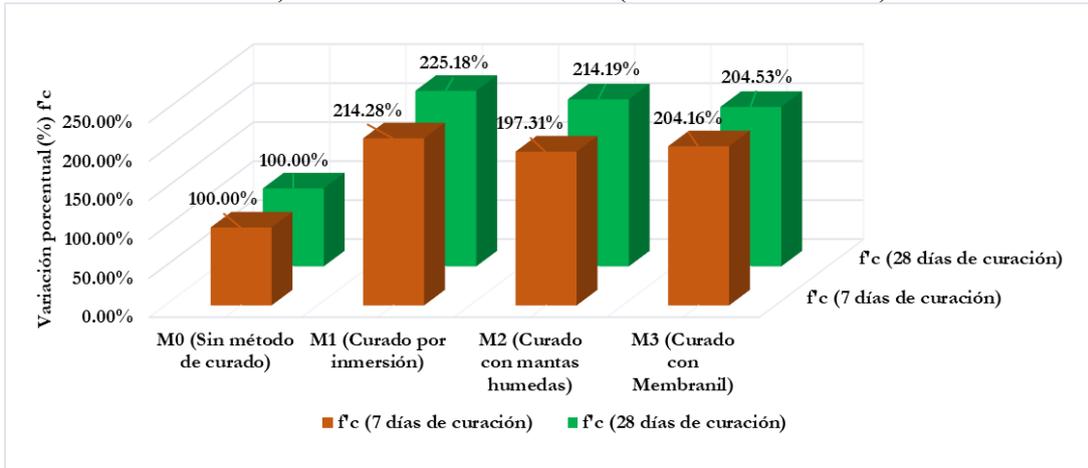
Figura 8 Variación porcentual de resultados a la compresión promedio a los 7 y 28 días (sin y con métodos de curado) en relación al concreto de diseño ($f'c=35$ MPa).



Nota. El gráfico describe la resistencia a la compresión en diversos escenarios, calculados en Megapascales.

En la Figura 9, se expone resultados respecto a la variación porcentual, generado en relación a la resistencia a la compresión $f'c$ sin método de curado obtenida (como el 100.00%), en los diversos escenarios, tanto a los 7 y 28 días de curado y los métodos de curado empleados.

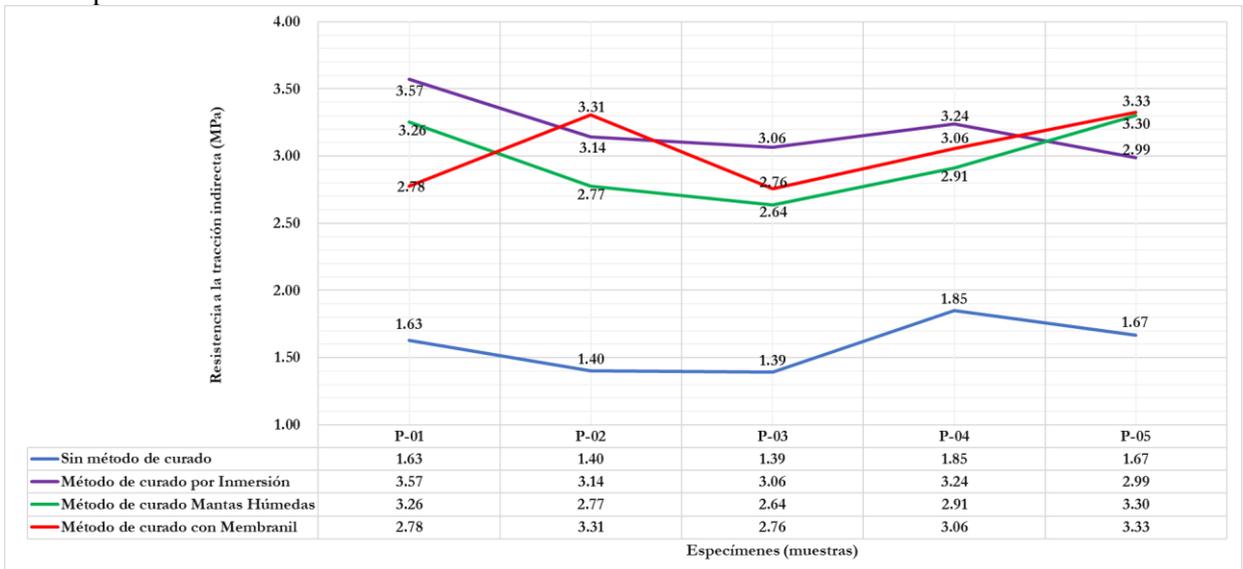
Figura 9 Variación porcentual de resultados a la compresión promedio a los 7 y 28 días (sin y con métodos de curado) en relación al resultado f_c (sin método de curado)



Nota. El gráfico describe la resistencia a la tracción indirecta en los diversos escenarios, calculados en porcentaje de variación.

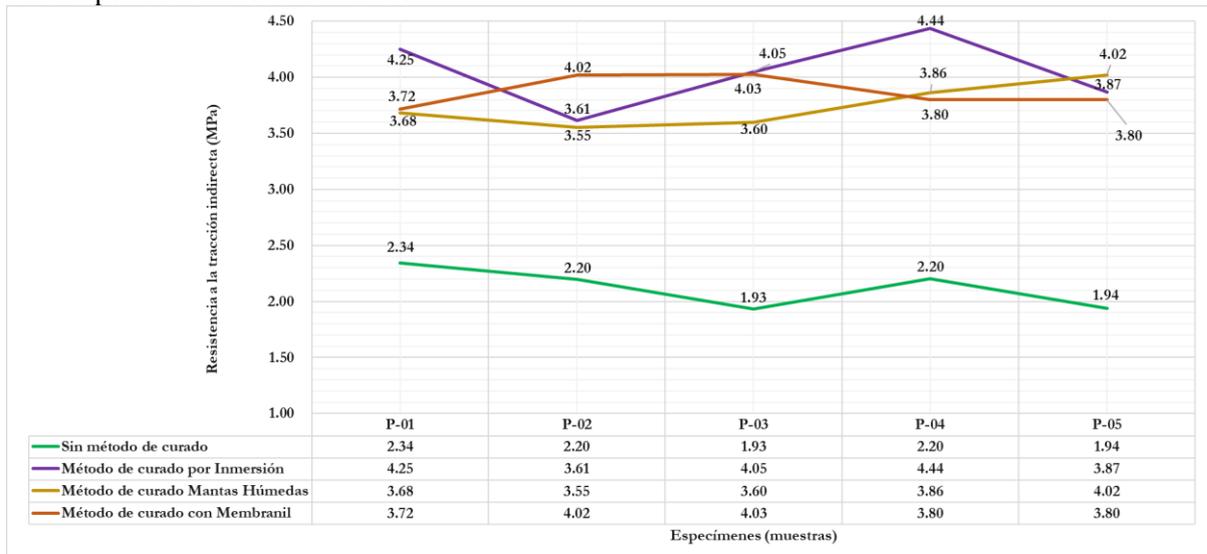
En la Figura 10 y 11, se describen los resultados obtenidos respecto a la resistencia a la tracción indirecta de cada espécimen ensayado, tanto a los 7 y 28 días de curado, empleando diferentes métodos de curado del concreto.

Figura 10 Resultados respecto a la resistencia a la tracción indirecta obtenida a los 7 días de curado por cada método de curado.



Nota. El gráfico describe la resistencia a la tracción indirecta en diversos escenarios, calculados en Megapascuales.

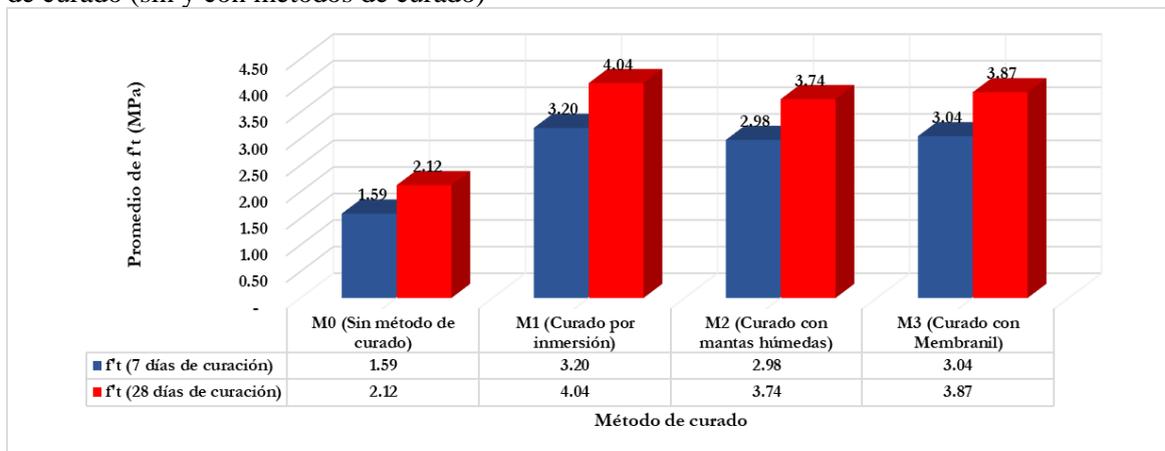
Figura 11 Resultados respecto a la resistencia a la tracción indirecta obtenida a los 28 días de curado por cada método de curado.



Nota. El gráfico describe la resistencia a la tracción indirecta en diversos escenarios, calculados en Megapascales.

En la Figura 12, se exponen resultados de resistencia a la tracción indirecta f_t promedio, respecto a cada escenario, tanto a los días de curado y respecto al método de curado empleado.

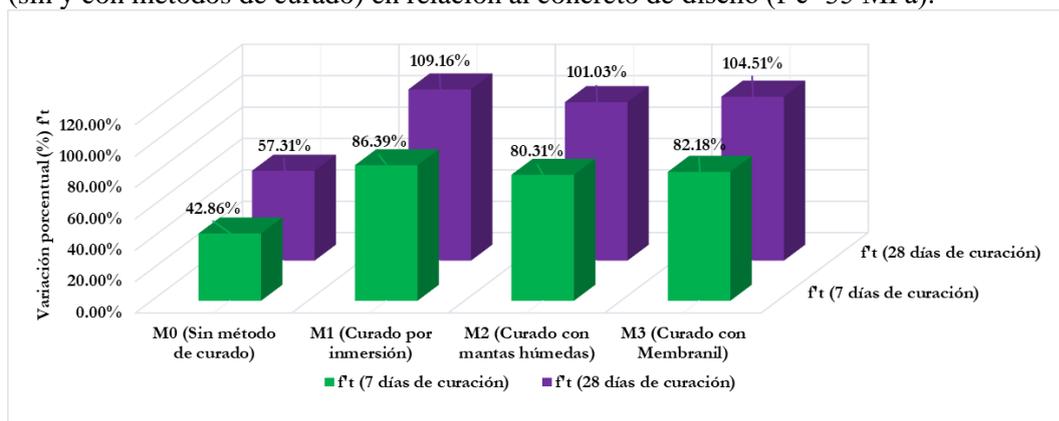
Figura 12 Variación de resultados de resistencia a la tracción indirecta promedio a los 7 y 28 días de curado (sin y con métodos de curado)



Nota. El gráfico describe la resistencia a la tracción indirecta en diversos escenarios, calculados en Megapascales.

En la Figura 13, se expone resultados f_t respecto a la variación porcentual, generado a partir del concreto de diseño ($f_c=35$ MPa) como el 100.00%, en los diversos escenarios, tanto a los 7 y 28 días de curado y los métodos de curado empleados.

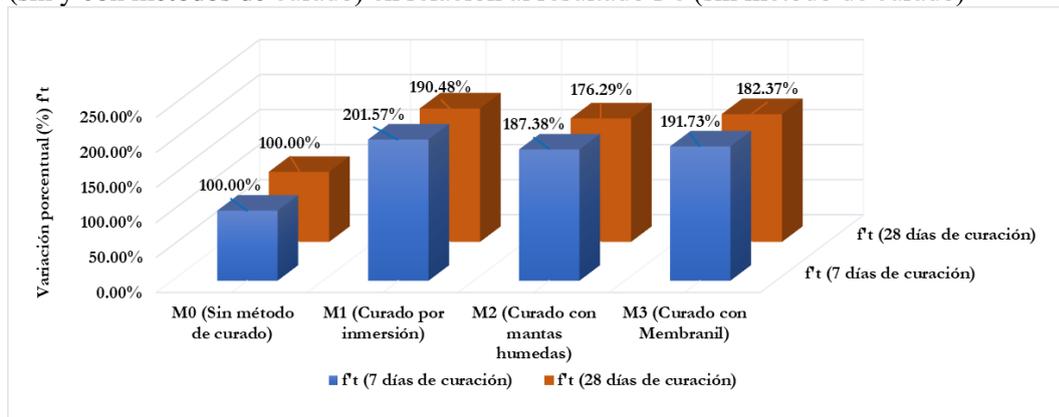
Figura 13 Variación porcentual de resultados a la tracción indirecta promedio a los 7 y 28 días (sin y con métodos de curado) en relación al concreto de diseño ($f'_c=35$ MPa).



Nota. El gráfico describe la resistencia a la tracción indirecta en los diversos escenarios, calculados en porcentaje de variación.

En la Figura 14, se expone resultados f'_t respecto a la variación porcentual, generado en relación a la resistencia a la compresión f'_c sin método de curado obtenida (como el 100.00%), en los diversos escenarios, tanto a los 7 y 28 días de curado y los métodos de curado empleados.

Figura 14 Variación porcentual de resultados a la tracción indirecta promedio a los 7 y 28 días (sin y con métodos de curado) en relación al resultado f'_c (sin método de curado)



Nota. El gráfico describe la resistencia a la tracción indirecta en los diversos escenarios, calculados en porcentaje de variación.

Contrastación de hipótesis

Para exponer y demostrar la contrastación de la hipótesis, se efectuará bajo el método estadístico Anova, para tal, el planteamiento inicial de la hipótesis alternativa y nula se estipulan de la siguiente manera:

H1: Existen diferencias respecto a las resistencias a la compresión y tracción indirecta de un concreto $f'_c=35$ MPa halladas sin aplicar y aplicando tres métodos de curado.

H0: No existen diferencias respecto a las resistencias a la compresión y tracción indirecta de

un concreto $f'_{cr}=35$ MPa halladas sin aplicar y aplicando tres métodos de curado.

Condición Anova: si se cumple la condición $F_0 > F_{\alpha,-1,N-k}$, se procede a rechazar la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, concluyendo que existe las diferencias significativas entre los grupos de resultados f'_c y f'_t .

Entonces, para proceder ordenadamente, se sometió a calculo anova, en una primera parte: referido a resultados respecto a la resistencia a la compresión. Y en una segunda parte: referidos a resultados respecto a la tracción indirecta.

Primera parte: para resultados de resistencia a la compresión

Para realizar el cálculo, se tienen en cuenta solo los resultados a los 28 días de curación (donde alcanza la máxima resistencia f'_c) aplicando los diversos métodos de curado:

Tabla 2 Conformación de grupos de resultados f'_c en función a la aplicación de cada método de curado en un concreto

Muestra	F'c aplicando diversos tipos métodos de curado			
	M0	M1	M2	M3
1	21.66	43.28	40.99	39.04
2	17.86	43.42	41.36	39.41
3	16.21	43.06	41.05	40.02
4	17.70	43.62	41.62	39.34
5	22.75	43.21	41.00	38.91

Para los grupos antes presentados, se realizó el cálculo de promedios y varianzas en la siguiente tabla:

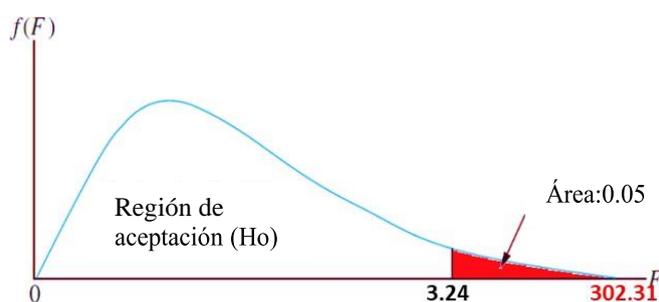
Contando con los valores presentados anteriormente, se realiza el cálculo del valor crítico y teórico en la siguiente tabla:



Tabla 4 Resultado del Cálculo del valor teórico y crítico según el método Anova, para resultados $f'c$

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1863.2392	3	621.07972	302.30552	2.70293E-14	3.23887152
Dentro de los grupos	32.871632	16	2.054477			
Total	1896.1108	19				

Figura 15 Gráfica de regiones de aceptación y rechazo de hipótesis nula



Bajo los resultados obtenidos, con relación al valor teórico y valor calculado, se cumple la condición: $F_0 > F_{\alpha, -1, N-k}$, lo que se expresa en la Figura 15, se visualiza que, $302.31 > 3.24$; cuya diferenciación se halla dentro del área de rechazo de la hipótesis nula, lo que permite concluir que existe diferenciación significativa entre los resultados $f'c$ grupales (según cada método de curado). En resumen, rechazamos la hipótesis nula, en la primera parte respecto a los resultados de resistencia a la compresión, que indica que no existe diferenciación entre resultados $f'c$ al emplear diferentes métodos de curado.

Segunda parte: para resultados de resistencia a la tracción indirecta

Para realizar el cálculo, se tienen en cuenta los siguientes resultados a los 28 días de curación

(donde alcanza la máxima resistencia $f't$) aplicando los diversos métodos de curado:

Tabla 5 Conformación de grupos de resultados $f't$ en función a la aplicación de cada método de curado en un concreto $f'c=35$ MPa.

Muestra	F'c aplicando diversos tipos métodos de curado			
	M0	M1	M2	M3
1	2.34	4.25	3.68	3.72
2	2.20	3.61	3.55	4.02
3	1.93	4.05	3.60	4.03
4	2.20	4.44	3.86	3.80
5	1.94	3.87	4.02	3.80

Para los grupos antes presentados, se realiza el cálculo de promedios y varianzas en la siguiente tabla:

Tabla 6 Resultados del Cálculo de la Varianza por cada Grupo de Resultados f^t

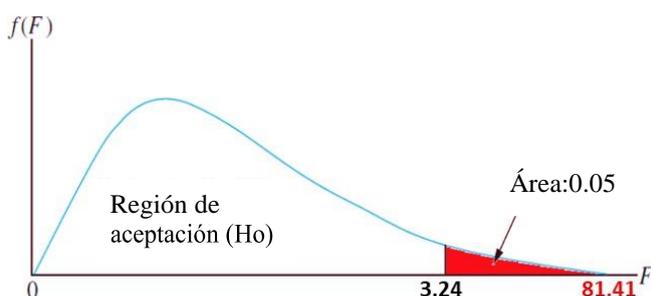
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
M0 (sin curado)	5	10.61	2.122	0.03242
M1 (Inmersión)	5	20.22	4.044	0.10448
M2 (Mantas húmedas)	5	18.71	3.742	0.03802
M3 (Membranil)	5	19.37	3.874	0.02008

Contando con los valores presentados anteriormente, se realiza el cálculo del valor crítico y teórico en la siguiente tabla:

Tabla 7 Resultados del Cálculo del valor teórico y crítico según el método Anova, para resultados f^t

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	11.906895	3	3.968965	81.414667	6.62607E-10	3.23887152
Dentro de los grupos	0.78	16	0.04875			
Total	12.686895	19				

Figura 16 Gráfica de regiones de aceptación y rechazo de hipótesis nula para resultados f^t



En análisis, respecto al valor calculado y teórico, se cumple la condición: $F_0 > F_{\alpha, -1, N-k}$, representada en la figura 16, $81.41 > 3.24$; cuya diferenciación nos conduce a observar que se halla dentro del área de rechazo de la hipótesis nula. Esto nos permite deducir que existe diferenciación significativa entre los resultados f^t grupales (según cada método de curado aplicado). Finalmente, rechazamos la hipótesis nula, que indica que no existe diferenciación entre resultados f^t al emplear diferentes métodos de curado.

Contrastación final

Y bajo los resultados estadísticos, de la primera y segunda parte expuesta, podemos deducir que existe diferencia significativa entre los resultados, entonces, se acepta la hipótesis alternativa de la investigación, es decir: existen diferencias respecto a las resistencias a la compresión y tracción indirecta de un concreto $f'_{cr}=35$ MPa halladas sin aplicar y aplicando tres métodos de curado.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la presente investigación resaltan la importancia crucial del curado en el desarrollo de las propiedades mecánicas del concreto, específicamente la resistencia a la compresión y tracción indirecta. Como se puede apreciar en las Figuras 7 y 12, los especímenes sometidos a diferentes métodos de curado exhibieron un notable incremento en ambas resistencias en comparación con las muestras sin curado. Este hallazgo concuerda con las investigaciones previas que han destacado la necesidad de mantener condiciones óptimas de humedad y temperatura durante el proceso de hidratación del cemento para permitir el desarrollo adecuado de la matriz cementante y, en consecuencia,

mejorar las propiedades mecánicas del concreto endurecido (Wang et al., 2024; Gou et al., 2024).

Entre los métodos de curado evaluados, el curado por inmersión (M1) demostró ser el más efectivo para alcanzar las resistencias a la compresión y tracción indirecta más altas. A los 28 días, las muestras curadas por inmersión alcanzaron una resistencia a la compresión promedio de 43.32 MPa y una resistencia a la tracción indirecta promedio de 4.04 MPa, superando ampliamente los valores obtenidos por los otros métodos de curado y las muestras sin curado. Estos hallazgos respaldan los estudios previos que han destacado la eficacia del curado por inmersión en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto (Rojas, 2021; Contreras y Velazco, 2018). La inmersión continua en agua proporciona un suministro constante de humedad, lo que favorece la hidratación completa del cemento y, por lo tanto, el desarrollo óptimo de la resistencia.

El curado con mantas húmedas (M2) y el curado con aditivo formador de membrana (membranil) (M3) también demostraron ser métodos efectivos para mejorar las resistencias a la compresión y tracción indirecta en comparación con las muestras sin curado. Sin embargo, los valores obtenidos



fueron ligeramente inferiores a los alcanzados mediante el curado por inmersión. A los 28 días, el curado con mantas húmedas registró una resistencia a la compresión promedio de 41.20 MPa y una resistencia a la tracción indirecta promedio de 3.74 MPa, mientras que el curado con membranal alcanzó 39.35 MPa y 3.87 MPa, respectivamente. Estos hallazgos coinciden con los estudios previos que han reportado la efectividad de estos métodos, aunque con un rendimiento ligeramente inferior al curado por inmersión (Liang et al., 2020; Jian et al., 2016). Cabe destacar que la eficacia de estos métodos puede verse influenciada por factores como la tasa de aplicación, la temperatura ambiente y la exposición a la radiación ultravioleta (Fernández, 2010).

Aunque los métodos de curado evaluados demostraron ser beneficiosos para mejorar las resistencias, es importante destacar que las condiciones ambientales locales pueden influir en su efectividad. Como se mencionó en el artículo, las variaciones de temperatura y humedad relativa en la ciudad de Huaraz, Perú, pueden impactar la eficacia de los diferentes métodos de curado. Por lo tanto, es fundamental adaptar las prácticas de curado a las condiciones climáticas específicas de la región para maximizar las propiedades mecánicas del concreto. Esto concuerda con los estudios de caso mencionados en el artículo, los cuales han demostrado la importancia de ajustar los métodos de curado a las condiciones locales para lograr resultados óptimos (American Concrete Institute, 1994; Solís y Moreno, 2005).

CONCLUSIONES

La presente investigación ha demostrado contundentemente la importancia crucial del curado en el desarrollo de las propiedades mecánicas del concreto de alta resistencia ($f'_c = 35$ MPa), particularmente en la resistencia a la compresión y tracción indirecta. Los resultados obtenidos resaltan que el método de curado por inmersión fue el más efectivo, alcanzando resistencias a la compresión de 43.32 MPa y tracción indirecta de 4.04 MPa a los 28 días, superando ampliamente los valores obtenidos mediante otros métodos y las muestras sin curado. Este hallazgo se atribuye a la capacidad del curado por inmersión para proporcionar un suministro constante de humedad, favoreciendo así la hidratación completa del cemento y el desarrollo óptimo de la matriz cementante. No obstante, los métodos de curado con mantas húmedas y aditivos formadores de membrana (membranil) también demostraron ser alternativas viables para mejorar las



resistencias, aunque con rendimientos ligeramente inferiores al curado por inmersión. Estos hallazgos concuerdan con investigaciones previas y resaltan la importancia de seleccionar el método de curado más adecuado según las condiciones ambientales locales. En el caso particular de Huaraz, Perú, donde se presentan variaciones significativas de temperatura y humedad relativa, la adaptación de las prácticas de curado a estas condiciones climáticas específicas es fundamental para maximizar las propiedades mecánicas del concreto y garantizar su desempeño óptimo a largo plazo en estructuras. Esta investigación sienta las bases para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas en el campo de la ingeniería de la construcción y el diseño de concretos de alta resistencia en regiones con condiciones ambientales particulares.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abu, M., Kumar, B., Farouk, A., Pandey, S., Hussain, A., Ragab, A., . . . Mozammil, S. (2023). Assessment of the mechanical and durability characteristics of bio-mineralized *Bacillus subtilis* self-healing concrete blended with hydrated lime and brick powder. *Case Studies in Construction Materials*, 19. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02672>
- Abu, M., Kumar, B., Farouk, A., Pandey, S., Hussain, A., Regab, A., & Sultan, S. (2023). Assessment of the mechanical and durability characteristics of bio-mineralized *Bacillus subtilis* self- healing concrete blended with hydrated lime and brick powder. *Case Studies in Construction Materials*, 19. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02672>
- Ahlborn, T., Devin, H., Misson, D., & Erron, P. (2011). Characterization of strength and durability of ultra-high-performance concrete under variable curing conditions. *Transportation Research Record*, 68-75. doi:<https://doi.org/10.3141/2251-07>
- Alvarado, J. (2020). Variación de la resistencia a la compresión del concreto 210, 245, 280 Kg/cm² frente a diferentes métodos de curado. Lima, Perú: Repositorio de la Universidad Cesar Vallejo.
- American Concrete Institute. (1994). *Práctica estándar para el curado del concreto*. México: ACI 308-92, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.
- Basem, A., Assem, H., & Sara, S. (2024). Influence of Mixture Compositions on Impact Resistance and Mechanical Properties of Concrete Cured in Cold Temperature



- Conditions. *Journal of Cold Regions Engineering*, American Society of Civil Engineers (ASCE). doi:<https://doi.org/10.1061/JCRGEL.CRENG-710>
- Bofu, C., Guoqing, T., Xiaochun, L., Bobo, X., Bin, G., & Bin, T. (2024). Thermal property evolution and prediction model of early-age low-heat cement concrete under different curing temperatures. *Journal of Building Engineering*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.108020>
- Chaofeng, L., Sicong, W., Zhedong, C., Yangyang, Y., Yueqing, G., Ming-Zhi, G., . . . Zhiming, M. (2024). Effects of CO2 curing methods on frost resistance and mechanical properties of recycled aggregate concrete. *Case Studies in Construction Materials*, 20(02973). doi:<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2024.e02973>
- Comité ACI 308.1. (2007). *Standard Specification for Curing Concrete (ACI 308.1). Guide to Curing Concrete (ACI 308R)*, ACI, en *Manual of concrete practice*.
- Contreras, S., & Velazco, C. (2018). Análisis comparativo del método de curado en especímenes de losas de concreto simple, simulando condiciones constructivas de obra en la ciudad de Arequipa. Arequipa, Perú: Repositorio de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Facultad de Ingeniería Civil.
- Cabrera Loayza , K. V. (2024). Transformando la Educación Básica: Retos y Perspectivas de la Inteligencia Artificial . *Revista Científica De Salud Y Desarrollo Humano*, 5(2), 01–17. <https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v5i2.113>
- Dai, J., Wang, Q., Bi, R., Wang, C., Han, Z., Du, W., & Ziyu, C. (2022). Research on influencing factors and time-varying model of thermal conductivity of concrete at early age. *Construction and Building Materials*, 315(125638). doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125638>
- Disheng, X., Jinhui, T., Xiang, H., Cheng, Y., Fangyu, H., & Shengwei, S. (2023). The influence of curing regimes on hydration, microstructure and compressive strength of ultra-high performance concrete: A review. *Journal of Building Engineering*, 76(107401). doi:<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.107401>
- Da Silva Santos , F., & López Vargas , R. (2020). Efecto del Estrés en la Función Inmune en



- Pacientes con Enfermedades Autoinmunes: una Revisión de Estudios Latinoamericanos. *Revista Científica De Salud Y Desarrollo Humano*, 1(1), 46–59.
<https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v1i1.9>
- Fan, L., Zhang, Z., Yu, Y., Li, P., & Cosgrove, T. (2017). Effect of elevated curing temperature on ceramsite concrete performance. *Construction and Building Materials*, 423-429. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.07.050>
- Fernández, L. (2010). Proposal to impact the efficiency of on-site curing. Buenos Aires, Argentina: *Revista Concreto y Cemento, Investigación y desarrollo*, vol. 1, núm. 2.
- Gou, J., Zhou, Z., Zhang, Z., Tang, J., Li, X., & Zou, Y. (2024). Effects of alternating positive and negative temperature curing on the mechanical properties of ultra-high performance concrete. *Case Studies in Construction Materials*, 20. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02752>
- Jian, B., Xiag, D., Sun, C., & Jun, C. (2016). Effect of curing parameters on CO2 curing of concrete blocks containing recycled aggregates. *Cement and Concrete Composites*, 122-130. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2016.05.002>
- Jong-Sup, P., Young, K., Jeong, C., & Se-Jin, J. (2015). Early-age strength of ultra-high performance concrete in various curing conditions. 8(8), 5537-5553. doi:<https://doi.org/10.3390/ma8085261>
- Kai-zheng, G., Gao, Z., Yang, L., Jun, Y., & Qing, D. (2024). The mechanism of curing regimes on the macroscopic properties and microstructure of ultra-high performance concrete with lightweight aggregates. *Journal of Building Engineering*, 82(108236). doi:<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.108236>
- Kay, W., Naaman, A., & Parra, G. (2011). Ultra-high performance Concrete with compressive strength exceeding 150 MPa (22 ksi): A simpler way. *ACI Materials Journal*, 46-54. Obtenido de <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-79951736352&origin=resultslist#abstract>
- Kwangmo, L., Kyongchul, K., Kyungtaek, K., & Gumsung, R. (2022). The Time-Dependent Effect in Ultra High-Performance Concrete According to the Curing Methods. *Materials*,



- 15(5066). doi:<https://doi.org/10.3390/ma15145066>
- Liang, C., Pan, B., Ma, Z., He, Z., & Duan, Z. (2020). Utilization of CO₂ curing to enhance the properties of recycled aggregate and prepared concrete: A review. *Cement and Concrete Composites*, 105(103446).
doi:<https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2019.103446>
- Magureanu, C., Sosa, L., Negrutiu, C., & Heghes, B. (2012). Mechanical properties and durability of ultra-high-performance concrete. *ACI Materials Journal*, 109, 177-184. Obtenido de <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84864198414&origin=resultslist>
- Menéndez, E., Geso, H., & García, F. (2013). Mechanical behavior of low w/c ratio concretes cured by water or steam. *Materiales de Construcción*, 63 (311).
doi:<https://doi.org/10.3989/mc.2013.00313>
- Na Solimán, A. (2017). Partial substitution of silica fume with fine glass powder in UHPC: Filling the micro gap. *Construction and Building Materials*, volumen 139, pag. 374-383.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.02.084>
- Ozer, B., Ozkul, & Hulusi. (2004). The influence of initial water curing on the strength development of ordinary portland and pozzolanic cement concretes. *Cement and Concrete Research*, 34, 13-18. doi:[https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(03\)00185-6](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(03)00185-6)
- Radlinska, A., Weiss, W., & Nilenius, F. (2013). Rheological behavior of concrete exposed to aggressive sulfuric acid solutions. *Cement and Concrete Composites*, 35(1), 181-188.
- Rai, B., & Wille, K. (2024). Time-dependent properties of steam cured non-proprietary ultra high-performance concretes. *Case Studies in Construction Materials*, 20.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02760>
- Rivera, R., & Rivera, J. (2002). Effect of Curing in a high Temperature Environment on Compressive Strength of Concrete Incorporating Different Complementary Cementitious Materials. *Proceedings, ACI Fifth International Conference*. Obtenido de <https://deploy.studylib.es/doc/7929107/influencia-del-curado-h%C3%BAmedo-en-la-resistencia-a-compresi...>



- Rojas, L. (2021). Influencia de los métodos de curado en la resistencia de losa de concreto de $f_c=210$ Kg/cm², Lima, 2021. Lima, Perú: Repositorio de la Universidad Cesar Vallejo.
- Romero Henríquez, L. F. (2024). Hacia una concepción social de la salud mental y su importancia en los ambientes escolares. *Estudios Y Perspectivas Revista Científica Y Académica*, 4(1), 119–133. <https://doi.org/10.61384/r.c.a.v4i1.87>
- Romero Henríquez, L. F. (2024). Hacia una concepción social de la salud mental y su importancia en los ambientes escolares. *Estudios Y Perspectivas Revista Científica Y Académica*, 4(1), 119–133. <https://doi.org/10.61384/r.c.a.v4i1.88>
- Salhi, M., Ghrici, M., Li, A., & Bilir, T. (2017). Effect of curing treatments on the material properties of hardened self-compacting concrete. *Korean Science, Researchgate*. doi:<https://doi.org/10.12989/acc.2017.5.4.359>
- Seo, J., Park, S., & Lee, H. (2018). Evolution of the binder gel in carbonation-cured Portland cement in an acidic medium. *Cement and Concrete Research*, 109, 81-89. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2018.03.014>
- Seonhyeok, K., Namkon, L., & Park, S. (2021). Experimental and theoretical studies of hydration of ultra-high performance concrete cured under various curing conditions. *Construction and Building Materials*, 278. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122352>
- Solís, R., & Moreno, E. (2005). Influencia del curado húmedo en la resistencia a compresión del concreto en clima cálido subhúmedo. Mérida, México: *Revista Académica Ingeniería*, vol. 9, núm. 3. Obtenidode https://www.researchgate.net/publication/294582146_Influencia_del_curado_hume
do_en_la_resistencia_a_compresion_del_concreto_en_clima_calido_subhumedo
- Wang, T., Gao, X., Li, Y., & Liu, Y. (Julio de 2024). An orthogonal experimental study on the influence of steam-curing on mechanical properties of foam concrete with fly ash. *Case Studies in Construction Materials*, 20. doi:10.1016/j.cscm.2023.e02665
- Weifeng, B., Deqian, Y., Chenyang, Y., Junfeng, G., Chaopeng, X., & Kelei, C. (2024). The effect of curing age on mechanical properties and mesoscopic damage mechanism of recycled



- aggregate concrete modified with zeolite powder. Journal of Building Engineering, 85(108694). doi:<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.108694>
- Xiangbo, X., Zuquan, J., Yong, Y., & Ning, L. (2022). Impact properties of Ultra High Performance Concrete (UHPC) cured by steam curing and standard curing. Case Studies in Construction Materials, 17(01321). doi:<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01321>
- Yanping, Z., Yang, Z., Husam, H., Jianhui, L., & Genda, C. (2020). Experimental study and theoretical prediction on shrinkage-induced restrained stresses in UHPC-RC composites under normal curing and steam curing. Cement and Concrete Composites, 110(103602). doi:<https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2020.103602>
- Zambrano, L., Alava, R., Ruiz, W., & Menéndez, E. (2022). Aplicación de métodos de curado y su influencia en la resistencia a la compresión del hormigón. Revista Gaceta Técnica, Artículo de Investigación, 23(1) . doi:<https://doi.org/10.51372/gacetatecnica231.4>
- Zhao, Q., Liu, X., & Jiang, J. (2015). Effect of curing temperature on creep behavior of fly ash concrete. Construction and Building Materials, 96, 326-333. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.08.030>
- Zou, P., Chang, H., Wang, F., Cai, Y.-L., Zhang, Z., & Zhao, Z. (2024). Effect of steam curing scheme on the early-age temperature field of a prefabricated concrete T-beam. Case Studies in Construction Materials, 20. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02787>
- Zou, X., Zhang, Y., Liu, B., Xu, X., Lu, Z., & Jiang, W. (14 de Noviembre de 2023). Study on mechanical properties and ratio parameter optimization of fly ash wet shotcrete under the influence of multiple factors. Case Studies in Construction Materials. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02679>

