

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y
CIVIL**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

**Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de
papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en
la resistencia a compresión y la permeabilidad**

Para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. Joel ANDAMAYO QUIHUI

ASESOR:

Msc. Ing. Moisés Nico BARBARÁN ORIUNDO

AYACUCHO - PERÚ

2025

Resumen

El concreto es el material de construcción más empleado, pero presenta limitaciones relacionadas con la fisuración y la permeabilidad, que afectan la durabilidad de las estructuras. Además, la producción de cemento genera un alto impacto ambiental, por lo que es necesario buscar alternativas sostenibles que reduzcan su consumo, sin afectar las propiedades mecánicas del material. El objetivo principal, fue evaluar el efecto de las fibras de celulosa reciclada de papel, sobre la resistencia a compresión, flexión y permeabilidad en concretos con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. La metodología fue aplicada, cuantitativa, explicativa y experimental, considerando un grupo patrón y cuatro experimentales con adiciones de 0.25%, 0.50%, 0.75% y 1.00% de fibras, respecto al peso del cemento. Se fabricaron 75 probetas cilíndricas (60 para compresión y 15 para permeabilidad), como también, 24 probetas prismáticas para flexión, siguiendo normas NTP y ASTM. Las variables evaluadas fueron resistencia a compresión, flexión y permeabilidad. Los resultados mostraron que todas las mezclas superaron la resistencia de diseño, alcanzando un máximo de 227.42 kg/cm^2 con 1.00% de fibra. En flexión, la dosis de 1.00% presentó 21.63 kg/cm^2 , superior al concreto convencional de 21.47 kg/cm^2 . En permeabilidad, la penetración de agua disminuyó de 42.92 mm a 33.16 mm, logrando una reducción del 22.70%. Se determinó que la dosis óptima fue 1.00%, ya que mejoró la resistencia a compresión, mantuvo la flexión y redujo la permeabilidad. Además, el costo unitario por m^3 se redujo en 7.48%, confirmando que las fibras de celulosa reciclada son técnica, económica y ambientalmente viable.

Palabras claves: Fibras de celulosa reciclada de papel, resistencia a compresión, flexión, permeabilidad.

Introducción

El concreto es uno de los materiales más empleados en la construcción a nivel mundial, debido a su resistencia, durabilidad y facilidad de fabricación. Sin embargo, su producción genera un elevado impacto ambiental por el consumo de cemento, principal responsable de las emisiones de CO₂ en la industria (Mehta & Monteiro, 2014). Frente a ello, surge la necesidad de buscar alternativas sostenibles que reduzcan el uso de cemento sin comprometer las propiedades mecánicas y de durabilidad del concreto.

La incorporación de fibras en mezclas cementicias se ha estudiado como una estrategia para mejorar la resistencia a la fisuración y la durabilidad del material. En particular, las fibras de celulosa reciclada, obtenidas de residuos de papel, presentan ventajas como bajo costo, disponibilidad y capacidad de mejorar la cohesión interna del concreto (López, 2016; Rezende et al., 2021). Estas fibras pueden actuar como puentes dentro de la matriz cementicia, reduciendo la propagación de microfisuras y mejorando el comportamiento frente a la permeabilidad (Sarah et al., 2023).

La presente investigación tiene como finalidad evaluar el efecto de la incorporación de fibras de celulosa reciclada de papel en concretos con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, analizando su influencia sobre la resistencia a compresión, la resistencia a flexión y la permeabilidad. Para ello, se elaboraron mezclas experimentales con diferentes porcentajes de adición de fibras y se realizaron ensayos de acuerdo con la normativa vigente (ASTM, 2020). Asimismo, se efectuó un análisis comparativo de costos unitarios entre el concreto convencional y las mezclas modificadas para determinar la viabilidad económica de la propuesta.

El estudio busca aportar evidencia sobre el uso de fibras recicladas como aditivo sostenible, contribuyendo a la reducción de residuos sólidos y al desarrollo de materiales de construcción más amigables con el medio ambiente, sin afectar el desempeño estructural del concreto.

Dedicatoria

A mis padres, por ser el pilar fundamental en mi vida, por su amor incondicional, apoyo constante y por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia.

A mis hermanos, por ser mi compañía, mi fuerza y mi refugio en los momentos difíciles.

Y de manera muy especial, a la persona más querida en mi vida: mi madre, por su infinito amor, sus sacrificios silenciosos y por ser mi mayor inspiración. este logro es también tuyo, porque sin tu guía y tus enseñanzas no estaría aquí hoy.

Joel Andamayo Quihui

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento, en primer lugar, a Dios por darme la fortaleza y sabiduría necesarias para culminar esta etapa tan importante de mi vida.

A mis padres, por su amor incondicional, apoyo constante y por enseñarme a no rendirme ante las dificultades. Gracias por creer en mí y ser mi mayor motivación.

A mis hermanos, por estar siempre a mi lado, alentándome con su cariño y comprensión.
A mis docentes y asesores, por compartir sus conocimientos, su tiempo y su paciencia, contribuyendo a mi formación profesional y personal.

A mis amigos y compañeros, por cada palabra de aliento y por hacer de este camino una experiencia más llevadera y enriquecedora.

Finalmente, a todas aquellas personas que, de una u otra forma, fueron parte de este logro.

Joel Andamayo Quihui

Índice general

Resumen	ii
Introducción	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimientos.....	v
Índice general	vi
Índice de figuras	ix
Índice de tablas.....	xi
Glosario	xiii
Acrónimos	xiv
1. Planteamiento del problema	01
1.1 Descripción del problema	01
1.1.1 A nivel internacional	01
1.1.2 A nivel nacional	02
1.1.3 A nivel local	02
1.2 Delimitación del problema	03
1.2.1 Espacial	03
1.2.2 Temporal	03
1.2.3 Temática y unidad de análisis	04
1.3 Formulación del problema	04
1.3.1 Problema general	04
1.3.2 Problemas específicos	04
1.4 Justificación e importancia	04
1.5 Limitaciones de la investigación	05
1.6 Objetivos	05
1.6.1 Objetivo general	05
1.6.2 Objetivos específicos	05
2. Marco teórico	06
2.1 Antecedentes	06
2.1.1 Investigaciones internacionales	06
2.1.2 Investigaciones nacionales	09
2.2 Bases teóricas	11
2.2.1 El concreto y sus propiedades fundamentales	11
2.2.1.1 En el estado fresco	11
2.2.1.2 En el estado endurecido	11

2.2.2 Durabilidad, permeabilidad y agresores ambientales	11
2.2.3 Adiciones y aditivos en el concreto.....	12
2.2.4 Fibras de celulosa reciclada en mezclas de concreto	12
2.2.5 Factores que influyen en la efectividad de las fibras	12
2.2.5.1 Tamaño y forma de la fibra	12
2.2.5.2 Dosificación	12
2.2.5.3 Compatibilidad con adiciones	12
2.2.5.4 Relación agua/cemento	13
2.2.6 Sostenibilidad y economía circular	13
2.2.7 Relación con la presente investigación	13
2.3 Marco conceptual	13
2.3.1 Concreto	13
2.3.2 Resistencia a compresión (f_c)	13
2.3.3 Resistencia a flexión	13
2.3.4 Permeabilidad	13
2.3.5 Trabajabilidad	13
2.3.6 Durabilidad	13
2.3.7 Celulosa reciclada	14
2.3.8 Relación agua/cemento (a/c)	14
2.3.9 Agentes agresivos	14
2.3.10 Economía circular	14
2.4 Marco legal	14
2.4.1 Normas Técnicas Peruanas (NTP)	14
2.4.2 Normas ASTM	14
3. Metodología de la investigación	15
3.1 Tipo	15
3.2 Enfoque	15
3.3 Alcance	15
3.4 Diseño de investigación	15
3.5 Población, muestra y muestreo	16
3.5.1 Población	16
3.5.2 Muestra	17
3.5.3 Muestreo	18
3.6 Hipótesis	18
3.6.1 Hipótesis general	18

3.6.2 Hipótesis específicas	18
3.7 Operacionalización de variables, definición conceptual y operacional	18
3.7.1 Variables	18
3.7.1.1 Variable independiente	18
3.7.1.2 Variables dependientes	18
3.8 Técnicas e instrumentos	20
3.8.1 Técnicas	20
3.8.2 Instrumentos	20
3.9 Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información	20
3.9.1 Técnicas estadísticas	20
3.9.2 Software	20
3.10 Desarrollo del trabajo de tesis.....	21
3.10.1 Procedimientos	21
4. Resultados y discusión	53
4.1 Resultados	53
4.2 Contratación de hipótesis	72
4.3 Discusión	76
5. Conclusiones y recomendaciones	78
5.1 Conclusiones	78
5.2 Recomendaciones	78
Referencias bibliográficas.....	79
Anexos	82

Índice de figuras

Figura 1: Ubicación satelital de la cantera Chillico	21
Figura 2: Agregado grueso (piedra chancada) acopiado en cantera.....	21
Figura 3: Agregado fino (arena gruesa) acopiado en cantera.....	22
Figura 4: Papel reciclado en recicladora Rodríguez.....	23
Figura 5: Selección de papel reciclado.....	23
Figura 6: Rasgado de papel reciclado superficialmente húmedo.....	23
Figura 7: Licuado de papel reciclado	24
Figura 8: Colado de papel reciclado.....	24
Figura 9: Secado de fibra de celulosa reciclada de papel a temperatura ambiente	24
Figura 10: Decantación de mezclas de concreto para determinación de pH.....	25
Figura 11: pH de mezclas de concreto	25
Figura 12: Granulometría del agregado fino (arena gruesa)	26
Figura 13: Granulometría del agregado grueso (piedra chancada)	26
Figura 14: Módulo de fineza del agregado fino (arena gruesa)	27
Figura 15: TMN del agregado grueso (piedra chancada).....	27
Figura 16: Humedad del agregado fino (arena gruesa).....	28
Figura 17: Humedad del agregado grueso (piedra chancada).....	28
Figura 18: Peso unitario seco suelto del agregado fino (arena gruesa).....	29
Figura 19: Peso unitario seco compactado del agregado fino (arena gruesa)	29
Figura 20: Peso unitario seco suelto del agregado grueso (piedra chancada).....	30
Figura 21: Peso unitario seco compactado del agregado grueso (piedra chancada)	30
Figura 22: Peso específico del agregado fino (arena gruesa).....	31
Figura 23: Peso específico del agregado grueso (piedra chancada).....	31
Figura 24: Absorción del agregado fino (arena gruesa).....	32
Figura 25: Absorción del agregado grueso (piedra chancada).....	32
Figura 26: Slump con cono de Abrams para probetas cilíndricas de concreto	44
Figura 27: Preparación de probetas cilíndricas de concreto para compresión	45
Figura 28: Curado de probetas para compresión y flexión	45
Figura 29: Medición de aire incorporado en mezclas de concreto.....	46
Figura 30: Medición de exudación en mezclas de concreto.....	46
Figura 31: Medición de tiempo de fraguado en mezclas de concreto	47

Figura 32: Medición de peso de probeta cilíndrica en estado fresco	47
Figura 33: Medición de peso de probeta cilíndrica en estado endurecido	48
Figura 34: Rotura de probeta cilíndrica de concreto por compresión	48
Figura 35: Tipo de falla en probeta cilíndrica de concreto por compresión	49
Figura 36: Slump con cono de Abrams para probetas prismáticas de concreto.....	49
Figura 37: Preparación de probetas prismáticas de concreto para flexión.....	50
Figura 38: Rotura de probeta prismática de concreto por flexión.....	50
Figura 39: Tipo de falla en probeta prismática de concreto por flexión	51
Figura 40: Permeabilidad de muestras de concreto por carga variable.....	51
Figura 41: Flujograma para evaluación y obtención de resultados	52
Figura 42: Compresiones en concreto convencional para columna ($f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$).....	56
Figura 43: Compresiones en concreto (1 ^{era} adición) para columna ($f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)	57
Figura 44: Compresiones en concreto (2 ^{da} adición) para columna ($f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)	58
Figura 45: Compresiones en concreto (3 ^{era} adición) para columna ($f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)	59
Figura 46: Compresiones en concreto (4 ^{ta} adición) para columna ($f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$).....	60
Figura 47: Compresiones promedio en concretos para columna ($f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)	61
Figura 48: Flexión en concreto convencional para viga ($f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)	63
Figura 49: Flexión en concreto (4 ^{ta} adición) para viga ($f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)	64
Figura 50: Resistencias a la flexión en concretos para viga ($f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$).....	65
Figura 51: Permeabilidad del concreto convencional para columna ($f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)	66
Figura 52: Permeabilidad del concreto (1 ^{era} adición) para columna ($f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)	67
Figura 53: Permeabilidad del concreto (2 ^{da} adición) para columna ($f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$).....	68
Figura 54: Permeabilidad del concreto (3 ^{era} adición) para columna ($f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)	69
Figura 55: Permeabilidad del concreto (4 ^{ta} adición) para columna ($f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)	70
Figura 56: Permeabilidad del concreto para columna ($f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$).....	71

Índice de tablas

Tabla 1: Adiciones de fibra de celulosa reciclada de papel para concreto experimental.....	16
Tabla 2: Población para ensayos mecánicos del concreto convencional y experimental	16
Tabla 3: Muestra para ensayo de rotura de probetas por compresión de los concretos	17
Tabla 4: Muestra para ensayo de permeabilidad del concreto convencional y experimental ..	17
Tabla 5: Muestra para ensayo de rotura de probetas por flexión del concreto.....	17
Tabla 6: Operacionalización de variables	19
Tabla 7: Tipo de mezcla según clima.....	33
Tabla 8: Resistencia mínima requerida	33
Tabla 9: Asentamiento según elemento	34
Tabla 10: Consistencia esperada	34
Tabla 11: Porciento de aire atrapado.....	34
Tabla 12: a/c según edad.....	35
Tabla 13: Cantidad de agua de mezcla.....	36
Tabla 14: Volumen de AG	38
Tabla 15: Pesos específicos de cementos nacionales	39
Tabla 16: pH del concreto convencional y experimental.....	53
Tabla 17: Exudación de las mezclas de concreto ($f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$).....	54
Tabla 18: Tiempos de fraguado de las mezclas de concreto ($f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$).....	54
Tabla 19: Compresiones en concreto convencional para columna ($f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$).....	55
Tabla 20: Compresiones en concreto (1 ^{era} adición) para columna ($f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$).....	56
Tabla 21: Compresiones en concreto (2 ^{da} adición) para columna ($f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$).....	58
Tabla 22: Compresiones en concreto (3 ^{era} adición) para columna ($f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$).....	59
Tabla 23: Compresiones en concreto (4 ^{ta} adición) para columna ($f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$).....	60
Tabla 24: Compresiones promedio en concretos para columna ($f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$).....	61
Tabla 25: Flexión en concreto convencional para viga ($f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$).....	62
Tabla 26: Flexión en concreto (4 ^{ta} adición) para viga ($f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$).....	63
Tabla 27: Resistencias a la flexión en concretos para viga ($f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$).....	64
Tabla 28: Permeabilidad del concreto convencional para columna ($f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$).....	66
Tabla 29: Permeabilidad del concreto (1 ^{era} adición) para columna ($f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$).....	67
Tabla 30: Permeabilidad del concreto (2 ^{da} adición) para columna ($f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$).....	68
Tabla 31: Permeabilidad del concreto (3 ^{era} adición) para columna ($f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$).....	69
Tabla 32: Permeabilidad del concreto (4 ^{ta} adición) para columna ($f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$).....	70
Tabla 33: Permeabilidad del concreto para columna ($f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$).....	71

Tabla 34: Resumen de resultados según variables evaluadas	72
Tabla 35: Resultados de la prueba de normalidad Shapiro – Wilk	72
Tabla 36: Resultados del ANOVA para resistencia a compresión.....	73
Tabla 37: Comparación de medias (Tukey) para resistencia a compresión.....	73
Tabla 38: Resultados de la prueba t para resistencia a flexión.....	74
Tabla 39: Resultados del ANOVA para permeabilidad	75
Tabla 40: Comparación de medias (Tukey) para permeabilidad	75
Tabla 41: Contrastación del objetivo general y la hipótesis general.....	76
Tabla 42: Matriz de consistencia.....	82

Glosario

Aditivo: Sustancias tanto orgánicas como inorgánicas, que se agregan a la mezcla de concreto durante la producción para modificar sus propiedades en estado fresco o endurecido.

Agua: Es un componente esencial que permite la hidratación del cemento y facilita la trabajabilidad de la mezcla.

Agregado fino: Es la fracción de material que pasa a través de un tamiz de 4.75 mm (malla N° 4) y queda retenido en un tamiz de 0.075 mm (malla N° 200). Generalmente, se refiere a la arena, ya sea natural o artificial, que se utiliza en la mezcla para mejorar la trabajabilidad y reducir los vacíos.

Agregado grueso: Es la fracción de material pétreo que no pasa a través de un tamiz de 4.75 mm (o malla #4). Es decir, son las partículas de mayor tamaño en la mezcla de concreto, y generalmente están compuestas por grava o piedra triturada.

Asentamiento: Es una medida de la consistencia o trabajabilidad de la mezcla fresca, justo antes de que comience a fraguar.

Cemento: Actúa como un aglutinante hidráulico. Es un polvo fino que, al mezclarse con agua, forma una pasta que fragua y endurece, uniendo los demás componentes del concreto: arena, grava y agua.

Concreto simple: Es una mezcla de cemento, agua, agregados (como arena y grava) y, opcionalmente, aditivos.

Consistencia: Se refiere al grado de fluidez o movilidad de la mezcla fresca (recién mezclada).

Densidad: Es un parámetro físico que proporciona información sobre la masa de una muestra o un cuerpo dividida por su volumen.

Exudación: Es un fenómeno donde el agua de la mezcla fresca asciende a la superficie durante el fraguado, debido a la sedimentación de los sólidos.

Fibra de celulosa de papel reciclado: Es un material obtenido al reprocesar papel usado para crear nuevas fibras.

Permeabilidad: Capacidad del material para permitir el paso de fluidos (líquidos o gases) a través de su estructura porosa.

Resistencia a la compresión: Capacidad del material para soportar fuerzas que tienden a aplastarlo o comprimirlo.

Resistencia a la flexión: Capacidad del material para soportar la deformación bajo cargas transversales.

Tiempo de fraguado: Es el período durante el cual la mezcla de concreto, después de ser mezclada con agua, comienza a endurecer y perder su plasticidad, pasando de un estado líquido a un estado sólido.

Trabajabilidad: Facilidad con la que una mezcla de concreto fresco se puede mezclar, colocar, consolidar y terminar sin segregación ni exudación excesiva.

Acrónimos

a: Agua.

a/c: Relación agua/cemento.

a/c correg.: Relación agua/cemento corregido.

ACI: Instituto Americano del concreto.

ACU: Análisis de costo unitario.

AF: Agregado fino.

AG: Agregado grueso.

ASTM: American Society for Testing and Materials.

c: Cemento.

CPTI: Cemento Portland tipo I.

f'c: Resistencia a la compresión del concreto.

F.C: Factor cemento.

F.C correg.: Factor cemento corregido.

F.C c/desp. (5%): Factor cemento corregido con desperdicio al 5%.

FCRP: Fibra de celulosa de papel reciclado.

FTCCP: Federación de Trabajadores de Construcción Civil del Perú.

IECA: Instituto Español del cemento y sus aplicaciones.

MF: Módulo de fineza o finura.

Mr: Módulo de rotura.

NTP: Norma Técnica Peruana.

pH: Potencial de hidrógeno.

PUSS: Peso unitario seco suelto.

PUSC: Peso unitario seco compactado.

TM: Tamaño máximo del agregado grueso.

TMN: Tamaño máximo nominal del agregado grueso.

%f'c: Porcentaje de resistencia a la compresión alcanzada.

1. Planteamiento del problema

1.1 Descripción del problema

1.1.1 A nivel internacional

En el mundo se han presentado problemas relacionadas a la impermeabilización, resistencia y durabilidad del concreto, en relación con la interacción entre los agregados y la pasta cementante. Esta interacción provoca diversas fisuras en la estructura interna del concreto, las cuales aumentan la porosidad y crean zonas débiles propensas a agrietarse. Los cambios que ocurren durante el proceso de fraguado, como la liberación de calor, la pérdida de líquidos y los cambios de volumen, complican aún más la situación de la mezcla, acelerando su degradación y la difusión de agentes agresivos. Los problemas de expansión y contracción, la carbonatación, la reacción álcali - agregado y los efectos debidos a la carga y fatiga, son solo consecuencias de la pérdida de durabilidad y resistencia del concreto (Huamani, 2024).

Se sabe muy bien, que el concreto es un componente primordial en las construcciones, pero presenta muchos problemas, uno de ellos, es la fisuración molecular entre los agregados, el cual es causante de la reducción de su resistencia, por lo que inducir adiciones de fibras naturales, podrían mejorar los niveles de resistencia, sobre todo, la porosidad, ya que estos materiales también podrían reducir los costos de producción, facilitando la ejecución de cualquier elemento de concreto simple o armado, como también, minimizaría el impacto ambiental (Miranda, 2021). La utilización de insumos naturales contribuye a contrarrestar gastos en zonas rurales donde existe dificultad, debido a la gestión costosa que demandan las adiciones de elementos químicos (Hernandez et al., 2020).

Por otra parte, es importante el uso de materiales naturales, que sirvan como aditivos para reforzar las propiedades de materiales de construcción, en especial, la del concreto (Feria, 2021), teniendo en cuenta, que se debe contribuir con el medio ambiente, y a la vez, promueva la economización mediante materiales de fácil traslado y obtención (Castro et al., 2020). Se ha comprobado que la influencia de las adiciones de fibras naturales y sintéticas en la permeabilidad de morteros de cemento – arena y cemento – cal – arena, a los 28 días de curado, incrementa en 0.30%, respecto a una muestra convencional, cuya resistencia es adecuada, siendo de 7.52 MPa (76.65 kg/cm²) y de 7.91 MPa (80.61 kg/cm²), las cuales superaron la resistencia de diseño de 5.20 MPa (53.03 kg/cm²), según norma NTE INEN 2518 (Viera et al., 2022).

Se están llevando a cabo proyectos para lograr la sustitución del clinker de cemento por otros subproductos industriales, lo que ofrece beneficios como el ahorro potencial de recursos naturales y energía, la reducción del impacto de las emisiones de CO₂ y la reutilización de residuos. Uno de estos subproductos industriales, es el cartón reciclado (Sarah et al., 2023).

La fibra celulósica retrasa eficazmente la formación y crecimiento de grietas. El curado interno se explora a partir de fibras celulósicas porosas saturadas de agua, para proporcionar adicionalmente, agua de curado durante la hidratación inicial del concreto. Esta estrategia es eficaz, porque el agua de curado adicional, puede reponer los poros vacíos, más rápido que el agua de curado externa tradicional (Torres, 2023).

1.1.2 A nivel nacional

Ante lo mencionado, se debe justificar técnicamente, porque la proporción de una dosificación de fibra o celulosa, debe de responder a las exigencias de la caracterización mecánica del concreto, el cual otorgue una vida útil más perdurable, bajo resistencias de flexión y compresión más adecuadas. El uso de materiales que resultan de la zona rural, significa una importante conservación del medio ambiente, además, representa una disminución considerable de la energía que se emplea para aquellos químicos, que, por lo general, son los que se usan para reforzar materiales de construcción, como es el concreto. También, se debe proponer una alternativa diferente y de reducido costo, ya que, al utilizarse fibras o celulosas, deben lograr resistencias óptimas, ante las diferentes sollicitaciones de carga a las cuales estará expuesta el concreto (Huaman, 2023).

Actualmente, los materiales empleados para reforzar materiales de construcción, son los productos químicos, pero por falta de conocimiento sobre los beneficios que pueden otorgar las fibras o celulosas en el concreto, no se le presta la debida atención, ya que muchos de los resultados obtenidos, son direccionados a la comunidad que está relacionada con la construcción en nuestro país, la cual impide que no se apliquen adecuadamente las proporciones o adiciones de las fibras o celulosas en la elaboración de nuevos concretos ecosostenibles y biodegradables (Huaman, 2023).

1.1.3 A nivel local

A nivel regional, se pueden observar fallas en diferentes estructuras, debido a la mala calidad del concreto utilizado. Esto conduce al deterioro de estas estructuras, haciéndolas sensibles ante cualquier sollicitación de carga (Huamani, 2024).

En la localidad de Santa Rosa de Yanacusma, en el departamento de Ayacucho, se encuentran múltiples estructuras en deficiente estado, presentando problemas de impermeabilización y resistencia (filtraciones, grietas, etc.), que ocasionan, malestar, preocupación y pérdidas económicas, las cuales afectan directamente a los beneficiarios directos de la localidad (Huamani, 2024).

Actualmente, el concreto es un material muy utilizado en la construcción, debido a sus propiedades físicas y mecánicas. Por lo tanto, existe un gran interés en mejorar estas propiedades del concreto, orientados al ahorro de costos a corto, medio y largo plazo (Cuba, 2024).

La ambición de desarrollar materiales de construcción más resistentes, ligeros, sostenibles y rentables ha estado presente desde siempre, más aún en el desarrollo de un concreto con estas características.

Por este motivo, los materiales convencionalmente empleados para el reforzamiento del concreto han variado, llegando al uso de fibras sintéticas y polímeros; ocasionando variaciones en sus propiedades físicas y mecánicas, desarrollando métodos para determinar el contenido de volumen óptimo, que estas deben tener al interior del concreto. No obstante, basándose en el hecho de que el uso de fibras naturales, presenta menores impactos ambientales, en comparación con otras fibras, no es sorprendente que alrededor de la región Ayacucho, las fibras naturales sean una alternativa planteada por diferentes investigadores, pues son un residuo natural con potencial aprovechamiento (Huamani, 2024).

Según la Municipalidad Provincial de Huamanga (2024), la generación de residuos sólidos en la ciudad de Ayacucho alcanzó las 12560 toneladas en el año 2023, de las cuales aproximadamente un 14% corresponde a papel y cartón. Este volumen de residuos representa una oportunidad para su valorización mediante su incorporación como adición en el concreto, con el fin de reducir el impacto ambiental y promover prácticas de construcción sostenibles.

Uno de los requisitos fundamentales en la construcción, es garantizar que el concreto utilizado, sea impermeable al agua y resistente. Esto es crucial para evitar problemas de filtración y contaminación, así como para asegurar la impermeabilización, resistencia y durabilidad de las estructuras. Para lograr que el concreto sea duradero, es importante que sea capaz de resistir los efectos tanto físicos como químicos que pueden deteriorarlo. Un desafío común, es la permeabilidad del concreto, ya que un concreto bien dosificado, compactado y con una baja relación agua/cemento, generalmente, presenta baja permeabilidad. Sin embargo, los procesos constructivos utilizados pueden afectar esta calidad. El agua, como componente principal en la hidratación del cemento, facilita la mezcla de los materiales en el concreto. No obstante, también se considera un agente de deterioro, ya que su penetración en sólidos porosos, como el concreto, puede determinar su grado de deterioro. En conclusión, la permeabilidad del concreto está estrechamente relacionada con su resistencia y duración (Huamani, 2024).

1.2 Delimitación del problema

1.2.1 Espacial

Se desarrolló en la ciudad de Ayacucho, provincia de Huamanga – departamento de Ayacucho.

1.2.2 Temporal

Se ejecutó desde el mes de mayo del 2025, hasta el mes de agosto del 2025, identificando sus principales problemas, referentes a impermeabilización y resistencia del concreto, tratando de darle un valor a este insumo natural, para la elaboración y mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto.

1.2.3 Temática y unidad de análisis

Se enfatizó el uso de fibras de celulosa reciclada de papel, para mejorar la resistencia a la compresión y permeabilidad del concreto, el cual abordó una temática ambiental, dado que pretendió reducir la producción de materiales contaminantes, como es el cemento, cuyo aporte ambiental, radicó en la reutilización de residuos sólidos provenientes del papel reciclado, manteniendo los criterios de diseño del concreto, conforme al ACI 211.1 y la NTP 339.034, garantizando que la relación a/c y las propiedades estructurales del material no se vean comprometidas. En el contexto de la tecnología de materiales, se buscó mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto, bajo el efecto de las fibras mencionadas, como material alternativo.

Las muestras a evaluarse en cada ensayo, fueron bajo los distintos porcentajes de adición de las fibras celulosas, siendo estas, la unidad de análisis en la presente investigación.

1.3 Formulación del problema

1.3.1 Problema general

¿Cómo influye el uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo en el concreto en su resistencia a compresión y permeabilidad?

1.3.2 Problemas específicos

- a) ¿Qué efecto tiene la dosificación de fibras de celulosa reciclada de papel en la resistencia a compresión del concreto?
- b) ¿De qué manera influye la dosis óptima experimental de fibra de celulosa reciclada de papel, determinada a partir de los resultados de compresión, en la resistencia a la flexión del concreto?
- c) ¿Cómo varía la permeabilidad del concreto al incorporar fibras de celulosa reciclada de papel en diferentes proporciones?

1.4 Justificación e importancia

La presente investigación se justifica por razones técnicas, ambientales y económicas que la hacen relevante dentro del campo de la ingeniería civil.

En el aspecto técnico, el concreto es el material más empleado en la construcción de infraestructura, pero presenta vulnerabilidades relacionadas con la permeabilidad, lo que compromete su durabilidad. El uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo tiene el potencial de mejorar propiedades como la resistencia a la compresión y el control del paso de agua, sin requerir aditivos químicos convencionales que pueden elevar los costos o generar impactos secundarios.

Desde el punto de vista ambiental, esta propuesta promueve el aprovechamiento de residuos sólidos urbanos, en particular el papel usado, reduciendo su acumulación y contribuyendo al desarrollo de materiales más sostenibles. La incorporación de celulosa reciclada al concreto se alinea con los principios de economía circular y gestión responsable de recursos.

En el ámbito económico, el uso de papel reciclado representa una alternativa de bajo costo y fácil acceso, lo que puede hacer viable su aplicación en proyectos de pequeña, mediana y gran escala, especialmente en zonas con recursos limitados. Finalmente, esta investigación aporta al conocimiento científico sobre materiales alternativos en el concreto, fomentando soluciones sostenibles e innovadoras en la ingeniería civil.

1.5 Limitaciones de la investigación

Se limitó al mejoramiento de las propiedades mecánicas de resistencia a la compresión y permeabilidad del concreto, para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

La evaluación de las fibras de celulosa reciclada de papel, bajo ensayos repetitivos de rotura por compresión y permeabilidad, efectuados en laboratorio, permitieron definir su uso en la construcción, como material adicionado al cemento de forma parcial, para la elaboración de concretos modificados.

No se realizaron otro tipo de ensayos ni se contempló otras resistencias ni mayor muestra a la indicada por norma, dado que se cuenta con escasa solvencia económica.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

Evaluar el efecto del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto sobre su resistencia a compresión y permeabilidad.

1.6.2 Objetivos específicos

- a) Determinar la variación de la resistencia a compresión del concreto al incorporar fibras de celulosa reciclada de papel.
- b) Evaluar la influencia de la dosis óptima de fibra de celulosa reciclada de papel, sobre la resistencia a la flexión del concreto.
- c) Analizar el comportamiento de la permeabilidad del concreto con diferentes porcentajes de celulosa reciclada de papel.

2. Marco teórico

2.1 Antecedentes

2.1.1 Investigaciones internacionales

(Solahuddin & Yahaya, 2021) desarrollaron el estudio titulado *Effect of shredded waste paper on properties of concrete*, cuyo objetivo fue evaluar el efecto de la incorporación de papel reciclado triturado en el concreto sobre la resistencia a compresión, resistencia a flexión y absorción de agua. La metodología empleada fue experimental, cuantitativa y aplicada; se diseñaron mezclas de concreto con adiciones de papel reciclado al 5% y 10% respecto al peso del cemento. Se elaboraron probetas cilíndricas y cúbicas que fueron curadas en agua y ensayadas a 7 y 28 días. La población estuvo conformada por concretos convencionales con y sin adición de papel, mientras que la muestra incluyó dosificaciones con porcentajes de 0%, 5% y 10% de papel reciclado. Se realizaron ensayos de resistencia a compresión, resistencia a flexión y absorción de agua conforme a la normativa correspondiente. Las variables analizadas fueron el porcentaje de papel reciclado, la resistencia a compresión, la resistencia a flexión y la absorción de agua. Los resultados evidenciaron que la adición del 5% de papel reciclado mejoró ligeramente la resistencia a compresión y flexión en comparación con el concreto control, mientras que con el 10% se obtuvo un mayor incremento en la resistencia a flexión, aunque acompañado de un aumento en la absorción de agua. Se concluyó que la inclusión de papel reciclado en proporciones de 5% a 10% es técnicamente viable para mejorar ciertas propiedades mecánicas del concreto, siempre que se controle adecuadamente la dosificación y se ajuste la relación agua/cemento para minimizar el efecto en la absorción.

(Mohd et al., 2018) desarrollaron el estudio titulado *Preliminary study of compressive strength of concrete incorporated with waste paper fibres*, cuyo objetivo fue investigar el efecto de la incorporación de fibras de papel reciclado (waste paper fibres, WPF) sobre la resistencia a compresión del concreto. La metodología utilizada fue experimental, cuantitativa y aplicada; se diseñaron mezclas de concreto con adiciones de WPF en proporciones de 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8%, 1.0% y 1.5% en peso del cemento. La población estuvo conformada por concretos convencionales con y sin adición de fibras, mientras que la muestra incluyó probetas cilíndricas y cúbicas, fabricadas y ensayadas a los 28 días de curado según normativa técnica vigente. Se evaluaron como variables el porcentaje de fibra de papel, la relación agua/cemento, la absorción de agua y la resistencia a compresión. Los resultados evidenciaron que, al incrementar el contenido de fibra, la resistencia a compresión presentó una tendencia decreciente, particularmente a partir del 1.0%, mientras que las mezclas con 0.2% - 0.6% mantuvieron resistencias cercanas a la del concreto control. Asimismo, la absorción de agua aumentó conforme se incrementó la adición de fibras.

Se concluyó que la incorporación de fibras de papel reciclado es viable en concretos estructurales cuando el contenido no supera el 0.6%, recomendándose además el uso de aditivos o ajustes en la relación agua/cemento para garantizar la trabajabilidad y minimizar los efectos negativos sobre la resistencia.

(Shahmirzadi et al., 2024) desarrolló el estudio titulado *Wastepaper fiber - reinforced concrete containing metakaolin: effect on fracture behavior*, cuyo objetivo fue evaluar el efecto de la incorporación de fibras de papel reciclado (wastepaper fiber) en combinación con metacaolín sobre la resistencia a compresión y la durabilidad del concreto. La metodología empleada fue experimental, cuantitativa y aplicada; se formularon mezclas de concreto estándar con adiciones de fibra de papel reciclado en proporciones de hasta 1.5% en peso del cemento, con y sin la presencia de metacaolín. La población estuvo conformada por concretos convencionales con adiciones variables de fibra y metacaolín, mientras que la muestra consideró probetas cilíndricas fabricadas y curadas durante 28 días. Las variables analizadas fueron el porcentaje de fibra, la presencia de metacaolín, la relación agua/cemento y la resistencia a compresión, así como parámetros asociados a la durabilidad. Los resultados mostraron que con la combinación óptima de 1.5% de fibra y adición de metacaolín se logró un incremento de aproximadamente 57% en la resistencia a compresión en comparación con el concreto control, además de mejoras en la durabilidad, reflejadas en menor absorción y mayor resistencia a la formación de grietas. Se concluyó que la incorporación de fibras de papel reciclado, junto con adiciones minerales como el metacaolín y en proporciones adecuadas, puede mejorar significativamente tanto la resistencia mecánica como la durabilidad del concreto estructural.

(Valizadeh et al., 2024) realizaron el estudio titulado *Mechanical, durability, and microstructure assessment of wastepaper fiber-reinforced concrete containing metakaolin*, cuyo objetivo fue evaluar el efecto de la incorporación de fibras de papel reciclado provenientes de placas de yeso (wastepaper fiber) en combinación con metacaolín sobre la resistencia a compresión, la resistencia a tracción indirecta (splitting tensile) y la durabilidad del concreto. La metodología empleada fue experimental, cuantitativa y aplicada; se diseñaron mezclas de concreto con contenidos de fibra del 0%, 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% y 2.5% en peso del cemento, con sustitución parcial del mismo por metacaolín. La población estuvo conformada por concretos convencionales y modificados, mientras que la muestra incluyó probetas cilíndricas fabricadas y curadas durante 28 días para los ensayos. Las variables analizadas fueron el porcentaje de fibra de papel reciclado, la relación agua/cemento, la sustitución parcial de cemento por metacaolín, la resistencia a compresión, la resistencia a tracción indirecta y la absorción de agua, así como la resistencia al agrietamiento por microfisuras. Los resultados mostraron que la mezcla con 1.0% de fibra de papel reciclado obtuvo un incremento del 29% en la resistencia a compresión y del 38% en la resistencia a tracción indirecta respecto al concreto control, además de una disminución en la absorción de agua. Sin embargo, al superar el 1.0% de fibra, la resistencia mecánica comenzó a reducirse debido a fenómenos de agrupamiento de fibras y mala distribución.

Se concluyó que la incorporación de fibra de papel reciclado hasta un contenido óptimo del 1.0%, combinada con adiciones minerales como el metacaolín, puede mejorar significativamente tanto las propiedades mecánicas como la durabilidad del concreto, siempre que se controle adecuadamente la dosificación y la homogeneidad de la mezcla.

(Fernando & Gunasekara, 2023) realizaron el estudio titulado *Experimental study and review on cementitious composites reinforced with waste paper cellulose fibers*, cuyo objetivo fue evaluar el rendimiento mecánico y la durabilidad de materiales cementicios reforzados con fibras de celulosa provenientes de residuos de papel. La metodología combinó una revisión experimental con ensayos de laboratorio, en los que se compararon diferentes tipos de pulpa: bleached kraft (pulpa blanqueada) y thermo-mechanical pulp (pulpa termo-mecánica), sometiéndolos a pruebas de compresión y flexión en probetas normalizadas. La población estuvo conformada por composites cementicios elaborados con distintas pulpas de celulosa, mientras que la muestra incluyó variaciones en la dosificación de fibras entre 0.5% y 2.0% en peso del cemento, así como en el tratamiento previo de las fibras. Las variables de estudio fueron el tipo de pulpa, el porcentaje de celulosa adicionada, el tratamiento de las fibras y el comportamiento mecánico bajo compresión y flexión. Los resultados indicaron que la calidad de la pulpa y la presencia de lignina influyen en la dispersión de fibras, la trabajabilidad de la mezcla y el desempeño mecánico. Se observó una mejora en la tenacidad y en el comportamiento a flexión para dosificaciones bajas de 0.5% a 2.0%, concluyéndose que las fibras de papel reciclado constituyen una alternativa sostenible para mejorar las propiedades mecánicas y la durabilidad de morteros y concretos ligeros, siempre que se optimice el tipo de fibra y la dosificación.

(Wang et al., 2022) desarrollaron el estudio titulado *Performance of pervious concrete incorporating recycled cellulosic fibers*, con el objetivo de evaluar el efecto de la incorporación de fibras celulósicas recicladas, obtenidas de sacos y residuos papeleros, sobre la resistencia a compresión, la permeabilidad y la ductilidad del concreto permeable (pervious concrete). La metodología fue experimental, cuantitativa y aplicada; se diseñaron mezclas de concreto permeable con diferentes dosificaciones de fibra de papel reciclado de hasta 2% en peso del cemento, y se fabricaron probetas normalizadas que fueron ensayadas a 28 días para determinar la resistencia a compresión y la permeabilidad según normas técnicas establecidas. La población estuvo constituida por mezclas de concreto permeable con y sin incorporación de fibras, mientras que la muestra incluyó series con variaciones en la relación agua/cemento y en la fracción de fibra. Las variables consideradas fueron la dosis de fibra de papel reciclado, la relación agua/cemento, la resistencia a compresión y la permeabilidad del concreto. Los resultados indicaron que en determinadas dosificaciones se obtuvo una reducción de la permeabilidad de hasta un 30%, sin comprometer las resistencias requeridas para aplicaciones en pavimentos permeables. Se concluyó que la adición de fibras celulósicas recicladas en concretos permeables es factible y puede mejorar el desempeño mecánico y la durabilidad, siempre que se controle adecuadamente la dosificación y el pretratamiento de las fibras.

2.1.2 Investigaciones nacionales

(Chahuayo & Chahuayo, 2019) desarrollaron el estudio titulado Influencia del papel reciclado en forma redondeada en la resistencia a la compresión del concreto en la ciudad de Huancavelica, cuyo objetivo fue determinar el efecto de la adición de papel reciclado en forma redondeada, empleado como sustituto del agregado grueso, sobre la resistencia a compresión del concreto con una resistencia de diseño $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. La metodología utilizada fue experimental, cuantitativa y aplicada; se elaboraron mezclas de concreto con sustituciones de piedra chancada de $\frac{3}{4}$ " por papel reciclado en proporciones de 0%, 5%, 10% y 15%. La población estuvo conformada por concretos convencionales con y sin sustitución de agregado grueso, mientras que la muestra incluyó 32 probetas cilíndricas distribuidas en cuatro grupos de ocho unidades cada uno (un grupo control y tres grupos experimentales con las proporciones señaladas). Se realizaron ensayos de resistencia a compresión a los 28 días de curado, evaluando como variables el porcentaje de papel reciclado y la resistencia a compresión alcanzada. Los resultados evidenciaron que con un 5% de sustitución la resistencia promedio fue de 77.03 kg/cm^2 , con un 10% descendió a 44.49 kg/cm^2 y con un 15% disminuyó aún más hasta 22.61 kg/cm^2 , evidenciando una reducción significativa al aumentar el porcentaje de papel reciclado. Se concluyó que, si bien el uso de papel reciclado como sustituto del agregado grueso reduce considerablemente la resistencia del concreto en proporciones elevadas, su empleo en porcentajes bajos (como el 5%) permite mantener una resistencia mínima, lo que sugiere que el papel reciclado podría emplearse con fines específicos y no necesariamente para aplicaciones estructurales donde se requiere el $f'c$ nominal completo.

(Palacios, 2023) desarrolló el estudio titulado Incidencia de la celulosa de papel reciclado en la durabilidad del concreto $f'c = 310 \text{ kg/cm}^2$ frente a agentes químicos, con el objetivo de evaluar el efecto de la incorporación de celulosa de papel reciclado (CPR) en bajas proporciones sobre la resistencia a compresión y la durabilidad de un concreto con resistencia nominal $f'c = 310 \text{ kg/cm}^2$ expuesto a agentes químicos agresivos. La metodología empleada fue experimental, cuantitativa y explicativa; se diseñaron cuatro grupos de mezcla: un grupo patrón sin adición de CPR y tres grupos experimentales con adiciones de 0.20%, 0.25% y 0.27% respecto al peso del cemento. Se utilizó un diseño de muestreo no probabilístico, fabricándose probetas cilíndricas sometidas a curado estándar y posteriores ensayos. La población estuvo conformada por concretos con y sin incorporación de CPR, mientras que la muestra comprendió 12 probetas para ensayos de exposición a sulfatos, 12 para exposición a cloruros y 36 para ensayos de compresión. Se evaluaron variables como porcentaje de CPR, resistencia a compresión, durabilidad frente a agentes químicos y contenido químico de sulfatos y cloruros. Los resultados mostraron que la resistencia promedio del concreto sin CPR fue de 333.60 kg/cm^2 , mientras que con adiciones de 0.20%, 0.25% y 0.27% se alcanzaron resistencias de 362.37 kg/cm^2 , 381.83 kg/cm^2 y 349.97 kg/cm^2 respectivamente, siendo la mejora más significativa la del 0.25%, con un incremento del 14.46% respecto al patrón.

Se concluyó que la incorporación controlada de bajas proporciones de CPR no solo mejora la resistencia a compresión, sino también la durabilidad frente a agentes agresivos, lo que evidencia que este material reciclado puede emplearse en concretos de alta resistencia sin comprometer su desempeño estructural.

(García & Ortiz, 2020) desarrollaron el estudio titulado Efecto de la incorporación de celulosa del papel bond reciclado en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Lima - 2020, cuyo objetivo fue determinar la dosificación óptima de celulosa obtenida de papel bond reciclado para mejorar la resistencia a compresión y flexión del concreto convencional. La metodología empleada fue experimental, aplicada y cuantitativa; se formularon mezclas patrón y experimentales con adiciones de celulosa del 1%, 5% y 9% respecto al peso del cemento. La población estuvo constituida por concretos convencionales con y sin adiciones de celulosa, mientras que la muestra comprendió probetas cilíndricas para ensayos de compresión y prismáticas para ensayos de flexión, elaboradas conforme a la normativa NTP/ASTM y curadas a 7, 14 y 28 días. Se consideraron como variables el porcentaje de celulosa, la relación agua/cemento y las resistencias a compresión y flexión. Los resultados evidenciaron que adiciones bajas, alrededor del 1%, permiten mantener valores de resistencia similares a los del concreto patrón, mientras que adiciones superiores al 5% y 9% requieren ajustes en la relación agua/cemento o el uso de aditivos para conservar la trabajabilidad y evitar pérdidas significativas en la resistencia. Se concluyó que la celulosa proveniente de papel bond reciclado puede emplearse como adición parcial en concretos convencionales, siempre que se controle la dosificación y se implementen estrategias de optimización en el diseño de la mezcla.

(Palacios, 2023) presentó el estudio titulado Incidencia de la celulosa de papel reciclado (CPR) en la durabilidad del concreto, cuyo objetivo fue evaluar el efecto de bajas proporciones de celulosa de papel reciclado (0.20% - 0.27%) en la durabilidad y resistencia del concreto. La metodología empleada fue experimental, cuantitativa y aplicada; se elaboraron mezclas de concreto con adiciones variables de CPR y se fabricaron probetas cilíndricas sometidas a curado estándar, realizándose ensayos normalizados de absorción, permeabilidad y resistencia a compresión a distintas edades de curado. La población estuvo conformada por concretos con y sin incorporación de CPR, mientras que la muestra incluyó probetas representativas para cada porcentaje y edad de ensayo. Las variables evaluadas fueron el porcentaje de CPR, la resistencia a compresión y los parámetros de durabilidad (absorción y permeabilidad). Los resultados indicaron que las adiciones de CPR en porcentajes muy bajos mejoraron el control de la permeabilidad y la retención de agua, sin generar pérdidas significativas en la resistencia a compresión a los 28 días de curado. Se concluyó que la incorporación de CPR en bajas proporciones es una alternativa viable para mejorar la durabilidad del concreto en condiciones locales, siempre que se mantenga un control riguroso de la dosificación y de la calidad del material reciclado.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 El concreto y sus propiedades fundamentales: El concreto es un material compuesto por cemento hidráulico, agregados finos y gruesos, agua, y en muchos casos, aditivos químicos o adiciones minerales. Al hidratarse el cemento, se crea una pasta que une los agregados, formando una matriz rígida. Esta matriz presenta una microestructura (incluyendo la pasta cementicia hidratada, la zona de transición con los agregados y los poros) que determina muchas de sus propiedades mecánicas y de durabilidad. Sus características se analizan en dos estados principales: (Mehta & Monteiro, 2014).

2.2.1.1 En el estado fresco: Propiedades como la trabajabilidad, el asentamiento y la retención de agua son fundamentales, pues influyen en la facilidad de mezclado, transporte, colocación y compactación. Neville & Brooks (2010) señalan, que la relación agua/cemento debe controlarse para evitar pérdidas de cohesión, segregación o exudación, ya que un exceso de agua mejora la trabajabilidad, pero aumenta porosidad y reduce la resistencia final, el cual compromete la durabilidad.

2.2.1.2 En el estado endurecido: La resistencia a compresión, la durabilidad y la permeabilidad, son atributos críticos. Propiedades como la resistencia a compresión, se relacionan con la densidad de la matriz, el tamaño de los poros, la presencia de vacíos y el curado. Según Neville & Brooks (2010), la permeabilidad del concreto (capacidad para dejar pasar agua o fluidos), está fuertemente influida por la continuidad de los poros capilares y por la estructura general del concreto, donde una baja relación agua/cemento, reduce drásticamente la permeabilidad, mejorando la durabilidad frente a agentes agresivos. Mehta & Monteiro (2014) indican, además, que el tipo de cemento, la finura de la pasta y la existencia de aditivos tienen efecto importante en la durabilidad.

2.2.2 Durabilidad, permeabilidad y agresores ambientales: La durabilidad del concreto se refiere a su capacidad de resistir agentes externos como sulfatos, cloruros, cambios de temperatura o ciclos de congelación - deshielo, sin deteriorarse. Uno de los factores fundamentales para la durabilidad es la permeabilidad, que es la medida de cuán fácil es que fluidos penetren la estructura del concreto. Según Mehta & Monteiro (2014), una baja relación agua/cemento y un buen curado reducen significativamente la permeabilidad. Neville & Brooks (2010) también destacan la importancia de minimizar vacíos o defectos internos y del uso de adiciones minerales/fibras como barrera frente a la penetración de agentes agresores. La relación agua/cemento (a/c) es otro parámetro determinante: una proporción elevada de agua reduce la resistencia y aumenta la permeabilidad, mientras que una proporción controlada, mejora la trabajabilidad sin comprometer las propiedades mecánicas. Del mismo modo, la incorporación de fibras recicladas de celulosa, obtenidas a partir de papel o cartón, se ha propuesto como alternativa sostenible para mejorar la tenacidad, controlar la microfisuración y, en determinadas proporciones, contribuir a la resistencia y durabilidad del concreto (Chung et al., 2023).

Por otra parte, los agentes agresivos como sulfatos y cloruros representan un riesgo para las estructuras, ya que pueden inducir procesos de corrosión en el acero de refuerzo y degradación en la matriz cementicia. El uso de adiciones minerales, aditivos químicos y la incorporación controlada de materiales reciclados se ha planteado como estrategia para mitigar dichos efectos y avanzar hacia una economía circular en la construcción (De La Torre et al., 2022).

2.2.3 Adiciones y aditivos en el concreto: Las adiciones minerales (como puzolanas, ceniza volante, metacaolín) y los aditivos químicos, son componentes que mejoran algunas propiedades del concreto. Mientras que, los aditivos modifican el comportamiento durante el estado fresco (por ejemplo: reductores de agua, acelerantes, retardantes), las adiciones minerales tienden a intervenir más en el estado endurecido, mejorando la microestructura y la resistencia a agresiones químicas (Mehta & Monteiro, 2014). Bentur y Mindess (2006) describen, que los concretos modificados con fibras y adiciones, pueden lograr mejoras en la absorción de agua, resistencia al agrietamiento, tenacidad, y comportamiento post - fisurado. El metacaolín, por ejemplo, mejora la densidad de la pasta, reduce la permeabilidad y mejora la durabilidad, cuando se usa en combinación con una buena relación agua/cemento.

2.2.4 Fibras de celulosa reciclada en mezclas de concreto: La celulosa reciclada, proveniente de papel o cartón, posee una estructura fibrosa capaz de actuar como puente en microfisuras, incrementando la tenacidad, ductilidad y controlando la propagación de grietas. Para que funcionen correctamente como refuerzo secundario en la matriz del concreto, deben estar bien procesadas (sin contaminantes, con tamaño y longitud adecuados) y dispersadas homogéneamente en la mezcla (Bentur & Mindess, 2019). Estudios recientes señalan que adiciones bajas de fibras de celulosa (0.2% - 1.5%) pueden mejorar la resistencia a compresión, la tracción indirecta y la durabilidad del concreto (Chung et al., 2023; Wang et al., 2022). Sin embargo, dosificaciones elevadas provocan problemas de trabajabilidad y agrupamiento de fibras, reduciendo la resistencia mecánica (Suco, 2023).

2.2.5 Factores que influyen en la efectividad de las fibras

2.2.5.1 Tamaño y forma de la fibra: Fibras cortas y bien distribuidas mejoran la cohesión y reducen la fisuración (Bentur & Mindess, 2019).

2.2.5.2 Dosificación: Porcentajes bajos (<1.5 %) han mostrado ser más efectivos para mantener o incrementar la resistencia mecánica y durabilidad (Chung et al., 2023).

2.2.5.3 Compatibilidad con adiciones: La combinación con materiales puzolánicos, como el metacaolín, potencia la reducción de permeabilidad y mejora la resistencia química (Suco, 2023).

2.2.5.4 Relación agua/cemento: Debe ajustarse para evitar problemas de trabajabilidad y segregación, especialmente en presencia de fibras con alta absorción de agua (Mehta & Monteiro, 2014).

2.2.6 Sostenibilidad y economía circular: El uso de residuos sólidos en la construcción, como el papel o cartón, responde al enfoque de economía circular, que busca reducir la disposición final de desechos y aprovecharlos como recursos productivos. Este enfoque implica valorizar residuos sólidos, disminuir la extracción de materiales nuevos y potencialmente reducir huella de carbono del concreto producido (De La Torre et al., 2022). La incorporación de fibras recicladas de papel y cartón en el concreto, reduce el impacto ambiental y promueve la sostenibilidad, siempre que se garantice el desempeño estructural y la durabilidad del material resultante (Wang et al., 2022). Además, Mehta & Monteiro (2014) mencionan, que los avances en tecnología de agregados reciclados y adiciones, contribuyen también a reducir emisiones y mejorar sostenibilidad.

2.2.7 Relación con la presente investigación: El estudio se fundamentó en estos principios teóricos, para evaluar si la incorporación controlada de celulosa reciclada en bajas proporciones, puede mejorar la resistencia a compresión y la durabilidad del concreto, frente a la acción de agentes agresivos, analizando el efecto de variables como la relación agua/cemento, la dosificación de fibras y el tiempo de curado.

2.3 Marco conceptual

2.3.1 Concreto: Mezcla de cemento, agregados finos y gruesos, agua y aditivos que, al fraguar y endurecer, forma un material pétreo con propiedades mecánicas y de durabilidad que dependen de la dosificación y el proceso de curado (Neville & Brooks, 2010).

2.3.2 Resistencia a compresión (f'_c): Propiedad mecánica fundamental del concreto que mide su capacidad para soportar cargas axiales sin fallar. Se expresa en kg/cm^2 o MPa y se determina en probetas cilíndricas o cúbicas ensayadas a edades estándar, generalmente 28 días (Mehta & Monteiro, 2014).

2.3.3 Resistencia a flexión: Capacidad del concreto para soportar esfuerzos de tracción indirecta bajo cargas transversales (ASTM C78, 2021).

2.3.4 Permeabilidad: Capacidad de permitir el paso de agua o fluidos a través de los poros del concreto; influida por el tamaño, continuidad de poros y curado (Neville & Brooks, 2010).

2.3.5 Trabajabilidad: Facilidad para colocar y compactar el concreto fresco sin pérdida de homogeneidad (ACI, 2018).

2.3.6 Durabilidad: Capacidad del concreto para resistir la acción de agentes químicos, físicos y ambientales que pueden deteriorarlo, manteniendo sus propiedades durante la vida útil de la estructura (Neville & Brooks, 2010).

- 2.3.7 Celulosa reciclada:** Fibra obtenida del reciclaje de papel o cartón, caracterizada por su baja densidad y alto contenido lignocelulósico. Se usa como refuerzo en matrices cementicias para mejorar la tenacidad y controlar la microfisuración (Chung et al., 2023).
- 2.3.8 Relación agua/cemento (a/c):** Cociente entre el peso del agua y el peso del cemento en la mezcla. Su valor es crítico, ya que un aumento excesivo disminuye la resistencia y aumenta la permeabilidad del concreto (Mehta & Monteiro, 2014).
- 2.3.9 Agentes agresivos:** Sustancias químicas como cloruros y sulfatos que, al penetrar en el concreto, pueden inducir procesos de corrosión en el acero de refuerzo y deterioro en la matriz cementicia (Neville & Brooks, 2010).
- 2.3.10 Economía circular:** Modelo de producción y consumo que busca reutilizar, reciclar y prolongar el ciclo de vida de los materiales para reducir el impacto ambiental y optimizar el uso de recursos (De La Torre et al., 2022).

2.4 Marco legal

2.4.1 Normas Técnicas Peruanas (NTP)

- ✓ **NTP 339.034:** Método de ensayo para determinar la resistencia a compresión de cilindros de concreto.
- ✓ **NTP 339.079:** Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas, con carga en el centro del tramo.
- ✓ **NTP 339.078:** Método de ensayo para la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas, aplicando carga en los tercios del tramo.
- ✓ **NTP 339.046:** Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire del concreto.
- ✓ **NTP 339.082:** Método de ensayo para la determinación del tiempo de fraguado de mezclas por medio de la resistencia a la penetración.

2.4.2 Normas ASTM

- ✓ **ASTM C39/C39M:** Método de ensayo estándar para la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de hormigón.
- ✓ **ASTM C78/C78M:** Método de ensayo estándar para la resistencia a la flexión del hormigón (utilizando una viga simple con carga en el tercer punto).
- ✓ **ASTM C642:** Método de ensayo estándar para la densidad, la absorción y los huecos en el hormigón endurecido.
- ✓ **ASTM C192:** Práctica estándar para la fabricación y el curado de probetas de hormigón en el laboratorio.
- ✓ **ASTM C143:** Método de ensayo estándar para el asentamiento del hormigón de cemento hidráulico.
- ✓ **ACI 211.1:** Práctica estándar para la selección de proporciones para hormigón normal, pesado y en masa.

3. Metodología de la investigación

3.1 Tipo

En esencia, la investigación aplicada se orienta hacia la identificación de soluciones prácticas a problemas concretos. Su principal objetivo no es simplemente ampliar la base de conocimientos existentes, sino aprovechar esos conocimientos para desarrollar soluciones, innovaciones o intervenciones que puedan aplicarse directamente en el mundo real (Hernandez et al., 2015).

Fue aplicada, ya que se analizaron los efectos de la adición de fibras de celulosa reciclada sobre las propiedades mecánicas y de permeabilidad del concreto, variando únicamente el porcentaje de adición, mientras se mantenían constantes los demás parámetros de diseño. Cabe precisar que el término correcto es “adición” y no “aditivo”, dado que se incorporó un material sólido (fibra celulósica reciclada de papel) para modificar características del concreto, sin reemplazar completamente al cemento, sino complementándolo en la matriz cementicia.

3.2 Enfoque

Una investigación es cuantitativa, analítica, racionalista o positivista, cuando se basa en los números para investigar, analizar y comprobar información a través de datos, las cuales se producen por la causa y efecto de las cosas. A su vez, corresponde a un procedimiento de decisión, que trata de analizar y delimitar la asociación, la generalización y el objeto de los resultados que se obtienen al estudiar una población (Pérez, 2017).

Fue cuantitativo, pues se trabajó con datos numéricos obtenidos mediante ensayos normalizados de resistencia a compresión, flexión y permeabilidad. Estos resultados fueron analizados estadísticamente para determinar tendencias y relaciones entre la variable independiente (porcentaje de fibras de celulosa reciclada de papel) y las variables dependientes (resistencia mecánica y permeabilidad).

3.3 Alcance

Una investigación es de nivel explicativo cuando busca comprender por qué ocurre un fenómeno, es decir, cuando busca relaciones causa – efecto (Hernandez, 2014).

Fue explicativo, ya que se buscó determinar la relación causal entre la adición de fibras de celulosa reciclada de papel y las propiedades mecánicas de resistencia a la compresión y permeabilidad del concreto.

3.4 Diseño de investigación

El diseño es experimental, porque se manipularán las variables para señalar la relación e incidencia de una variable sobre la otra variable (Supo, 2012).

Fue experimental propiamente dicho, porque se manipuló intencionalmente la variable independiente (porcentaje de fibras de celulosa reciclada de papel) para observar su efecto sobre las propiedades del concreto, con la existencia de un grupo control (sin adición) y varios grupos experimentales (con distintos porcentajes de adición), bajo condiciones de laboratorio y procedimientos estandarizados, cuyas adiciones, respecto al peso del cemento, se muestran a continuación:

Tabla 1*Adiciones de fibra de celulosa reciclada de papel para concreto experimental*

Grupo	Respecto al peso del cemento
Control	0.00% FCRP
1	0.25% FCRP
2	0.50% FCRP
3	0.75% FCRP
4	1.00% FCRP

Nota. FCRP = fibra de celulosa reciclada de papel. Elaboración propia

Se conformaron 5 grupos de estudio, el primero, cuantificó los resultados del concreto patrón sin adición, mientras que los demás grupos restantes, los resultados experimentales, según los porcentajes de adición contemplados.

3.5 Población, muestra y muestreo

3.5.1 Población

Es un conjunto de individuos, organizaciones, documentos, elegidos como unidad de análisis para estudiar el comportamiento o efectos de la variable objeto de estudio (Moreno, 2007).

Respecto a la población para ensayos de resistencia a la compresión del concreto convencional y experimental, se obtuvo 60 probetas cilíndricas de 6" de diámetro y 12" de altura, cuyo $f'c$ será de 210 kg/cm² para las edades de 7, 14, 21 y 28 días, respectivamente. Mientras que, para la evaluación de la durabilidad, mediante ensayo de permeabilidad, se obtuvieron 15 especímenes para la edad de 60 días, conformándose una población total de 75 especímenes, tal y como se puede apreciar a continuación:

Tabla 2*Población para ensayos mecánicos del concreto convencional y experimental*

Grupo	Tipo	Respecto al peso del cemento	Compresión	Permeabilidad	Población
Control	Patrón	0.00% FCRP	12	3	15
1	1 ^{era} adición	0.25% FCRP	12	3	15
2	2 ^{da} adición	0.50% FCRP	12	3	15
3	3 ^{era} adición	0.75% FCRP	12	3	15
4	4 ^{ta} adición	1.00% FCRP	12	3	15
Total					75

Nota. FCRP = fibra de celulosa reciclada de papel. Elaboración propia

3.5.2 Muestra

La muestra es un subconjunto del total que pertenece a la población de estudio, del cual se obtendrá la información para el desarrollo de la investigación, de la cual se podrá medir y observar las variables (Moreno, 2007). La ASTM C109 estipuló ensayar 3 especímenes de concreto para cada diseño de mezcla a las edades de 7, 14, 21, 28 y 60 días.

Tabla 3

Muestra para ensayo de rotura de probetas por compresión de los concretos

Tipo	Respecto al peso del cemento	7 días	14 días	21 días	28 días	Muestra
Patrón	0.00% FCRP	3	3	3	3	12
1 ^{era} adición	0.25% FCRP	3	3	3	3	12
2 ^{da} adición	0.50% FCRP	3	3	3	3	12
3 ^{era} adición	0.75% FCRP	3	3	3	3	12
4 ^{ta} adición	1.00% FCRP	3	3	3	3	12
Total						60

Nota. FCRP = fibra de celulosa reciclada de papel. Elaboración propia

Tabla 4

Muestra para ensayo de permeabilidad del concreto convencional y experimental

Tipo	Respecto al peso del cemento	60 días	Muestra
Convencional	0.00% FCRP	3	3
1 ^{era} adición	0.25% FCRP	3	3
2 ^{da} adición	0.50% FCRP	3	3
3 ^{era} adición	0.75% FCRP	3	3
4 ^{ta} adición	1.00% FCRP	3	3
Total			15

Nota. FCRP = fibra de celulosa reciclada de papel. Elaboración propia

Tabla 5

Muestra para ensayo de rotura de probetas por flexión del concreto

Tipo	Respecto al peso del cemento	7 días	14 días	21 días	28 días	Muestra
Patrón	0.00% FCRP	3	3	3	3	12
Experimental	Dosis óptima	3	3	3	3	12
Total						24

Nota. FCRP = fibra de celulosa reciclada de papel. Elaboración propia

3.5.3 Muestreo

Fue no probabilístico por conveniencia, ya que la selección de probetas se realizó considerando la disponibilidad de materiales, tiempos y recursos del laboratorio. Se elaboraron 75 especímenes cilíndricos y 24 especímenes prismáticos de concreto, distribuidos en grupos con diferentes porcentajes de adición y un grupo control, siguiendo las normas NTP 339.034 y ASTM C39/C39M. La cantidad de muestras permitió asegurar la representatividad estadística de los resultados, aunque la selección no fue aleatoria por las limitaciones logísticas de la investigación.

3.6 Hipótesis

3.6.1 Hipótesis general

El uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo en el concreto, mejora su comportamiento frente a la permeabilidad sin comprometer significativamente su resistencia a compresión.

3.6.2 Hipótesis específicas

- a) La resistencia a la compresión del concreto incrementa, a medida que la dosificación de fibra de celulosa reciclada de papel aumenta.
- b) La dosis óptima de fibra de celulosa reciclada de papel, aumenta la resistencia a la flexión del concreto.
- c) La adición controlada de fibras de celulosa reciclada de papel, disminuye la permeabilidad del concreto.

3.7 Operacionalización de variables, definición conceptual y operacional

3.7.1 Variables

3.7.1.1 Variable independiente

Uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo en el concreto.

3.7.1.2 Variables dependientes

Resistencia a la compresión del concreto.

Resistencia a la flexión del concreto.

Permeabilidad del concreto.

Tabla 6*Operacionalización de variables*

Tipo de variable	Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Escala
VI	Uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo en el concreto	La celulosa es un polisacárido natural presente en las paredes celulares de las plantas. Cuando se obtiene de papel reciclado, se puede procesar para obtener fibras que actúan como refuerzo disperso en materiales cementicios (Al-Gheethi et al., 2019).	Las fibras de celulosa reciclada de papel se incorporarán a una mezcla de concreto convencional, bajo diferentes adiciones, cuya sustitución del cemento será de forma parcial (0.25%, 0.50%, 0.75% y 1.00%, respecto al peso del cemento)	Dosificación (% respecto al peso del cemento)	Proporción de fibra (%)	Ficha técnica de dosificación	De razón
				Forma de incorporación (seca, prehumedecida)	Preparación del aditivo	Hoja de control de mezcla	De razón
VD1	Resistencia a la compresión del concreto	Es la capacidad del concreto endurecido para soportar cargas sin romperse. Se mide en kg/cm ² o MPa, y es el principal parámetro de diseño estructural (ASTM C39/C39M-20, 2020).	Se cuantificarán las resistencias de compresión del concreto convencional, respecto a los experimentales	Capacidad mecánica de compresión	f'c a 7, 14, 21 y 28 días (kg/cm ²)	Prensa hidráulica según NTP 339.034 o ASTM C39	De razón
VD2	Resistencia a la flexión del concreto	Es la capacidad del concreto endurecido para resistir fuerzas que tienden a doblarlo o flexionarlo, expresado en kg/cm ² o MPa (ASTM C78/C78M-18, 2021).	Se cuantificarán las resistencias de flexión del concreto convencional, respecto al de la dosis óptima experimental	Capacidad mecánica de flexión	f'c a 7, 14, 21 y 28 días (kg/cm ²)	Prensa hidráulica según NTP 339.078/ASTM C293)	De razón
VD3	Permeabilidad del concreto	Es la facilidad con la que los fluidos (principalmente agua) pueden penetrar el concreto. A menor permeabilidad, mayor durabilidad, ya que se reduce la entrada de agentes agresivos como cloruros o sulfatos. La inclusión de fibras como la celulosa puede reducir la conectividad de los poros y mejorar la resistencia del concreto a la penetración de agua (Mehta & Monteiro, 2014).	Se cuantificará la porosidad del concreto convencional, respecto del experimental	Capacidad de absorción/penetración de agua	Tasa de permeabilidad o absorción (%) a los 60 días	Ensayo de permeabilidad (UNE-EN12390-8), ensayo de absorción por inmersión, etc.	De razón

Nota. VI = variable independiente; VD = variable dependiente; MPa = megapascal; f'c = resistencia a la compresión. Elaboración propia

3.8 Técnicas e instrumentos

3.8.1 Técnicas

La evaluación estuvo regida por la normatividad vigente (NTP y ASTM), las cuales, en su mayoría fueron interpretados y analizados de manera visual, como son los aspectos de homogeneidad y trabajabilidad de las mezclas de concreto, de tal manera, se pudo analizar las resistencias de compresión y permeabilidad del concreto convencional y experimental. En general, se aplicó lo siguiente:

- ✓ Ensayos de laboratorio para concreto endurecido.
- ✓ Observación directa y sistemática.

3.8.2 Instrumentos

Correspondieron a los equipos y métodos utilizados para la obtención de datos de cada variable del estudio:

- ✓ **Resistencia a compresión:** Prensa hidráulica calibrada, utilizada según NTP 339.034 y ASTM C39/C39M.
- ✓ **Resistencia a flexión:** Máquina de ensayo de flexión de vigas de concreto, conforme a NTP 339.078 y ASTM C78/C78M.
- ✓ **Permeabilidad:** Equipo de ensayo para permeabilidad del concreto, según NTP 339.082.
- ✓ Adicionalmente: pala, tamices, recipientes, balanza electrónica, horno eléctrico, vernier, wincha, varilla lisa, moldes cilíndricos, moldes prismáticos, cono de Abrams, olla de Washington, ficha de dosificación para control de mezcla y hojas de registro de resultados.

La validez de los instrumentos fue evaluada mediante juicio de expertos (ver anexo f), quienes verificaron la conformidad con las normas técnicas nacionales e internacionales y la pertinencia para obtener datos confiables de cada variable del estudio. Este proceso aseguró la calidad metodológica y la reproducibilidad de los resultados experimentales.

3.9 Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información

3.9.1 Técnicas estadísticas

- ✓ Estadística descriptiva (promedios, desviación estándar, gráficos).
- ✓ Comparación de medias (ANOVA o t de Student).
- ✓ Análisis de correlación entre porcentaje de celulosa y variación en resistencia/permeabilidad.

3.9.2 Software

- ✓ Excel.
- ✓ Word.
- ✓ Power point.
- ✓ SPSS o R (para pruebas estadísticas).

3.10 Desarrollo del trabajo de tesis

3.10.1 Procedimientos

Fue necesario puntualizar la descripción de los siguientes procedimientos:

- ✓ **Selección de agregados:** Se precisa que los agregados, tanto fino (arena gruesa) como grueso (piedra chancada de $\frac{3}{4}$ "), fueron obtenidos de la cantera de Chillico, ubicada en la provincia de Huamanga, región Ayacucho, las cuales fueron seleccionadas por su cercanía a la zona de estudio y su disponibilidad continua, durante el periodo de recolección (mayo 2025). La caracterización física de estos agregados, se realizó conforme a las normas NTP 400.037 y ASTM C33/C33M, asegurando la calidad y representatividad del material local, donde ambos agregados, cumplieran con requisitos granulométricos y ausencia de sustancias nocivas, como también, se priorizó el uso de agregados angulosos y limpios, cuyas cantidades empleadas aproximadas fueron de 451 kg de arena gruesa y 566 kg de piedra chancada.

Figura 1

Ubicación satelital de la cantera Chillico

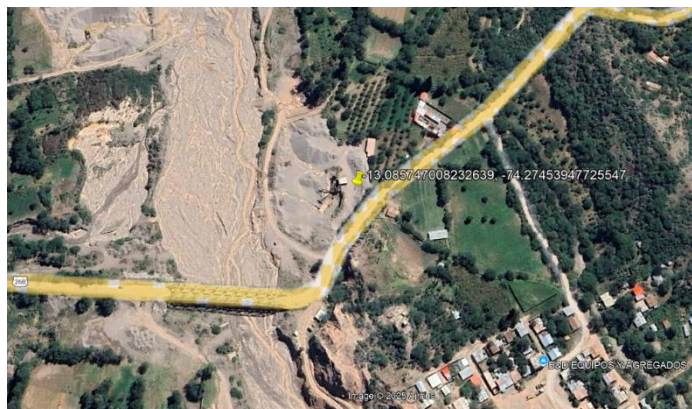


Figura 2

Agregado grueso (piedra chancada) acopiado en cantera



Figura 3

Agregado fino (arena gruesa) acopiado en cantera



- ✓ **Selección de papel reciclado:** Respecto al papel reciclado, se recolectó un total de 25 kg, proveniente de diferentes puntos de acopio, como de la Municipalidad Provincial, instituciones educativas e imprentas locales de la ciudad de Ayacucho. Dichas zonas, responden a su alta generación de residuos papeleros y a la facilidad logística para su transporte y almacenamiento, donde finalmente, pudo ser recolectada de la recicladora Rodríguez, la cual estuvo ubicada en el Jr. Arriba Perú con prolongación San Martín, perteneciente al sector Barrios Altos del distrito de Ayacucho, descartándose papel plastificado con tinta densa y contaminada con materia orgánica. Cabe precisar, que de la cantidad recolectada se obtuvo 13 kg aproximadamente, donde se empleó 7 kg en total. Esta información permitió evidenciar la trazabilidad y disponibilidad del material para su aprovechamiento en la producción de mezclas de concreto, considerando el potencial de recolección periódica en la región.

Finalmente, si bien las mezclas experimentales fueron evaluadas bajo condiciones controladas de laboratorio, los resultados de este estudio pueden ser extrapolados para su aplicación en elementos constructivos no estructurales, tales como veredas, losas peatonales y muros de cerramiento, contribuyendo a la sostenibilidad del sector construcción, mediante la valorización de residuos papeleros y la reducción del impacto ambiental, asociado a la disposición final de estos desechos en la ciudad de Ayacucho.

Figura 4

Papel reciclado en recicladora Rodríguez

**Figura 5**

Selección de papel reciclado



- ✓ **Preparación de la fibra de celulosa reciclada de papel:** El papel reciclado fue triturado mecánicamente, donde fue sumergido en agua potable por un período de 24 horas para facilitar su desintegración. Posteriormente, se licó o agitó hasta obtener una suspensión fibrosa homogénea. Esta pasta se secó al aire a temperatura ambiente ($\leq 25\text{ }^{\circ}\text{C}$) y luego se tamizó para obtener una fibra con tamaño máximo de 5 mm. Finalmente, se almacenó en recipientes sellados para evitar la absorción de humedad antes de su uso.

Figura 6

Rasgado de papel reciclado superficialmente húmedo



Figura 7

Licuada de papel reciclado

**Figura 8**

Colado de papel reciclado

**Figura 9**

Secado de fibra de celulosa reciclada de papel a temperatura ambiente



- ✓ **Ensayos químicos de las mezclas de concreto:** Se determinó el pH de las mezclas de concreto patrón y experimental, según NTP 339.073 y ASTM D5907, en la cual se tuvo en cuenta la sustitución parcial del cemento en 0.25%, 0.50%, 0.75% y 1.00% por FCRP con agregados, donde se mezcló una parte del concreto fresco con agua destilada (relación 1:2:2), donde se agitó para ser decantado. Posteriormente, se midió el pH con un potenciómetro calibrado. El valor típico del pH del concreto fresco se situó entre 12.50 y 12.80.

Figura 10

Decantación de mezclas de concreto para determinación de pH

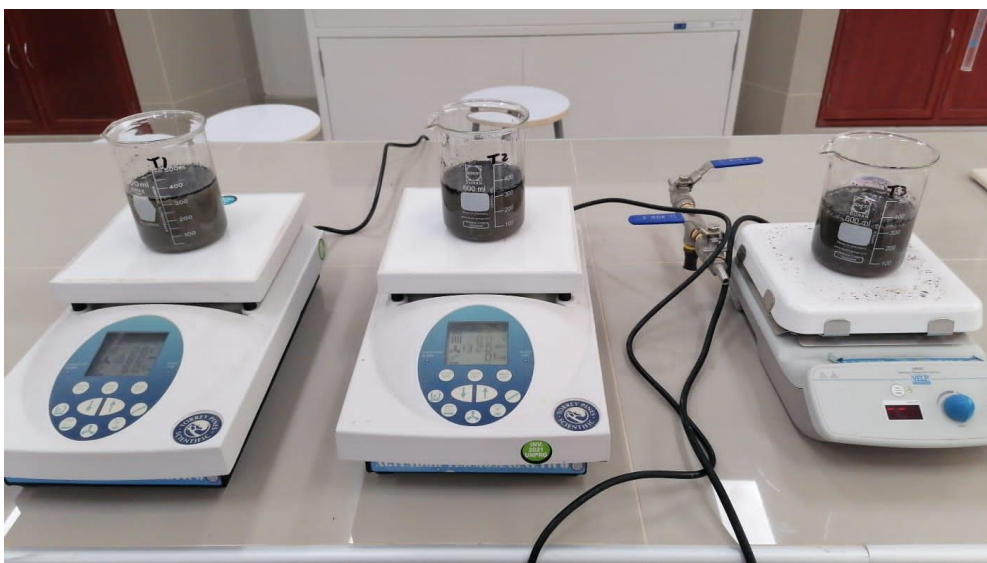
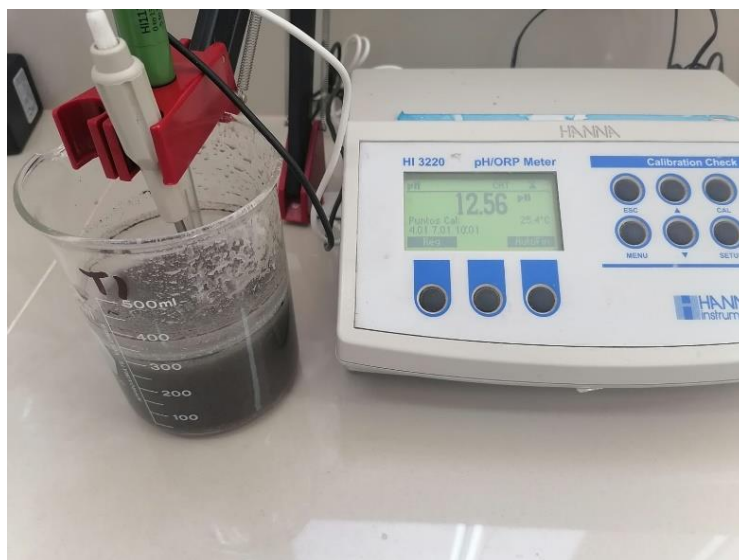


Figura 11

pH de mezclas de concreto



✓ **Ensayos físicos de los agregados y FCRP**

Granulometría por tamizado: De acuerdo a la norma NTP 400.012 y ASTM C136, se tamizó una muestra seca de agregado sobre una serie de tamices normalizados, donde se calculó el porcentaje retenido y acumulado para cada malla, lo que permitió construir la curva granulométrica, bajo la siguiente expresión:

$$\% \text{ Retenido acumulado} = \left(\frac{\text{Masa retenida acumulada}}{\text{Masa total}} \right) \times 100$$

Figura 12

Granulometría del agregado fino (arena gruesa)



Figura 13

Granulometría del agregado grueso (piedra chancada)

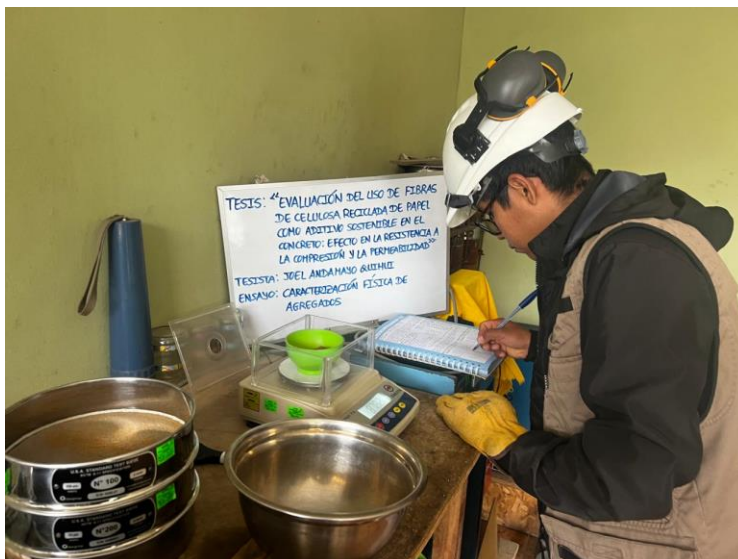


Módulo de finura: En función a la normativa ASTM C136 y NTP 400.012, se calculó mediante la expresión:

$$MF = \frac{\sum(\% \text{ retenido acumulado})}{100}$$

Figura 14

Módulo de fineza del agregado fino (arena gruesa)



Tamaño máximo nominal (TMN): En base a la norma ASTM C33, correspondió al primer tamiz, por el cual, pasó al menos el 85 al 95 % del agregado, el cual fue deducido de los resultados granulométricos.

Figura 15

TMN del agregado grueso (piedra chancada)



Contenido de humedad: Según ASTM C566 y NTP 339.185, una muestra de agregado se pesó antes y después de secarse en el horno a 110 °C, durante 24 horas, cuyo valor se calculó mediante:

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100$$

Figura 16

Humedad del agregado fino (arena gruesa)



Figura 17

Humedad del agregado grueso (piedra chancada)



Peso unitario seco suelto y compactado: De acuerdo a la normativa ASTM C29 y NTP 400.017, consistió en llenar un recipiente de volumen conocido con el agregado, donde primero fue sin compactar (suelto) y luego se aplicó golpes normalizados (compactado), cuya densidad aparente fue calculada bajo la expresión:

$$\text{Peso unitario} = \frac{\text{Masa del agregado seco}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

Figura 18

Peso unitario seco suelto del agregado fino (arena gruesa)



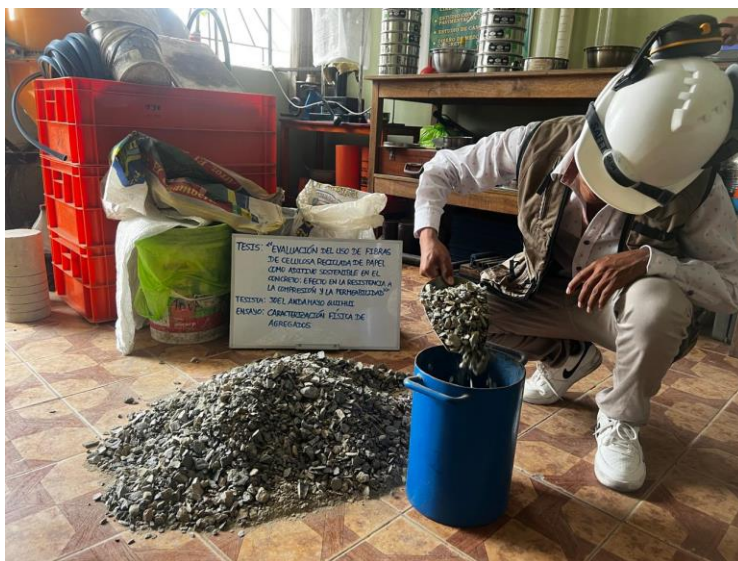
Figura 19

Peso unitario seco compactado del agregado fino (arena gruesa)



Figura 20

Peso unitario seco suelto del agregado grueso (piedra chancada)

**Figura 21**

Peso unitario seco compactado del agregado grueso (piedra chancada)



Pesos específicos y absorción: Según norma ASTM C127 (agregado grueso) y ASTM C128 (agregado fino), se determinó el peso específico seco, saturado y sumergido, donde fue calculado el peso específico aparente, peso específico seco y grado de absorción, bajo las siguientes fórmulas:

$$G = \frac{\text{Peso seco}}{\text{Peso sumergido} - \text{Peso en agua}}$$

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{\text{Peso superf. saturado seco} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100$$

Figura 22

Peso específico del agregado fino (arena gruesa)



Figura 23

Peso específico del agregado grueso (piedra chancada)



Figura 24*Absorción del agregado fino (arena gruesa)***Figura 25***Absorción del agregado grueso (piedra chancada)*

- ✓ **Diseño de mezclas por compresión:** Se efectuaron los cálculos correspondientes de las mezclas para columnas, teniendo en cuenta el método ACI – 211 por resistencia para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, donde se determinaron las cantidades requeridas para las probetas convencionales y experimentales.

Los cálculos realizados, se basaron en los siguientes fundamentos:

- a) Se especificó los datos resultantes del cemento, agregados y FCRP (pesos específicos, pesos secos sueltos y compactados, módulo de fineza, humedad, absorción), TMN, agua.
- b) Se definió el tipo de elemento a vaciar (columnas) para diseños de mezclas sin aditivo y con aire incorporado, según clima de la zona de estudio (Ayacucho).

Tabla 7*Tipo de mezcla según clima*

Clima	Mezcla
Frío	Con aire incorporado
Cálido	Sin aire incorporado

Nota. Clasificación de mezclas de concreto según aire incorporado. Adaptado de ACI - 211

- c) Se estableció la resistencia mínima requerida en base a 210 kg/cm².

Tabla 8*Resistencia mínima requerida*

f _c : kg/cm ²	f _{cr} : kg/cm ²
210 <	f _c + 70
210 - 350	f _c + 84
> 350	f _c + 98

Nota. f_c = resistencia a la compresión; f_{cr} = resistencia requerida. Adaptado de ACI 211

$$f'_{cr} = (210 + 84) \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_{c\text{requerido}} = 294 \text{ kg/cm}^2$$

- d) Se seleccionó un asentamiento teórico en columna de 4".

Tabla 9*Asentamiento según elemento*

Tipo de estructura	Slump _{min}	Slump _{máx}
Zapatas y sobrecimientos reforzados	1	3
Cimentación simple y calzada	1	3
Vigas y placas	1	4
Columnas	2	4
Losas	1	3
Pavimentos	1	3
Concreto ciclópeo	1	2

Nota. Asentamiento mínimo y máximo según elemento estructural. Adaptado de ACI - 211

- e) Se eligió la consistencia esperada de 4", en función al asentamiento teórico para columna.

Tabla 10*Consistencia esperada*

Consistencia	Asentamiento
Seca	2 in ≤
Moldeable	3 in – 4 in
Esparcida	> 5 in

Nota. Clasificación de consistencia según fluidez de la mezcla. Adaptado de ACI 211

- f) Se definió un contenido en aire atrapado de 5%, según TMN del agregado grueso de ¾".

Tabla 11*Porcentaje de aire atrapado*

	Concreto sin aire							
	0.375	0.5	0.75	1	1.5	2	3	4
TMN AG (in)	0.375	0.5	0.75	1	1.5	2	3	4
Aire atrapado (%)	3.00	2.50	2.00	1.50	1.00	0.50	0.30	0.20
	Concreto con aire							
	0.375	0.5	0.75	1	1.5	2	3	4
TMN AG (in)	0.375	0.5	0.75	1	1.5	2	3	4
<u>Grado de exposición</u>								
Poca	4.50	4.00	3.50	3.00	2.50	2.00	1.50	1.00
Intermedia	8.00	5.50	5.00	4.50	4.50	4.00	3.50	3.00
Bastante	7.50	7.00	6.00	6.00	5.50	5.00	4.50	4.00

Nota. TMN = tamaño máximo nominal; AG = agregado grueso. Adaptado de ACI - 211

a/c en resistencia

- g) Se estableció el a/c para concreto convencional por resistencia mediante interpolación, según f'_{cr} .

Tabla 12*a/c según edad*

f_c 28 días	Sin aire	Con aire
450	0.38	-
400	0.43	-
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

Nota. a/c = relación agua/cemento; f'_{cr} = resistencia a la compresión. Adaptado de ACI 211

$$300 = 0.46$$

$$294 = x$$

$$250 = 0.53$$

$$\frac{x - 0.46}{294 - 300} = \frac{0.53 - 0.46}{250 - 300}$$

x = 0.468 (relación a/c concreto convencional por resistencia)

- h) En base a la relación a/c del concreto convencional, se determinaron las relaciones a/c por resistencia para los concretos experimentales, donde se tuvo en cuenta los pH de las sustituciones parciales del cemento en 0.25%, 0.50%, 0.75% y 1.00% por incorporación de FCRP con agregados.

$$\text{pH (1}^{\text{era}} \text{ adición)} = 12.56\%$$

$$\text{pH (2}^{\text{da}} \text{ adición)} = 12.57\%$$

$$\text{pH (3}^{\text{era}} \text{ adición)} = 12.61\%$$

$$\text{pH (4}^{\text{ta}} \text{ adición)} = 12.61\%$$

$$a/c_{\text{experimental}} = a/c_{\text{convencional}} + (pH_{\text{adición}}/100)$$

$$a/c_{\text{experimental}} = 0.468 + (12.56/100)$$

$$a/c_{\text{experimental}} = \mathbf{0.594 \text{ (1}^{\text{era}}\text{ adición) por resistencia}}$$

$$a/c_{\text{experimental}} = 0.468 + (12.57/100)$$

$$a/c_{\text{experimental}} = \mathbf{0.594 \text{ (2}^{\text{da}}\text{ adición) por resistencia}}$$

$$a/c_{\text{experimental}} = 0.468 + (12.61/100)$$

$$a/c_{\text{experimental}} = \mathbf{0.595 \text{ (3}^{\text{era}}\text{ adición) por resistencia}}$$

$$a/c_{\text{experimental}} = 0.468 + (12.61/100)$$

$$a/c_{\text{experimental}} = \mathbf{0.595 \text{ (4}^{\text{ta}}\text{ adición) por resistencia}}$$

Relación agua/cemento por durabilidad

i) Se determinó la cantidad de agua de 184 L.

Tabla 13

Cantidad de agua de mezcla

Slump (pulg)	TMN AG							
	0.375	0.50	0.75	1	1.50	2	3	4
Concreto sin aire								
1 - 2	207.00	199.00	190.00	179.00	166.00	154.00	130.00	113.00
3 - 4	228.00	216.00	205.00	193.00	181.00	169.00	145.00	124.00
6 - 7	243.00	228.00	216.00	202.00	190.00	178.00	160.00	-
Concreto con aire								
1 - 2	181.00	175.00	168.00	160.00	150.00	142.00	122.00	107.00
3 - 4	202.00	193.00	184.00	175.00	165.00	157.00	133.00	119.00
6 - 7	216.00	205.00	197.00	184.00	174.00	166.00	154.00	-

Nota. TMN = tamaño máximo nominal; AG = agregado grueso. Adaptado de ACI - 211

- j) Se calcularon las cantidades del cemento en kg, en función a las relaciones a/c y agua de mezcla.

$$a/c = \frac{184}{c}$$

$$0.468 = \frac{184}{c}$$

$$c = \frac{184}{0.468} = \mathbf{392.83 \text{ kg}} \text{ (convencional)}$$

$$c = \frac{184}{0.594} = \mathbf{309.76 \text{ kg}} \text{ (1}^{\text{era}} \text{ adición)}$$

$$c = \frac{184}{0.594} = \mathbf{309.71 \text{ kg}} \text{ (2}^{\text{da}} \text{ adición)}$$

$$c = \frac{184}{0.595} = \mathbf{309.50 \text{ kg}} \text{ (3}^{\text{era}} \text{ adición)}$$

$$c = \frac{184}{0.595} = \mathbf{309.50 \text{ kg}} \text{ (4}^{\text{ta}} \text{ adición)}$$

- k) Se calcularon los factores cemento en bolsas, de acuerdo a las cantidades de cemento obtenidos.

$$F.C = \frac{392.83}{42.50} = \mathbf{9.24 \text{ bolsas}} \text{ (convencional)}$$

$$F.C = \frac{309.76}{42.50} = \mathbf{7.29 \text{ bolsas}} \text{ (1}^{\text{era}} \text{ adición)}$$

$$F.C = \frac{309.71}{42.50} = \mathbf{7.29 \text{ bolsas}} \text{ (2}^{\text{da}} \text{ adición)}$$

$$F.C = \frac{309.50}{42.50} = \mathbf{7.28 \text{ bolsas}} \text{ (3}^{\text{era}} \text{ adición)}$$

$$F.C = \frac{309.50}{42.50} = \mathbf{7.28 \text{ bolsas}} \text{ (4}^{\text{ta}} \text{ adición)}$$

- l) Se determinó el volumen AG según TMN de ¾” como finura de 3.18, mediante extrapolación.

Tabla 14*Volumen de AG*

Volumen de agregado grueso compactado seco				
TMN AG (in)	Finura AF			
	2.4	2.6	2.8	3
0.375	0.50	0.48	0.46	0.44
0.5	0.59	0.57	0.55	0.53
0.75	0.66	0.64	0.62	0.60
1	0.71	0.69	0.67	0.65
1.5	0.75	0.73	0.71	0.69
2	0.78	0.76	0.74	0.72
3	0.82	0.79	0.78	0.75
6	0.87	0.85	0.83	0.81

Nota. TMN = tamaño máximo nominal; AG = agregado grueso; AF = agregado fino.
Adaptado de ACI - 211

$$3.18 = x$$

$$3.00 = 0.60$$

$$2.80 = 0.62$$

$$\frac{x - 0.60}{3.18 - 3.00} = \frac{0.62 - 0.60}{2.80 - 3.00}$$

$x = 0.58 \text{ m}^3$ (volumen de agregado grueso en concreto convencional como experimentales)

m) Se calculó el peso del agregado grueso, donde se tuvo en cuenta el peso seco compactado de 1534 kg/m^3 .

$$\text{Peso}_{\text{AG}} = \text{PUSC} * \text{Volumen}_{\text{AG}}$$

$$\text{Peso}_{\text{AG}} = 1534 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.58 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso}_{\text{AG}} = \mathbf{892.17 \text{ kg}}$$
 (convencional y experimentales)

n) Se determinaron los volúmenes absolutos del cemento en m^3 , en función a las cantidades y peso específico del cemento Andino tipo I, cuyo valor fue de 3110 kg/m^3 .

Tabla 15*Pesos específicos de cementos nacionales*

Cemento	γ_c (g/cm ³)
Pacasmayo - tipo I	3.10
Yura tipo I	3.15
Yura tipo IP	2.86
Yura tipo IPM	2.95
Sol tipo I	3.11
Andino tipo I	3.11
Andino tipo II	3.18
Andino tipo V	3.11
Atlas tipo IP	3.03

Nota. γ_c = peso específico del cemento tipo I. Adaptado de ficha técnica en cada cemento

$$\text{Vol. abs. cemento} = \frac{F.C}{\gamma_{\text{Cemento}}}$$

$$\text{Vol. abs. cemento} = \frac{392.83 \text{ kg}}{3110 \text{ kg/m}^3} = \mathbf{0.13 \text{ m}^3} \text{ (convencional)}$$

$$\text{Vol. abs. cemento} = \frac{309.76 \text{ kg}}{3110 \text{ kg/m}^3} = \mathbf{0.10 \text{ m}^3} \text{ (1}^{\text{era}} \text{ adición)}$$

$$\text{Vol. abs. cemento} = \frac{309.71 \text{ kg}}{3110 \text{ kg/m}^3} = \mathbf{0.10 \text{ m}^3} \text{ (2}^{\text{da}} \text{ adición)}$$

$$\text{Vol. abs. cemento} = \frac{309.50 \text{ kg}}{3110 \text{ kg/m}^3} = \mathbf{0.10 \text{ m}^3} \text{ (3}^{\text{era}} \text{ adición)}$$

$$\text{Vol. abs. cemento} = \frac{309.50 \text{ kg}}{3110 \text{ kg/m}^3} = \mathbf{0.10 \text{ m}^3} \text{ (4}^{\text{ta}} \text{ adición)}$$

o) Se determinó vol. absoluto AG por m³, en función a su cantidad y peso específico de 2457 kg/m³.

$$\text{Vol. abs. AG} = \frac{\text{Peso}_{\text{AG}}}{\gamma_{\text{AG}}}$$

$$\text{Vol. abs. AG} = \frac{892.17 \text{ kg}}{2457 \text{ kg/m}^3} = \mathbf{0.36 \text{ m}^3} \text{ (convencional y experimentales)}$$

- p) Se determinó el volumen absoluto del agua en m^3 , en función a su cantidad y peso específico de 1000 kg/m^3 .

$$\text{Vol. abs.}_{\text{agua}} = \frac{\text{Peso}_{\text{agua}}}{Y_{\text{agua}}}$$

$$\text{Vol. abs.}_{\text{agua}} = \frac{184 \text{ kg}}{1000 \text{ kg/m}^3} = \mathbf{0.18 \text{ m}^3} \text{ (convencional y experimentales)}$$

- q) Se determinó el volumen absoluto por contenido de aire atrapado, donde se tuvo en cuenta su porcentaje de 5%.

$$\text{Vol. abs.}_{\text{aire atrapado}} = \frac{\text{Porcentaje}_{\text{aire atrapado}}}{100}$$

$$\text{Vol. abs.}_{\text{aire atrapado}} = \frac{5.00\%}{100} = \mathbf{0.05 \text{ m}^3} \text{ (convencional y experimentales)}$$

- r) Se determinó el volumen absoluto del AF, en base al diferencial de 1.00 m^3 , menos la sumatoria de los volúmenes anteriormente calculados.

$$\text{Vol. abs.}_{\text{AF}} = 1.00 \text{ m}^3 - \sum (\text{Vol. abs.}_{\text{cemento, AG, agua y aire atrapado}}) \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. abs.}_{\text{AF}} = 1.00 \text{ m}^3 - \sum (0.13 + 0.36 + 0.18 + 0.05) \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. abs.}_{\text{AF}} = \mathbf{0.28 \text{ m}^3} \text{ (convencional)}$$

$$\text{Vol. abs.}_{\text{AF}} = 1.00 \text{ m}^3 - \sum (0.10 + 0.36 + 0.18 + 0.05) \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. abs.}_{\text{AF}} = \mathbf{0.30 \text{ m}^3} \text{ (experimentales)}$$

- s) Hallamos el peso del AF en kg, según volumen absoluto y peso específico en 2588 kg/m^3 .

$$\text{Peso}_{\text{AF}} = \text{Vol. abs.}_{\text{AF}} * Y_{\text{AF}}$$

$$\text{Peso}_{\text{AF}} = 0.28 \text{ m}^3 * 2588 \text{ kg/m}^3 = \mathbf{715.77 \text{ kg}} \text{ (convencional)}$$

$$\text{Peso}_{\text{AF}} = 0.30 \text{ m}^3 * 2588 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \mathbf{784.89 \text{ kg}} \text{ (1}^{\text{era}} \text{ adición)}$$

$$\text{Peso}_{\text{AF}} = 0.30 \text{ m}^3 * 2588 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \mathbf{784.94 \text{ kg}} \text{ (2}^{\text{da}} \text{ adición)}$$

$$\text{Peso}_{\text{AF}} = 0.30 \text{ m}^3 * 2588 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \mathbf{785.11 \text{ kg}} \text{ (3}^{\text{era}} \text{ adición)}$$

$$\text{Peso}_{\text{AF}} = 0.30 \text{ m}^3 * 2588 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \mathbf{785.11 \text{ kg}} \text{ (4}^{\text{ta}} \text{ adición)}$$

t) Se corrigieron los pesos AF, según su humedad en 1.31%.

$$\text{Peso}_{\text{AF corregido}} = \text{Peso}_{\text{AF}} * \left(1 + \frac{\text{Humedad}(\%)}{100}\right)$$

$$\text{Peso}_{\text{AF corregido}} = 715.77 \text{ kg} * \left(1 + \frac{1.31\%}{100}\right) = \mathbf{725.15 \text{ kg}} \text{ (convencional)(44.75\%)}$$

$$\text{Peso}_{\text{AF corregido}} = 784.89 \text{ kg} * \left(1 + \frac{1.31\%}{100}\right) = \mathbf{795.18 \text{ kg}} \text{ (1}^{\text{era}} \text{ adición)(47.04\%)}$$

$$\text{Peso}_{\text{AF corregido}} = 784.94 \text{ kg} * \left(1 + \frac{1.31\%}{100}\right) = \mathbf{795.22 \text{ kg}} \text{ (2}^{\text{da}} \text{ adición)(47.05\%)}$$

$$\text{Peso}_{\text{AF corregido}} = 785.11 \text{ kg} * \left(1 + \frac{1.31\%}{100}\right) = \mathbf{795.40 \text{ kg}} \text{ (3}^{\text{era}} \text{ adición)(47.05\%)}$$

$$\text{Peso}_{\text{AF corregido}} = 785.11 \text{ kg} * \left(1 + \frac{1.31\%}{100}\right) = \mathbf{795.40 \text{ kg}} \text{ (4}^{\text{ta}} \text{ adición)(47.05\%)}$$

u) Del mismo, se corrigieron los pesos AG, según su humedad en 0.33%.

$$\text{Peso}_{\text{AG corregido}} = \text{Peso}_{\text{AG}} * \left(1 + \frac{\text{Hum.}(\%)}{100}\right)$$

$$\text{Peso}_{\text{AG corregido}} = 892.17 \text{ kg} * \left(1 + \frac{0.33\%}{100}\right) = \mathbf{895.12 \text{ kg}} \text{ (convencional)(55.25\%)}$$

$$\text{Peso}_{\text{AG corregido}} = 892.17 \text{ kg} * \left(1 + \frac{0.33\%}{100}\right) = \mathbf{895.12 \text{ kg}} \text{ (1}^{\text{era}} \text{ adición)(52.96\%)}$$

$$\text{Peso}_{\text{AG corregido}} = 892.17 \text{ kg} * \left(1 + \frac{0.33\%}{100}\right) = \mathbf{895.12 \text{ kg}} \text{ (2}^{\text{da}} \text{ adición)(52.95\%)}$$

$$\text{Peso}_{\text{AG corregido}} = 892.17 \text{ kg} * \left(1 + \frac{0.33\%}{100}\right) = \mathbf{895.12 \text{ kg}} \text{ (3}^{\text{era}} \text{ adición)(52.95\%)}$$

$$\text{Peso}_{\text{AG corregido}} = 892.17 \text{ kg} * \left(1 + \frac{0.33\%}{100}\right) = \mathbf{895.12 \text{ kg}} \text{ (4}^{\text{ta}} \text{ adición)(52.95\%)}$$

v) A su vez, se corrigieron los pesos del agregado fino, según su contenido de absorción de 0.14%, para hallar el agua efectiva.

$$\text{Peso}_{\text{AF corregido}} = \text{Peso}_{\text{AF}} * \left(\frac{\text{Humedad}(\%) - \text{Absorción}(\%)}{100} \right)$$

$$\text{Peso}_{\text{AF corregido}} = 715.77 \text{ kg} * \left(\frac{1.31\% - 0.14\%}{100} \right) = \mathbf{8.37 \text{ kg}} \text{ (convencional)}$$

$$\text{Peso}_{\text{AF corregido}} = 784.89 \text{ kg} * \left(\frac{1.31\% - 0.14\%}{100} \right) = \mathbf{9.18 \text{ kg}} \text{ (1}^{\text{era}} \text{ adición)}$$

$$\text{Peso}_{\text{AF corregido}} = 784.94 \text{ kg} * \left(\frac{1.31\% - 0.14\%}{100} \right) = \mathbf{9.18 \text{ kg}} \text{ (2}^{\text{da}} \text{ adición)}$$

$$\text{Peso}_{\text{AF corregido}} = 785.11 \text{ kg} * \left(\frac{1.31\% - 0.14\%}{100} \right) = \mathbf{9.19 \text{ kg}} \text{ (3}^{\text{era}} \text{ adición)}$$

$$\text{Peso}_{\text{AF corregido}} = 785.11 \text{ kg} * \left(\frac{1.31\% - 0.14\%}{100} \right) = \mathbf{9.19 \text{ kg}} \text{ (4}^{\text{ta}} \text{ adición)}$$

w) También, se corrigieron los pesos del agregado grueso, según su contenido de absorción de 0.95%.

$$\text{Peso}_{\text{AG corregido}} = \text{Peso}_{\text{AG}} * \left(\frac{\text{Humedad}(\%) - \text{Absorción}(\%)}{100} \right)$$

$$\text{Peso}_{\text{AG corregido}} = 892.17 \text{ kg} * \left(\frac{0.33\% - 0.95\%}{100} \right) = \mathbf{-5.53 \text{ kg}} \text{ (conv. y experimentales)}$$

x) Se efectuó la diferencia de los pesos corregidos de los agregados por absorción.

$$\text{Convencional} = (8.37 - 5.53) \text{ kg} = 2.84 \text{ kg} \approx \mathbf{2.84 \text{ L}}$$

$$1^{\text{era}} \text{ y } 2^{\text{da}} \text{ adición} = (9.18 - 5.53) \text{ kg} = 3.65 \text{ kg} \approx \mathbf{3.65 \text{ L}}$$

$$3^{\text{era}} \text{ y } 4^{\text{ta}} \text{ adición} = (9.19 - 5.53) \text{ kg} = 3.65 \text{ kg} \approx \mathbf{3.65 \text{ L}}$$

y) Se calculó el agua efectiva de mezcla.

$$\text{Agua}_{\text{efectiva}} = (184.00 - 2.84) \text{ L} = \mathbf{181.16 \text{ L}} \approx 181.16 \text{ kg} \text{ (convencional)}$$

$$\text{Agua}_{\text{efectiva}} = (184.00 - 3.65) \text{ L} = \mathbf{180.35 \text{ L}} \approx 180.35 \text{ kg} \text{ (experimentales)}$$

z) Posteriormente, se calcularon las relaciones agua/cemento según agua efectiva de mezcla.

$$a/c_{\text{corregido}} = \frac{\text{Agua}_{\text{efectiva}}}{\text{F. C}}$$

$$a/c_{\text{corregido}} = \frac{181.16 \text{ kg}}{392.83 \text{ kg}} = \mathbf{0.461} \text{ (convencional)}$$

$$a/c_{\text{corregido}} = \frac{180.35 \text{ kg}}{309.76 \text{ kg}} = \mathbf{0.582} \text{ (1}^{\text{era}} \text{ adición)}$$

$$a/c_{\text{corregido}} = \frac{180.35 \text{ kg}}{309.71 \text{ kg}} = \mathbf{0.582} \text{ (2}^{\text{da}} \text{ adición)}$$

$$a/c_{\text{corregido}} = \frac{180.35 \text{ kg}}{309.50 \text{ kg}} = \mathbf{0.583} \text{ (3}^{\text{era}} \text{ adición)}$$

$$a/c_{\text{corregido}} = \frac{180.35 \text{ kg}}{309.50 \text{ kg}} = \mathbf{0.583} \text{ (4}^{\text{ta}} \text{ adición)}$$

aa) Se determinaron los factores cementos corregidos en kg y bolsas.

$$\text{F. C}_{\text{corregido}} = \left(1 + \left(\frac{a/c * \text{F. C}_{\text{bolsas}}}{a/c_{\text{corregido}}} \right) \right) * \text{Peso cemento}_{\text{bolsa}}$$

$$\text{F. C}_{\text{corregido}} = \left(1 + \left(\frac{0.468 * 9.24}{0.461} \right) \right) * 42.50 \text{ kg} = \mathbf{441.49 \text{ kg}} \text{ (convencional)}$$

$$\text{F. C}_{\text{corregido}} = 10.39 \text{ bolsas} \approx \mathbf{11 \text{ bolsas}} \text{ (convencional)}$$

$$\text{F. C}_{\text{corregido}} = \left(1 + \left(\frac{0.594 * 7.29}{0.582} \right) \right) * 42.50 \text{ kg} = \mathbf{358.54 \text{ kg}} \text{ (1}^{\text{era}} \text{ adición)}$$

$$\text{F. C}_{\text{corregido}} = 8.44 \text{ bolsas} \approx \mathbf{9 \text{ bolsas}} \text{ (1}^{\text{era}} \text{ adición)}$$

$$\text{F. C}_{\text{corregido}} = \left(1 + \left(\frac{0.594 * 7.29}{0.582} \right) \right) * 42.50 \text{ kg} = \mathbf{358.48 \text{ kg}} \text{ (2}^{\text{da}} \text{ adición)}$$

$$F. C_{\text{corregido}} = 8.43 \text{ bolsas} \approx \mathbf{9 \text{ bolsas}} \text{ (2}^{\text{da}} \text{ adición)}$$

$$F. C_{\text{corregido}} = \left(1 + \left(\frac{0.595 * 7.28}{0.583} \right) \right) * 42.50 \text{ kg} = \mathbf{358.28 \text{ kg}} \text{ (3}^{\text{era}} \text{ adición)}$$

$$F. C_{\text{corregido}} = 8.43 \text{ bolsas} \approx \mathbf{9 \text{ bolsas}} \text{ (3}^{\text{era}} \text{ adición)}$$

$$F. C_{\text{corregido}} = \left(1 + \left(\frac{0.595 * 7.28}{0.583} \right) \right) * 42.50 \text{ kg} = \mathbf{358.28 \text{ kg}} \text{ (4}^{\text{ta}} \text{ adición)}$$

$$F. C_{\text{corregido}} = 8.43 \text{ bolsas} \approx \mathbf{9 \text{ bolsas}} \text{ (4}^{\text{ta}} \text{ adición)}$$

- ✓ **Prueba de asentamiento para compresión:** Se constató mediante el control con cono de Abrams, donde el slump teórico en columnas fue de 4" para todos los concretos elaborados.

Figura 26

Slump con cono de Abrams para probetas cilíndricas de concreto



- ✓ **Elaboración y curado de probetas para compresión:** Se produjeron 60 muestras cilíndricas ($\varnothing = 6''$ x $h = 12''$) bajo un estricto control de calidad, donde posteriormente, fueron curadas durante el período de 7, 14, 21 y 28 días.

Figura 27

Preparación de probetas cilíndricas de concreto para compresión



Figura 28

Curado de probetas para compresión y flexión



- ✓ **Medición de aire incorporado:** Bajo la norma: ASTM C231, se empleó la olla de Washington, la cual se llenó con concreto fresco, donde se aplicó presión y se leyó el porcentaje de aire en la mezcla.

Figura 29*Medición de aire incorporado en mezclas de concreto*

- ✓ **Medición de exudación:** En base a la normativa ASTM C232, se colocó el concreto fresco en un cilindro sin compactar, donde, con el paso del tiempo, se midió el agua expulsada en la superficie a intervalos determinados, siendo calculada por la siguiente expresión:

$$\text{Exudación (\%)} = \frac{\text{Volumen de agua exudada}}{\text{Volumen total de concreto}} \times 100$$

Figura 30*Medición de exudación en mezclas de concreto*

- ✓ **Medición de tiempo de fraguado:** De acuerdo a la norma ASTM C403, este parámetro se midió mediante el equipo Marshall, con un penetrómetro modificado a intervalos regulares, donde el fraguado inicial ocurrió cuando se alcanzó 3.5 MPa y el final, a los 27.6 MPa, el cual permitió evaluar la influencia de la fibra en la cinética de endurecimiento del concreto.

Figura 31

Medición de tiempo de fraguado en mezclas de concreto



- ✓ **Medición de densidad en estado fresco y endurecido:** Se procedió a pesar las probetas, donde posteriormente, se determinó su densidad promedio en los concretos producidos.

Figura 32

Medición de peso de probeta cilíndrica en estado fresco



Figura 33

Medición de peso de probeta cilíndrica en estado endurecido



- ✓ **Rotura de probetas por compresión:** Se midió a través del compresor, bajo las normativas NTP 339.034 y ASTM C39, cuyas compresiones para períodos a 7, 14, 21, 28 días fueron tabuladas en cada grupo de estudio, donde se determinó la tendencia probabilística de desarrollo en base a la desviación estándar por muestra, cuyo valor resultante de dicho proceso estadístico matemático, sirvió para medir la influencia de la FCRP.

Figura 34

Rotura de probeta cilíndrica de concreto por compresión



Figura 35

Tipo de falla en probeta cilíndrica de concreto por compresión



- ✓ **Dosis óptima experimental:** De acuerdo a la máxima compresión experimental obtenida, se pudo establecer la dosis óptima de la fibra de celulosa reciclada de papel.
- ✓ **Diseño de mezclas por flexión:** Se realizó el cálculo respectivo de las mezclas para vigas, bajo el método ACI – 211 por resistencia para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, los cuales permitieron hallar las proporciones totales de producción convencional y de la dosis óptima experimental, cuyos fundamentos matemáticos correspondientes a este acápite, fueron similares al de compresión.
- ✓ **Prueba de asentamiento para flexión:** Se verificó mediante la prueba con cono de Abrams, cuyo asentamiento teórico para vigas fue de 4", tanto para el concreto patrón como para la dosis óptima de FCRP.

Figura 36

Slump con cono de Abrams para probetas prismáticas de concreto



- ✓ **Elaboración y curado de probetas para flexión:** 24 muestras prismáticas (0.53 m x 0.15 m x 0.15 m) fueron elaboradas bajo un estricto control de calidad, donde fueron curadas durante el período de 7, 14, 21 y 28 días, similarmente al de compresión.

Figura 37

Preparación de probetas prismáticas de concreto para flexión



- ✓ **Rotura de probetas por flexión:** Se cuantificó por medio de la máquina de rotura, las resistencias a la flexión del concreto patrón y de la dosis óptima experimental, bajo las normas NTP 339.078 y ASTM C293 para las mismas edades de 7, 14, 21 y 28 días, donde se halló la tendencia probabilística de desarrollo, en función de la desviación estándar por muestra, en la cual se pudo conocer la efectividad de la FCRP.

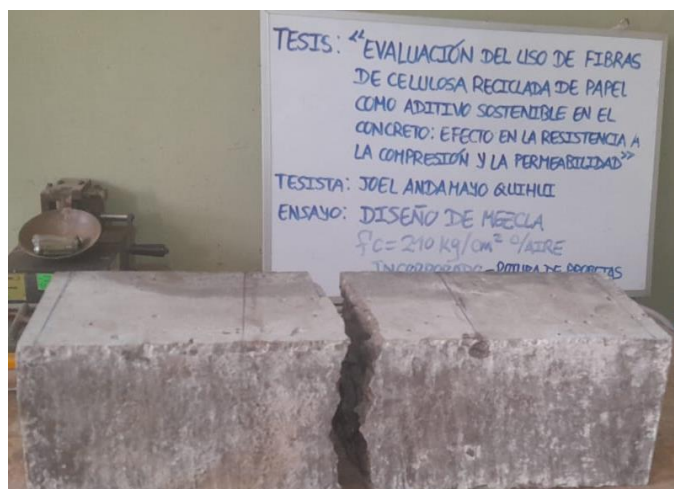
Figura 38

Rotura de probeta prismática de concreto por flexión



Figura 39

Tipo de falla en probeta prismática de concreto por flexión



- ✓ **Permeabilidad de probetas:** A los 60 días, se llevó a cabo las pruebas de permeabilidad en el laboratorio especializado para 15 probetas cilíndricas ($\varnothing = 6''$ x $h = 12''$), bajo la normativa UNE-EN12390-8, del cual se determinó la penetración máxima en mm del concreto, tanto convencional como experimental.

Figura 40

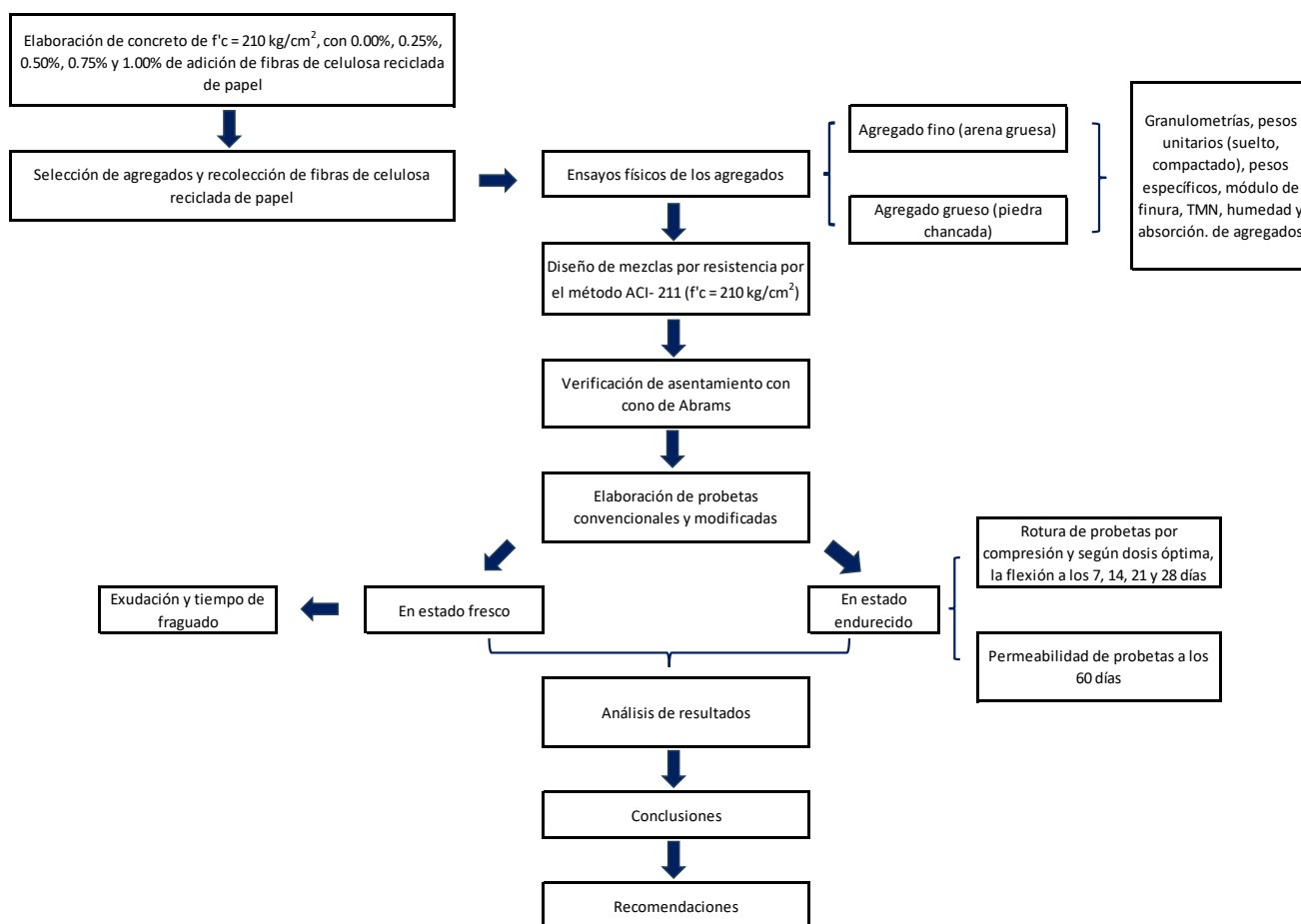
Permeabilidad de muestras de concreto por carga variable



- ✓ **Análisis de costos unitarios por m³:** Se calcularon los costos unitarios del concreto patrón y experimental, donde se tuvo en cuenta los precios actuales de la mano de obra, según la tabla salarial de la FTCCP, como también, de materiales y alquiler de equipos propios de la zona, sin IGV, puestos en obra.
- ✓ **Análisis comparativo:** Se comparó los resultados obtenidos, tanto convencionales como experimentales, respecto a los rangos permisibles de la normatividad vigente y resultados de los antecedentes.
- ✓ **Conclusiones y recomendaciones:** Se efectuó de acuerdo a la interpretación estadística de los resultados y efectos observados, donde se dio respuesta a los objetivos específicos del estudio.
- ✓ **Recomendaciones:** Se plasmaron las sugerencias respectivas para futuras investigaciones.

Figura 41

Flujograma para evaluación y obtención de resultados



4. Resultados y discusión

4.1 Resultados

Sobre los ensayos químicos, tanto en el concreto patrón como experimental, se obtuvo:

Potencial de hidrógeno

Se efectuó el ensayo de pH, bajo la NTP 334.190, con el fin de evaluar la alcalinidad de las mezclas, lo cual fue importante, porque permitió verificar, si el concreto sufrirá procesos de carbonatación o ataques químicos que reducirían su pH, ya que podrían afectar su resistencia y vida útil.

Tabla 16

pH del concreto convencional y experimental

Mezcla	pH (%)
Convencional (CPTI + AF + AG)	12.72
Exp. 1 ^{era} ad. (99.75% CPTI + 0.25% FCRP + AF + AG)	12.56
Exp. 2 ^{da} ad. (99.50% CPTI + 0.50% FCRP + AF + AG)	12.57
Exp. 3 ^{era} ad. (99.25% CPTI + 0.75% FCRP + AF + AG)	12.61
Exp. 4 ^{ta} ad. (99.00% CPTI + 1.00% FCRP + AF + AG)	12.61

Nota. CPTI = cemento portland tipo I; AF = agregado fino; AG = agregado grueso; FCRP = fibra de celulosa reciclada de papel; pH = potencial de hidrógeno. Elaboración propia.

En la **tabla 16**, el concreto convencional presentó un pH de 12.72, mientras que las mezclas con fibras variaron entre 12.56 y 12.61. La dispersión es mínima, lo que indica que la adición de fibras no afectó significativamente la alcalinidad del concreto. Todos los valores permanecieron por encima de 12, asegurando condiciones adecuadas y baja susceptibilidad inicial a la carbonatación.

Cabe reiterar, que la carbonatación ocurre cuando el dióxido de carbono del ambiente, penetra en la masa del concreto y reacciona con el hidróxido de calcio presente, formando carbonato de calcio. Esta reacción logra reducir progresivamente el pH del concreto, que inicialmente, fue altamente alcalino (valores superiores a 12). Es esencial mencionar, que, en elementos reforzados, la alcalinidad elevada del concreto, es la que mantiene pasivada la superficie del acero de refuerzo, evitando su corrosión. Cuando el pH desciende debido a la carbonatación, la capa pasiva que protege al acero se destruye, quedando este expuesto a la corrosión en presencia de humedad y oxígeno. Por tanto, la medición del pH ha permitido diagnosticar el grado de carbonatación, además, ha constituido un indicador clave en la evaluación de la durabilidad del concreto patrón y experimental, ya que la velocidad de carbonatación, está directamente relacionada con la permeabilidad y las condiciones ambientales de exposición.

En lo que respecta a la exudación de las mezclas de concreto, se obtuvo:

Exudación ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

Tabla 17

Exudación de las mezclas de concreto ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

Concreto	Exudación (%)
Convencional	0.51
1 ^{era} adición	0.72
2 ^{da} adición	0.81
3 ^{era} adición	0.86
4 ^{ta} adición	0.90

Nota. Cuantificación de exudación de las mezclas de concreto patrón y experimentales en estado fresco. Elaboración propia.

En la **tabla 17**, la exudación aumenta con la incorporación de fibras, pasando de 0.51% en el concreto convencional a 0.90% en la cuarta adición. El mayor incremento relativo ocurre en la primera adición (41.2%), mientras que en las siguientes el aumento es progresivamente menor, lo que indica una dispersión moderada y una tendencia de incremento que tiende a estabilizarse a mayores contenidos de fibra.

En relación al fraguado de las mezclas de concreto, se obtuvo:

Tiempo de fraguado ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

Tabla 18

Tiempo de fraguado de las mezclas de concreto ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

Concreto	Tiempo de fraguado (min)
Convencional	91
1 ^{era} adición	120
2 ^{da} adición	120
3 ^{era} adición	150
4 ^{ta} adición	180

Nota. Cuantificación de tiempos de fraguado de las mezclas de concreto patrón y experimentales en estado fresco. Elaboración propia.

En la **tabla 18**, el tiempo de fraguado aumenta conforme se incrementa la adición de fibras. El concreto convencional registra 91 min, mientras que la primera y segunda adición alcanzan 120 min (31.9% más). Con la tercera y cuarta adición el tiempo se eleva a 150 min y 180 min, con aumentos sucesivos de 25% y 20%, lo que indica una dispersión moderada y confirma que las fibras retrasan el fraguado de manera progresiva.

Referente al primer objetivo, de determinar la variación de la resistencia a compresión del concreto al incorporar fibras de celulosa reciclada de papel.

Se evaluó la resistencia a compresión a las edades de 7, 14, 21 y 28 días para los grupos con adiciones de 0%, 0.25%, 0.50%, 0.75% y 1.00% de fibra, siguiendo la norma ASTM C39.

Los resultados evidenciaron que todas las mezclas superaron la resistencia de diseño (210 kg/cm²), alcanzando un valor máximo de 227.42 kg/cm² con la dosis de 1.00% a los 28 días.

Tabla 19

Resistencias a la compresión en concreto convencional para columna ($f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

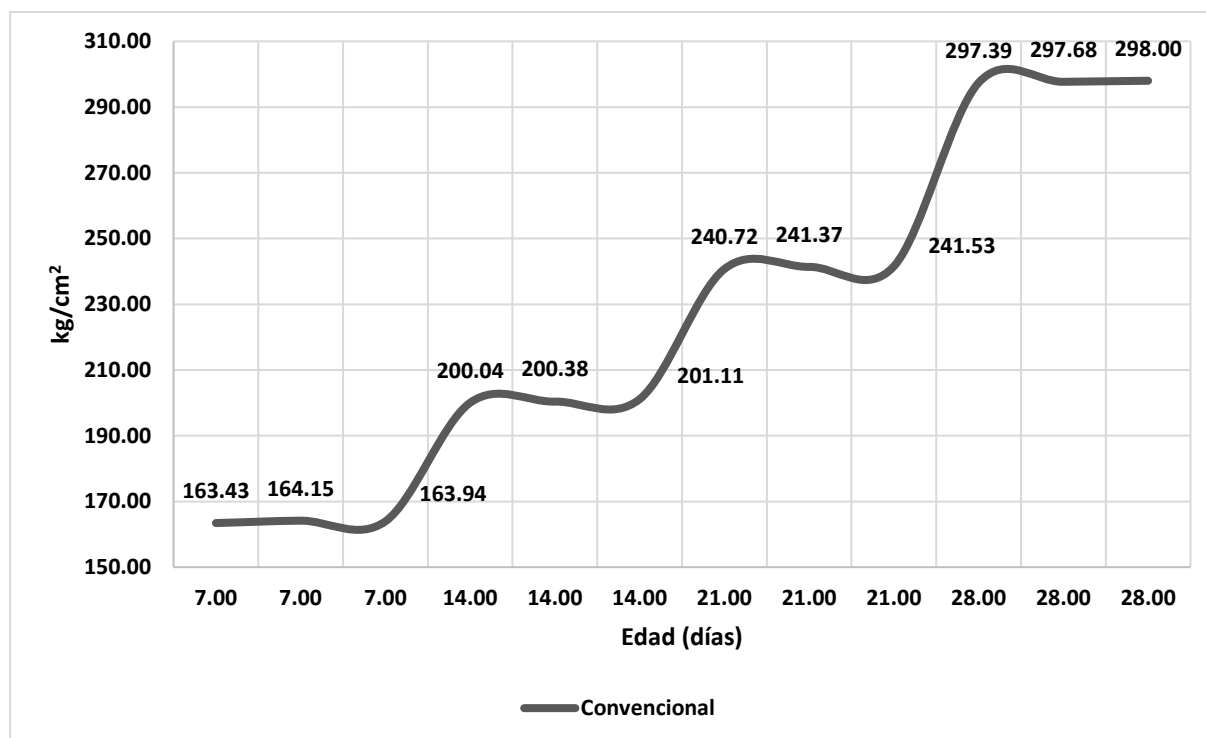
Edad (días)	Medidas		Dial carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	Resist. (%)	Tipo de fractura
	(D)	Área (cm ²)					
7.00	10.00	78.54	12835	163.43	210	77.82	Cono
7.00	10.00	78.54	12893	164.15	210	78.17	Corte
7.00	10.00	78.54	12876	163.94	210	78.07	Columnar
14.00	10.00	78.54	15711	200.04	210	95.26	Cono y separación
14.00	10.00	78.54	15738	200.38	210	95.42	Corte
14.00	10.00	78.54	15795	201.11	210	95.77	Corte
21.00	10.00	78.54	18906	240.72	210	114.63	Corte
21.00	10.00	78.54	18957	241.37	210	114.94	Cono
21.00	10.00	78.54	18970	241.53	210	115.01	Cono
28.00	10.00	78.54	23357	297.39	210	141.61	Corte
28.00	10.00	78.54	23380	297.68	210	141.75	Cono y separación
28.00	10.00	78.54	23405	298.00	210	141.91	Corte

Nota. Cuantificación de resistencias a la compresión de las mezclas de concreto patrón en estado endurecido para columna; resist. % = resistencia en porcentaje. Elaboración propia

En la **figura 42**, la resistencia a compresión del concreto convencional mostró un crecimiento sostenido desde los 7 hasta los 28 días, el cual alcanzó un valor promedio cercano a 298 kg/cm², superior al f'_c de diseño (210 kg/cm²) en un 41.9%. La baja dispersión entre réplicas evidenció una adecuada homogeneidad de la mezcla y un buen control de los factores de curado, traduciéndose en un desempeño mecánico consistente.

Figura 42

Resistencias a la compresión en concreto convencional para columna ($f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

**Tabla 20**

Resistencias a la compresión en concreto experimental (1^{era} adición) para columna ($f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

Edad (días)	Medidas		Dial carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	Resist. (%)	Tipo de fractura
	(D)	Área (cm ²)					
7.00	10.00	78.54	11833	150.66	210	71.74	Corte
7.00	10.00	78.54	11853	150.92	210	71.87	Columnar
7.00	10.00	78.54	11875	151.19	210	72.00	Corte
14.00	10.00	78.54	13701	174.45	210	83.07	Corte
14.00	10.00	78.54	13804	175.75	210	83.69	Corte
14.00	10.00	78.54	13888	176.83	210	84.20	Cono y corte
21.00	10.00	78.54	15903	202.48	210	96.42	Cono y separación
21.00	10.00	78.54	15925	202.76	210	96.55	Columnar
21.00	10.00	78.54	15964	203.25	210	96.79	Cono y corte
28.00	10.00	78.54	16401	208.83	210	99.44	Cono y corte
28.00	10.00	78.54	16583	211.14	210	100.54	Corte
28.00	10.00	78.54	16633	211.77	210	100.84	Cono y separación

Nota. Cuantificación de resistencias a la compresión de la primera mezcla experimental en estado endurecido para columna; resist. % = resistencia en porcentaje. Elaboración propia

En la **figura 43**, la resistencia a compresión de la mezcla con 0.25% de fibras de celulosa reciclada a los 28 días, se situó en torno a 210.58 kg/cm², apenas por encima del f'_c de diseño. El incremento respecto a edades tempranas es notorio, aunque la dispersión de los datos fue ligeramente mayor que en el concreto patrón, lo que pudo atribuirse a variaciones puntuales en la distribución de fibras durante el mezclado.

Figura 43

Resistencias a la compresión en concreto experimental (1^{era} adición) para columna ($f'_c = 210$ kg/cm²)

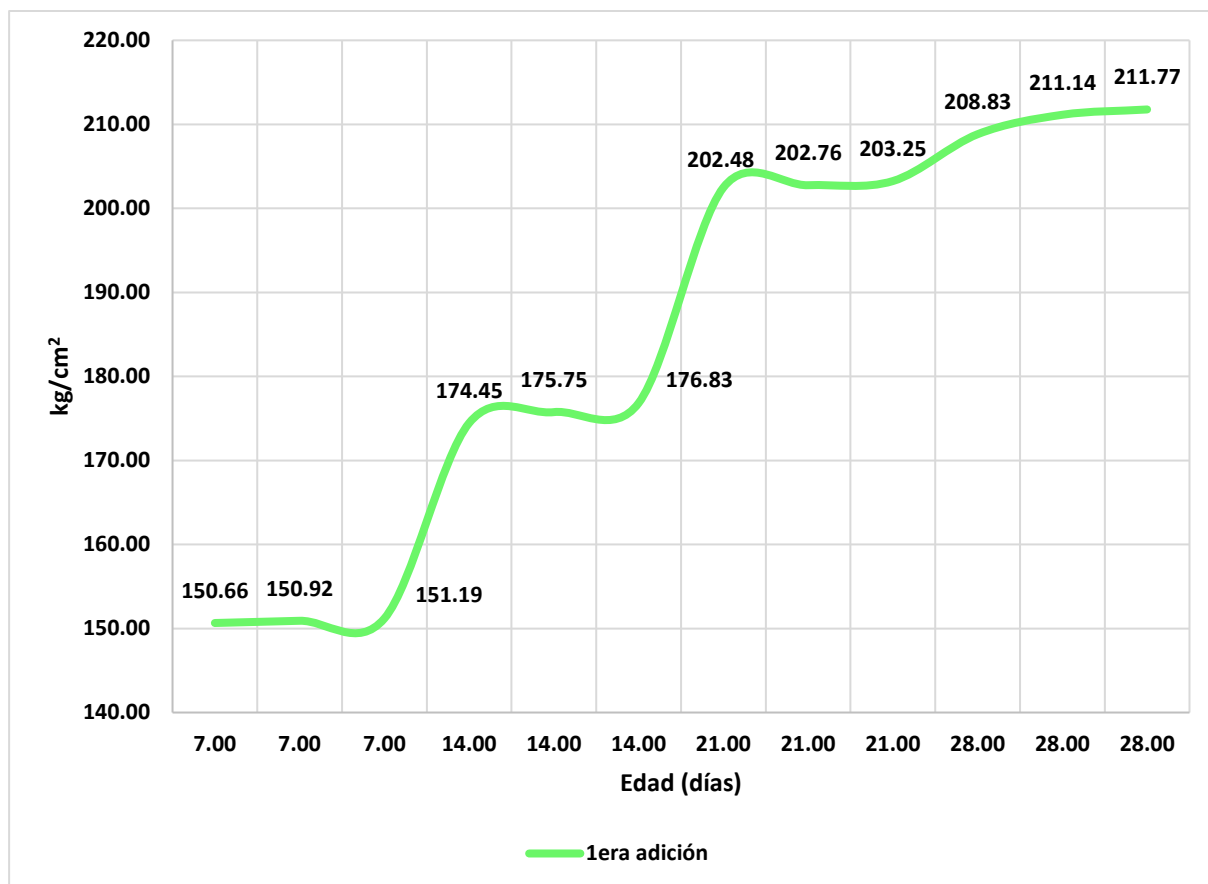


Tabla 21

Resistencias a la compresión en concreto experimental (2^{da} adición) para columna ($f'_c = 210$ kg/cm²)

Edad (días)	Medidas		Dial carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	Resistencia (%)	Tipo de fractura
	(D)	Área (cm ²)					
7.00	10.00	78.54	12352	157.27	210	74.89	Corte
7.00	10.00	78.54	12388	157.73	210	75.11	Corte
7.00	10.00	78.54	12399	157.86	210	75.17	Columnar
14.00	10.00	78.54	14170	180.42	210	85.91	Corte
14.00	10.00	78.54	14175	180.48	210	85.94	Corte
14.00	10.00	78.54	14196	180.75	210	86.07	Cono
21.00	10.00	78.54	16102	205.02	210	97.63	Corte
21.00	10.00	78.54	16196	206.22	210	98.20	Cono y separación
21.00	10.00	78.54	16241	206.79	210	98.47	Cono y separación
28.00	10.00	78.54	17062	217.24	210	103.45	Cono y corte
28.00	10.00	78.54	17161	218.49	210	104.04	Cono y corte
28.00	10.00	78.54	17201	219.01	210	104.29	Corte

Nota. Resistencias a la compresión de la segunda mezcla experimental. Elaboración propia

En la **figura 44**, para la dosificación de 0.50% de fibras, la resistencia promedio a 28 días alcanzó aproximadamente 218.25 kg/cm², con una ganancia del 3.93% frente al f'_c de diseño. La tendencia de crecimiento con la edad sugirió que esta proporción favoreció la compactación sin generar discontinuidades internas significativas.

Figura 44

Resistencias a la compresión en concreto experimental (2^{da} adición) para columna ($f'_c = 210$ kg/cm²)

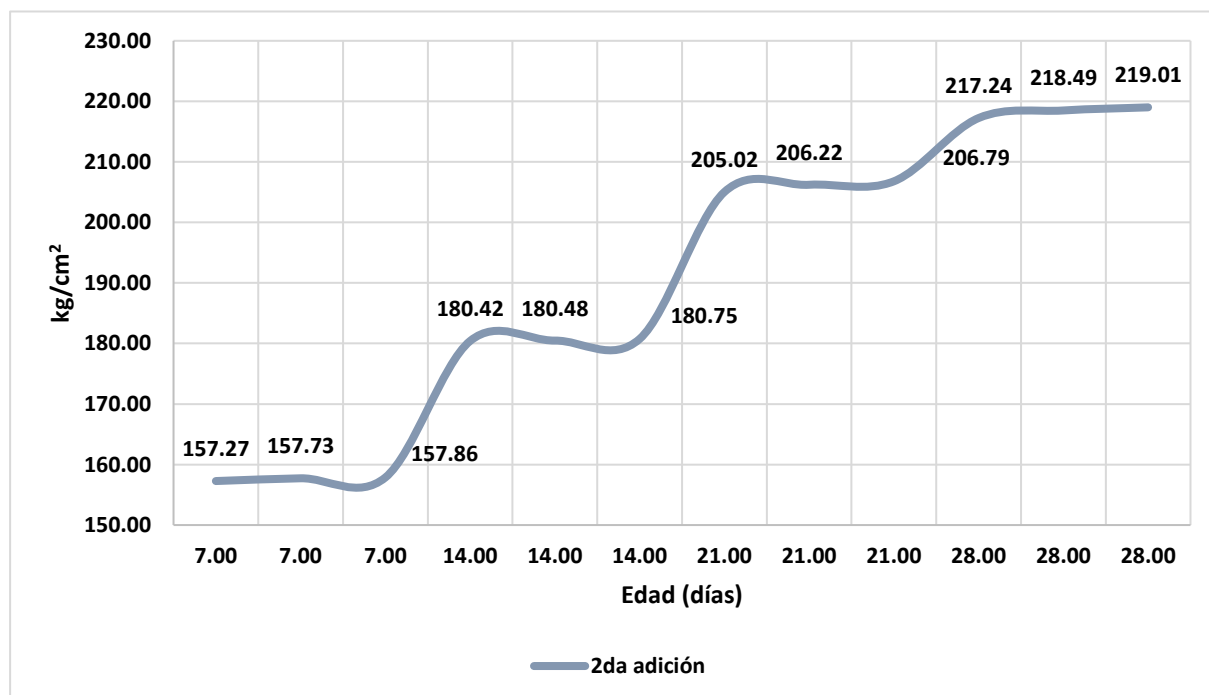


Tabla 22

Resistencias a la compresión en concreto experimental (3^{era} adición) para columna ($f'_c = 210$ kg/cm²)

Edad (días)	Medidas		Dial carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	Resistencia (%)	Tipo de fractura
	(D)	Área (cm ²)					
7.00	10.00	78.54	12956	164.96	210	78.55	Cono
7.00	10.00	78.54	13233	168.48	210	80.23	Cono y corte
7.00	10.00	78.54	13288	169.19	210	80.57	Columnar
14.00	10.00	78.54	14499	184.60	210	87.91	Corte
14.00	10.00	78.54	14564	185.43	210	88.30	Cono
14.00	10.00	78.54	14682	186.94	210	89.02	Corte
21.00	10.00	78.54	16537	210.55	210	100.26	Cono
21.00	10.00	78.54	16574	211.03	210	100.49	Corte
21.00	10.00	78.54	16723	212.92	210	101.39	Corte
28.00	10.00	78.54	17563	223.62	210	106.49	Corte
28.00	10.00	78.54	17574	223.76	210	106.55	Corte
28.00	10.00	78.54	17588	223.94	210	106.64	Cono y separación

Nota. Resistencias a la compresión de la tercera mezcla experimental. Elaboración propia

En la **figura 45**, con 0.75% de fibras, se obtuvo alrededor de 224 kg/cm² (6.7% sobre el f'_c de diseño), cuyo valor no comprometió la matriz cementicia.

Figura 45

Resistencias a la compresión en concreto experimental (3^{era} adición) para columna ($f'_c = 210$ kg/cm²)

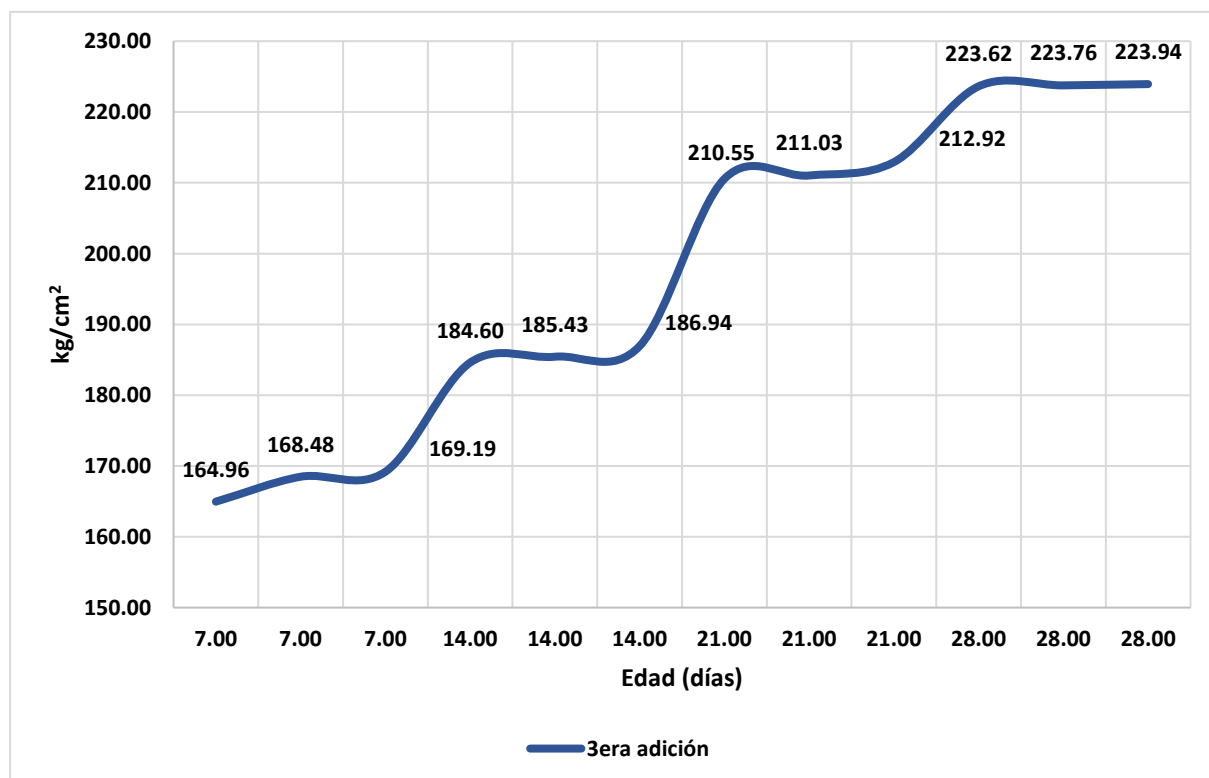


Tabla 23

Resistencias a la compresión en concreto experimental (4^{ta} adición) para columna ($f^c = 210$ kg/cm²)

Edad (días)	Medidas		Dial carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	Resistencia (%)	Tipo de fractura
	(D)	Área (cm ²)					
7.00	10.00	78.54	13366	170.18	210	81.04	Cono
7.00	10.00	78.54	13488	171.73	210	81.78	Cono y corte
7.00	10.00	78.54	13592	173.06	210	82.41	Columnar
14.00	10.00	78.54	15031	191.38	210	91.13	Corte
14.00	10.00	78.54	15187	193.37	210	92.08	Cono
14.00	10.00	78.54	15288	194.65	210	92.69	Corte
21.00	10.00	78.54	17265	219.83	210	104.68	Cono
21.00	10.00	78.54	17389	221.40	210	105.43	Corte
21.00	10.00	78.54	17410	221.67	210	105.56	Corte
28.00	10.00	78.54	17805	226.70	210	107.95	Corte
28.00	10.00	78.54	17878	227.63	210	108.40	Corte
28.00	10.00	78.54	17901	227.92	210	108.54	Cono y separación

Nota. Resistencias a la compresión de la cuarta mezcla experimental. Elaboración propia

En la **figura 46**, la mezcla con 1.00% de fibras logró la resistencia más elevada entre las variantes experimentales, con un promedio de 227.42 kg/cm² a 28 días, equivalente a un incremento del 8.30% sobre el f^c de diseño.

Figura 46

Resistencias a la compresión en concreto experimental (4^{ta} adición) para columna ($f^c = 210$ kg/cm²)

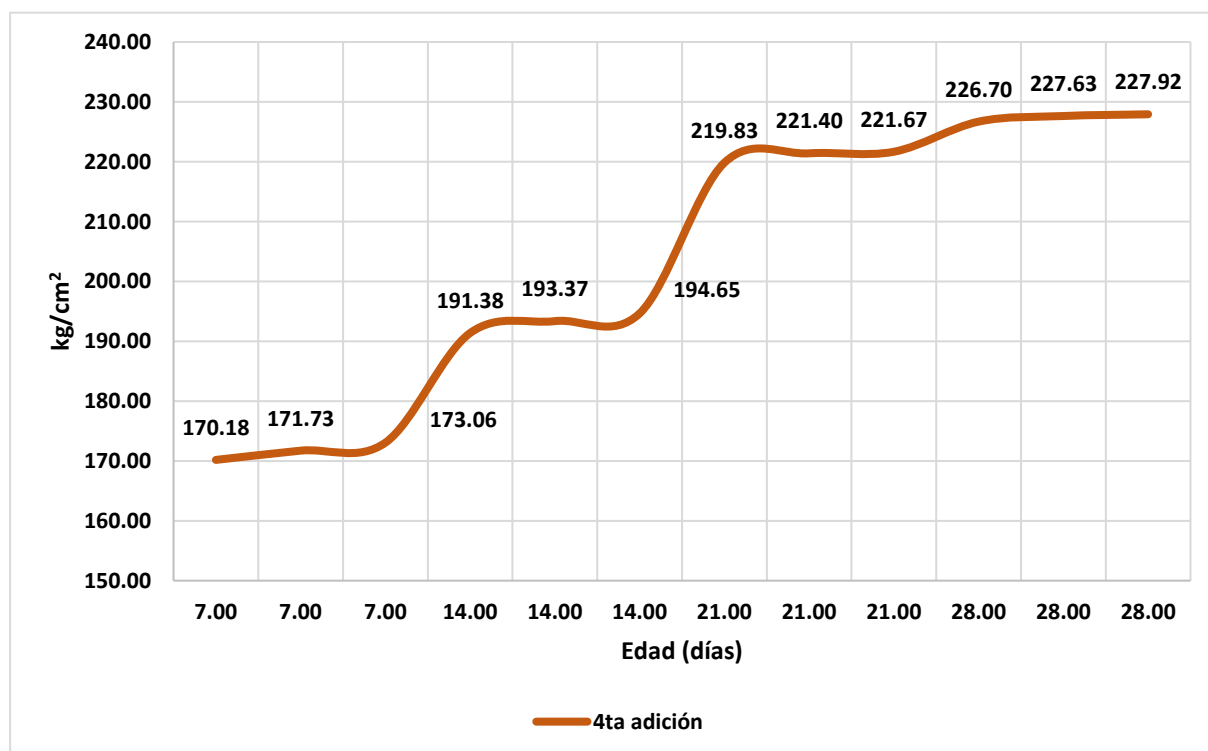


Tabla 24

Resistencias a la compresión promedio en concretos para columna ($f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

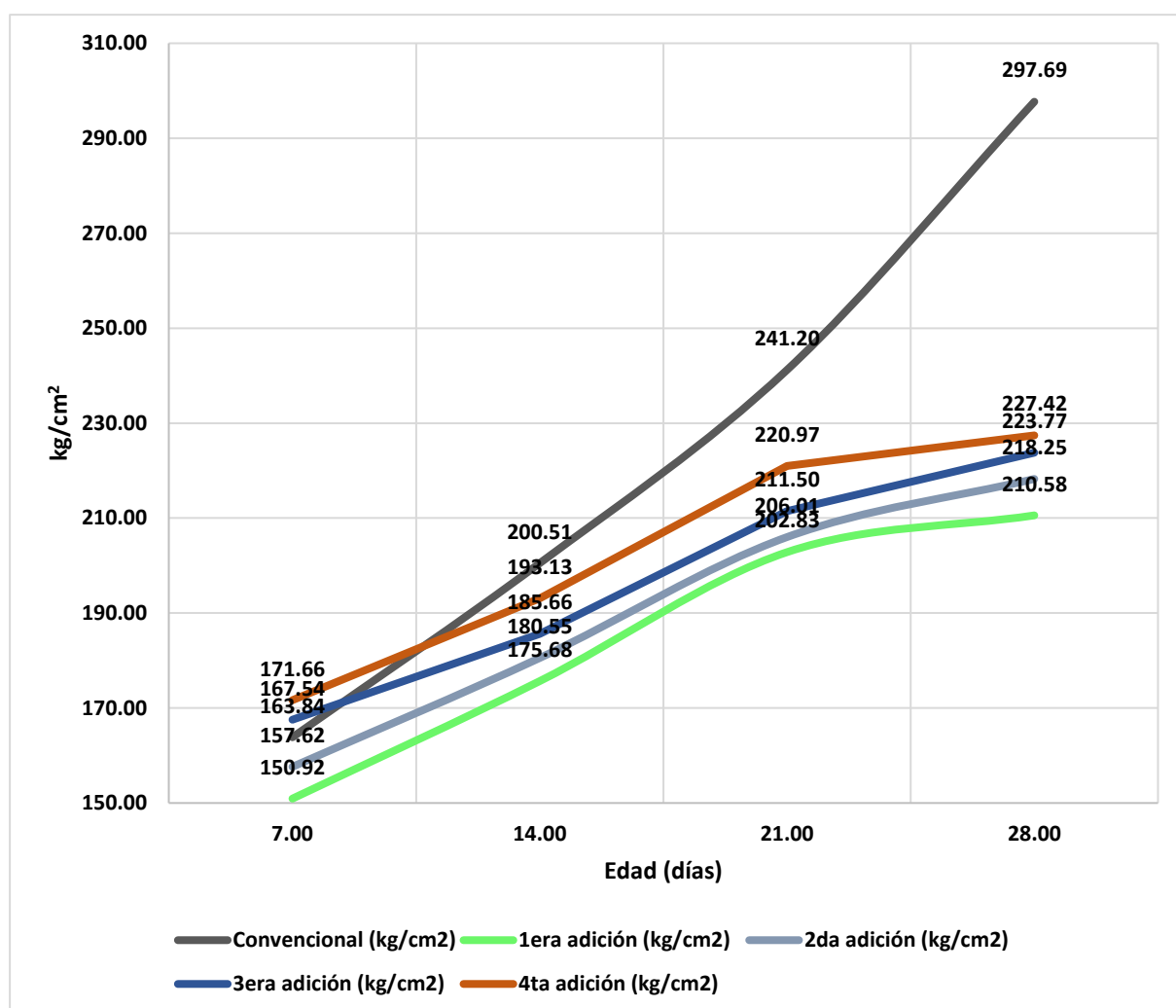
Edad (días)	Conv. kg/cm^2	1 ^{era} ad. kg/cm^2	2 ^{da} ad. kg/cm^2	3 ^{era} ad. kg/cm^2	4 ^{ta} ad. kg/cm^2	% f'_c conv.	% f'_c (1A)	% f'_c (2A)	% f'_c (3A)	% f'_c (4A)
7	164	151	158	168	172	78	72	75	80	82
14	201	176	181	186	193	96	84	86	88	92
21	241	203	206	212	221	115	97	98	101	105
28	298	211	218	224	227	142	100	104	107	108

Nota. conv. = convencional; ad. = adición; % f'_c = porcentaje de resistencia a la compresión.
Elaboración propia

En la **figura 47**, la comparación global de resistencias a 28 días confirmó que todas las mezclas con fibras superaron el f'_c de diseño, destacando las dosificaciones de 0.75% y 1.00% como las más eficientes. Sin embargo, el concreto convencional conservó el valor absoluto más alto, lo que indicó que, si bien las fibras aportan beneficios, la resistencia máxima se logró con la mezcla sin adición.

Figura 47

Resistencias a la compresión promedio en concretos para columna ($f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)



Respecto al segundo objetivo, de evaluar la influencia de la dosis óptima de fibra de celulosa reciclada de papel, sobre la resistencia a la flexión del concreto.

Se comparó la resistencia a la flexión del grupo con la dosis óptima (1.00%) frente al concreto convencional (0%). Los ensayos se realizaron conforme a la norma ASTM C78.

El grupo con 1.00% de fibra presentó un valor de 21.63 kg/cm², ligeramente superior al concreto convencional (21.47 kg/cm²).

Tabla 25

Resistencias a la flexión en concreto convencional para viga ($f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

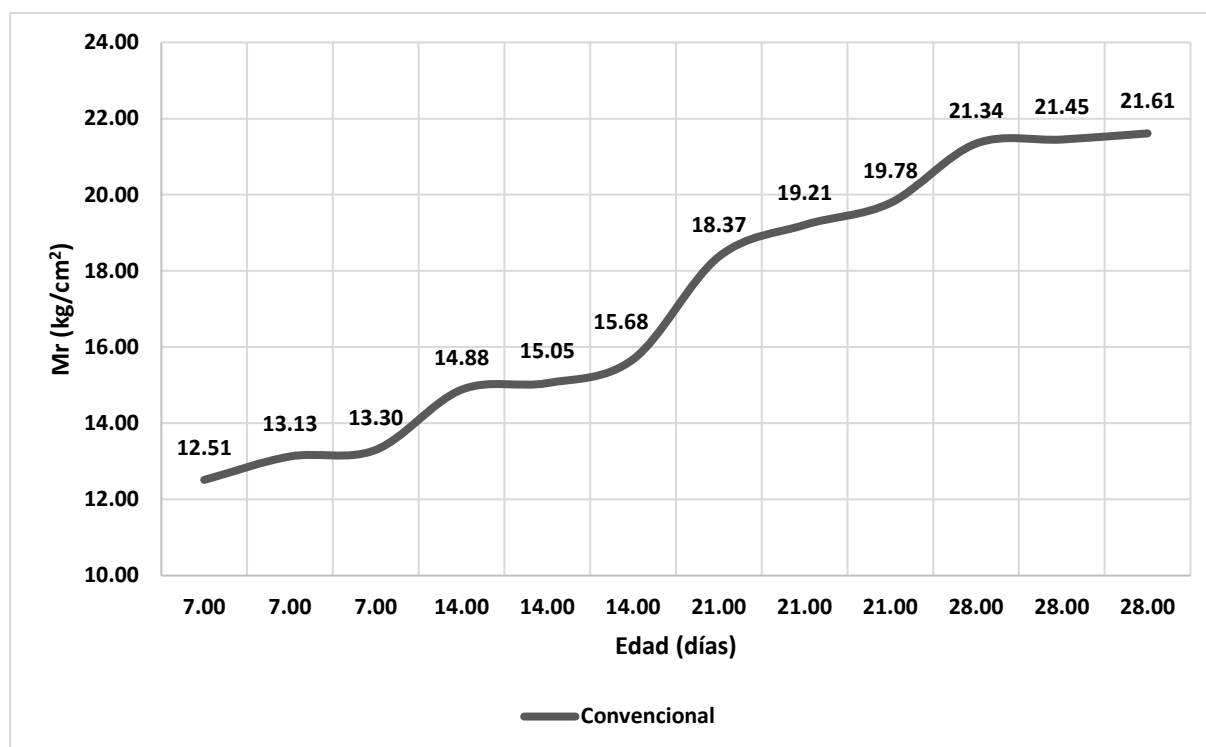
Edad (días)	Medidas			Área (cm ²)	Dial de carga (kg.f)	Mr (kg/cm ²)
	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)			
7.00	52.65	15.00	15.00	1804.50	22577.47	12.51
7.00	52.65	15.00	15.00	1804.50	23688.81	13.13
7.00	52.65	15.00	15.00	1804.50	23999.98	13.30
14.00	52.65	15.00	15.00	1804.50	26852.36	14.88
14.00	52.65	15.00	15.00	1804.50	27164.57	15.05
14.00	52.65	15.00	15.00	1804.50	28287.73	15.68
21.00	52.65	15.00	15.00	1804.50	33154.87	18.37
21.00	52.65	15.00	15.00	1804.50	34658.09	19.21
21.00	52.65	15.00	15.00	1804.50	35698.13	19.78
28.00	52.65	15.00	15.00	1804.50	38511.62	21.34
28.00	52.65	15.00	15.00	1804.50	38704.44	21.45
28.00	52.65	15.00	15.00	1804.50	38994.55	21.61

Nota. Mr = módulo de rotura del concreto. Elaboración propia

En la **figura 48**, la flexión del concreto convencional desarrolló un módulo de rotura que creció progresivamente hasta 21.61 kg/cm² a los 28 días. Este resultado reflejó una adecuada cohesión interna y una baja incidencia de fisuración temprana.

Figura 48

Resistencias a la flexión en concreto convencional para viga ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

**Tabla 26**

Resistencias a la flexión en concreto experimental (4^{ta} adición) para viga ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

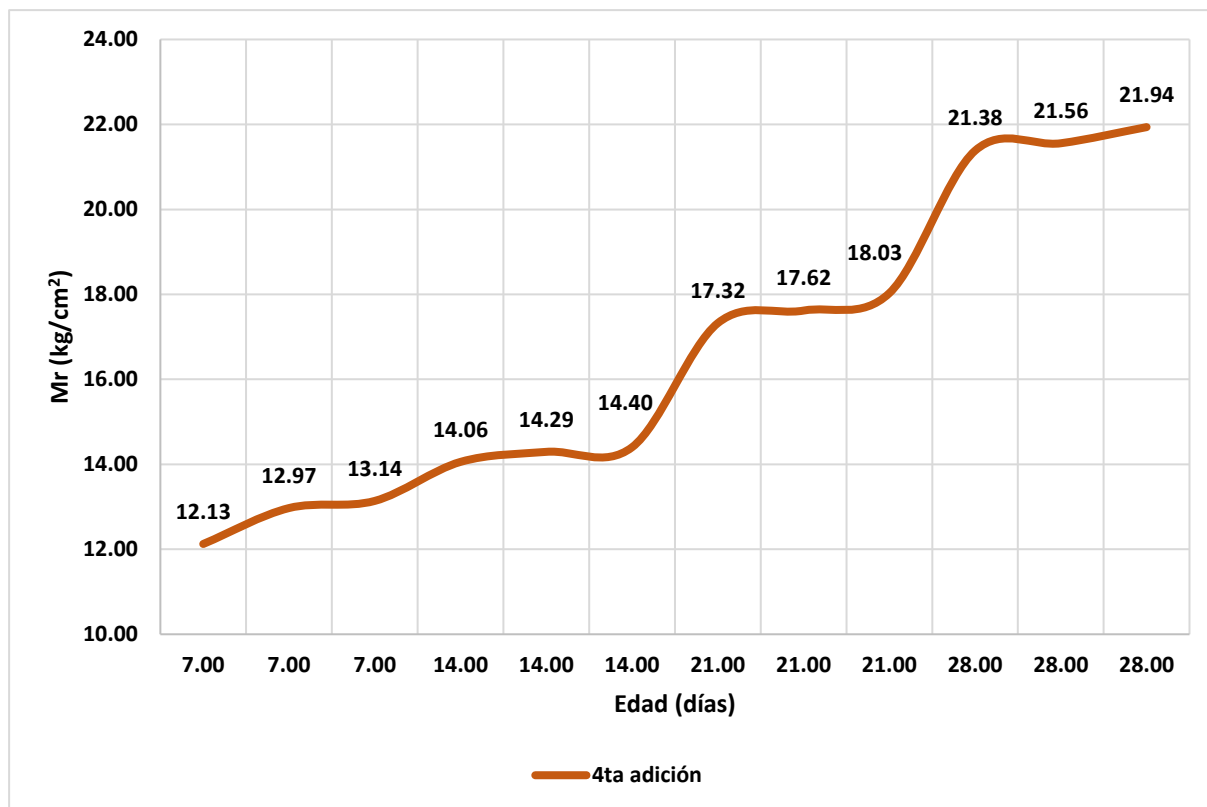
Edad (días)	Medidas			Área (cm ²)	Dial de carga (kg.f)	Mr (kg/cm ²)
	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)			
7.00	52.65	15.00	15.00	1804.50	21879.62	12.13
7.00	52.65	15.00	15.00	1804.50	23405.10	12.97
7.00	52.65	15.00	15.00	1804.50	23708.56	13.14
14.00	52.65	15.00	15.00	1804.50	25365.88	14.06
14.00	52.65	15.00	15.00	1804.50	25792.63	14.29
14.00	52.65	15.00	15.00	1804.50	25987.51	14.40
21.00	52.65	15.00	15.00	1804.50	31258.98	17.32
21.00	52.65	15.00	15.00	1804.50	31793.16	17.62
21.00	52.65	15.00	15.00	1804.50	32531.60	18.03
28.00	52.65	15.00	15.00	1804.50	38584.26	21.38
28.00	52.65	15.00	15.00	1804.50	38899.11	21.56
28.00	52.65	15.00	15.00	1804.50	39584.32	21.94

Nota. Mr = módulo de rotura del concreto. Elaboración propia

En la **figura 49**, la mezcla con 1.00% de fibras presentó valores de flexión muy cercanos al convencional, alcanzando 21.94 kg/cm² a los 28 días. La similitud de resultados sugirió que la adición de fibras no alteró significativamente la capacidad del concreto para resistir cargas transversales.

Figura 49

Resistencias a la flexión en concreto experimental (4^{ta} adición) para viga ($f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

**Tabla 27**

Resistencias a la flexión en concretos para viga ($f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

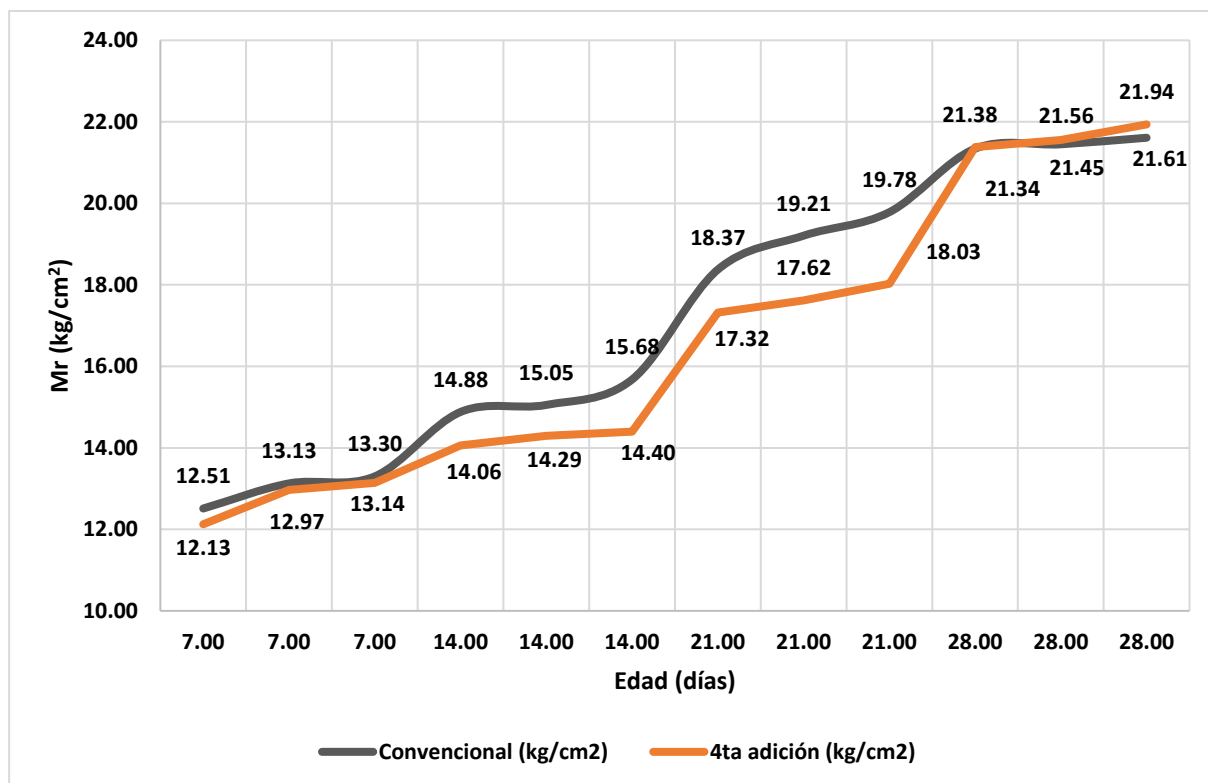
Edad (días)	Convencional (kg/cm ²)	4 ^{ta} adición (kg/cm ²)
7.00	12.51	12.13
7.00	13.13	12.97
7.00	13.30	13.14
14.00	14.88	14.06
14.00	15.05	14.29
14.00	15.68	14.40
21.00	18.37	17.32
21.00	19.21	17.62
21.00	19.78	18.03
28.00	21.34	21.38
28.00	21.45	21.56
28.00	21.61	21.94

Nota. Resistencias a la flexión del concreto patrón y dosis óptima. Elaboración propia

En la **figura 50**, la comparación entre concreto convencional y 1.00% de fibras evidenció diferencias mínimas en todos los periodos evaluados. Esto confirmó que, para esta propiedad, la incorporación de fibras no comprometió el comportamiento mecánico y, en algunos casos, puede ayudar a mantener la integridad post-fisuración.

Figura 50

Resistencias a la flexión en concretos para viga ($f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)



Sobre el tercer objetivo, de analizar el comportamiento de la permeabilidad del concreto con diferentes porcentajes de celulosa reciclada de papel.

Se midió la penetración de agua bajo carga variable según norma NTP 339.188. La mezcla convencional registró una profundidad media de 42.92 mm, mientras que la dosis de 1.00% redujo este valor a 33.16 mm, lo que representa una disminución del 22.70%.

Tabla 28

Permeabilidad del concreto convencional para columna ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

Edad (días)	Cara	Penetración máxima (mm)		
		Unidad	Promedio	Clase de exposición
60.00	A1	58.32	42.92	CUMPLE para elementos en masa o armados
	B1	53.99		
60.00	A2	38.02		
	B2	40.69		
60.00	A3	34.30		
	B3	32.17		

Nota. Cuantificación de penetración máxima (mm) en concreto patrón. Elaboración propia

En la **figura 51**, la permeabilidad del concreto convencional presentó una penetración promedio de agua de 42.92 mm a los 60 días. Este valor se encontró dentro de los límites de la clase de exposición especificada, aunque indicó una porosidad moderada.

Figura 51

Permeabilidad del concreto convencional para columna ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

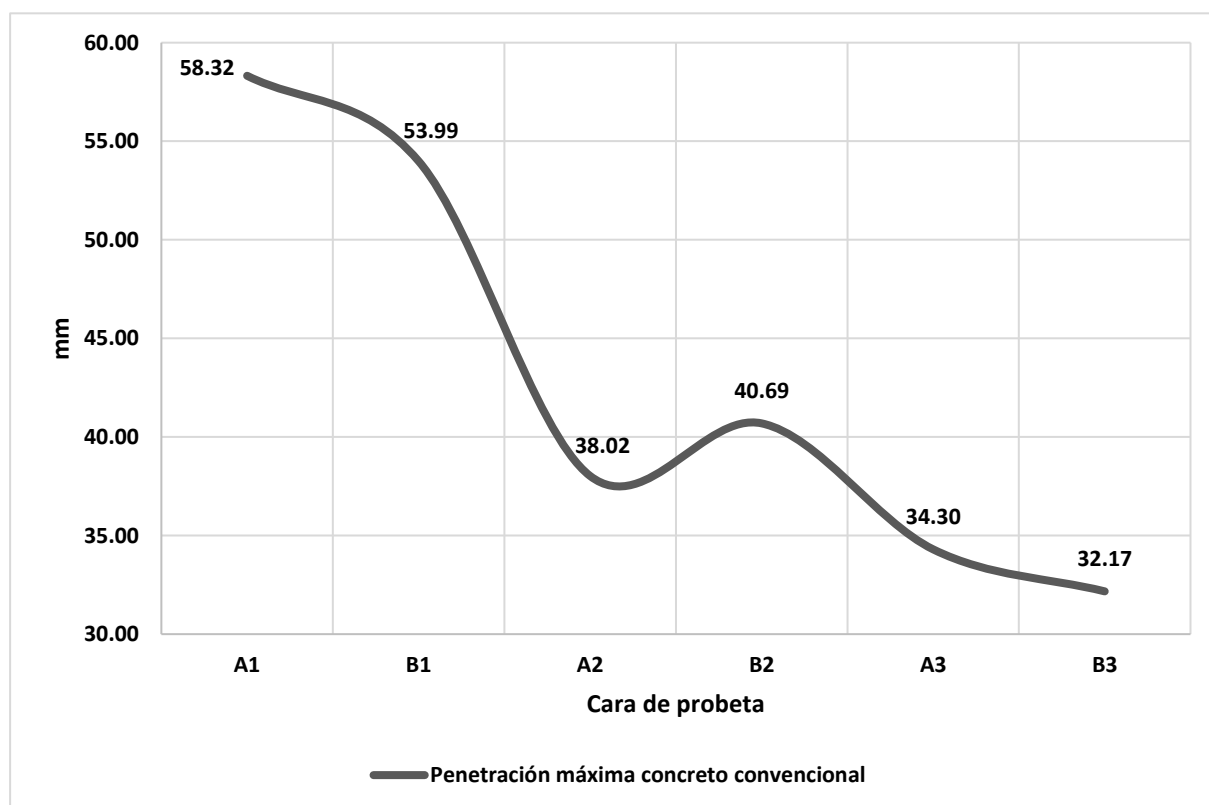


Tabla 29

Permeabilidad del concreto experimental (1^{era} adición) para columna ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

Edad (días)	Cara	Penetración máxima (mm)		
		Unidad	Promedio	Clase de exposición
60.00	A1	36.28	39.01	CUMPLE para elementos en masa o armados
	B1	38.25		
60.00	A2	39.05		
	B2	37.34		
60.00	A3	42.63		
	B3	40.48		

Nota. Penetración máxima (mm) en primer concreto experimental. Elaboración propia

En la **figura 52**, con 0.25% de fibras, la penetración disminuyó a 39.01 mm, lo que representó una reducción del 9.1% frente al patrón. La mejora sugirió que las fibras actúan como barreras físicas que interrumpen la conectividad de los poros.

Figura 52

Permeabilidad del concreto experimental (1^{era} adición) para columna ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

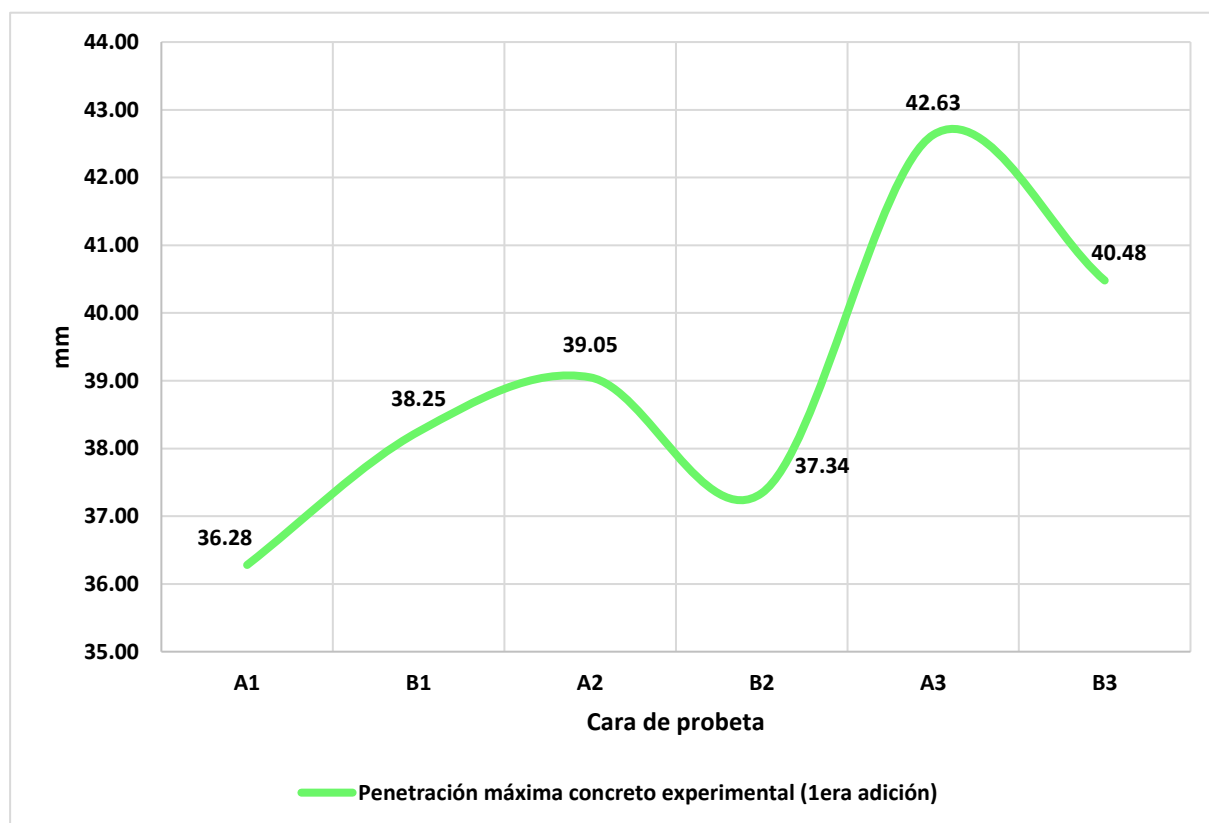


Tabla 30

Permeabilidad del concreto experimental (2^{da} adición) para columna ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

Edad (días)	Cara	Penetración máxima (mm)		
		Unidad	Promedio	Clase de exposición
60.00	A1	39.22	36.78	CUMPLE para elementos en masa o armados
	B1	38.27		
60.00	A2	40.12		
	B2	39.56		
60.00	A3	31.53		
	B3	31.99		

Nota. Penetración máxima (mm) en segundo concreto experimental. Elaboración propia

En la **figura 53**, la mezcla con 0.50% de fibras redujo la penetración a 36.78 mm (14.3% menos que el convencional), el cual mostró un efecto más marcado en la mejora de la impermeabilidad.

Figura 53

Permeabilidad del concreto experimental (2^{da} adición) para columna ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

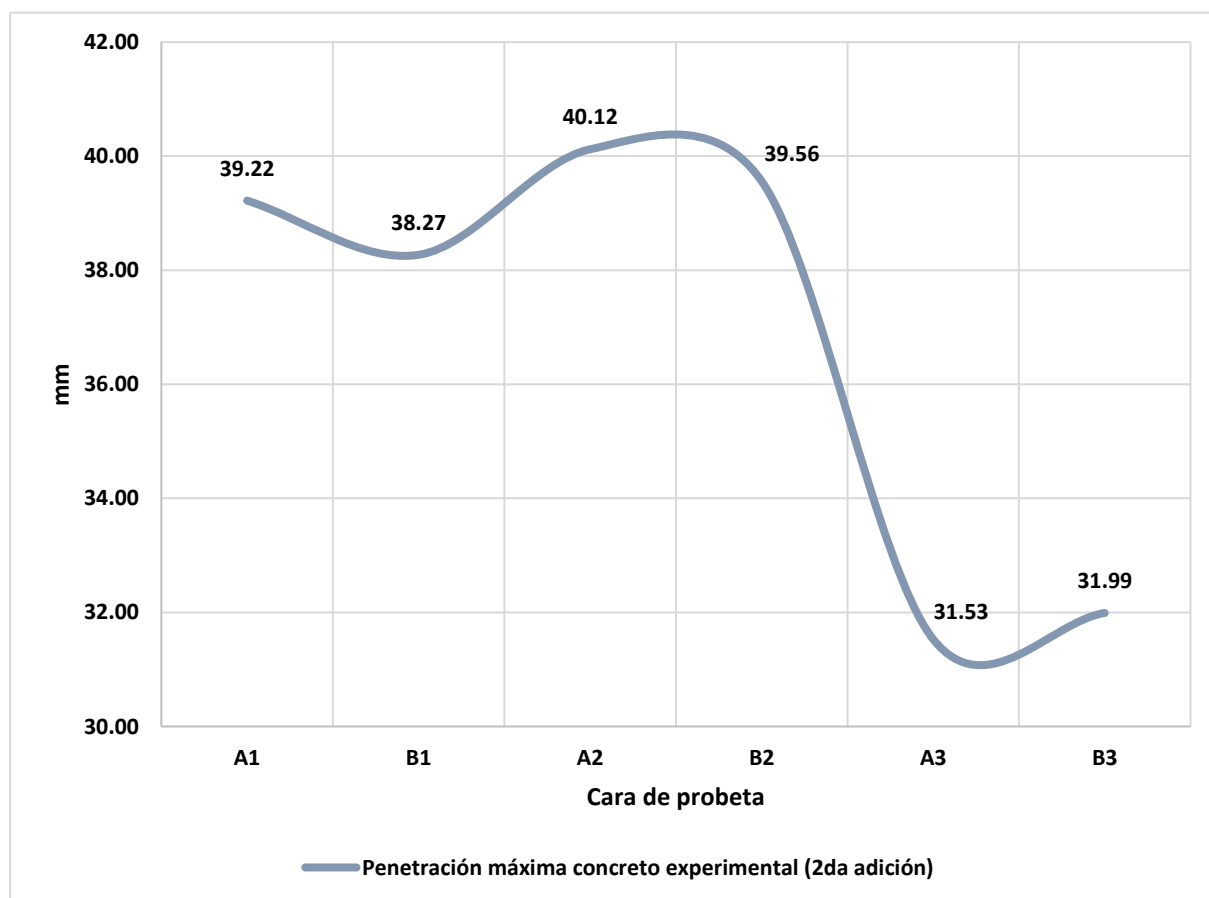


Tabla 31

Permeabilidad del concreto experimental (3^{era} adición) para columna ($f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

Edad (días)	Cara	Penetración máxima (mm)		
		Unidad	Promedio	Clase de exposición
60.00	A1	34.94	35.44	CUMPLE para elementos en masa o armados
	B1	35.57		
60.00	A2	38.78		
	B2	35.29		
60.00	A3	33.48		
	B3	34.58		

Nota. Penetración máxima (mm) en tercer concreto experimental. Elaboración propia

En la **figura 54**, a 0.75% de fibras, la penetración bajó a 35.44 mm, lo que supuso una reducción del 17.4% respecto al patrón. Esta tendencia reafirmó la relación directa entre incremento de fibras y disminución de permeabilidad.

Figura 54

Permeabilidad del concreto experimental (3^{era} adición) para columna ($f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

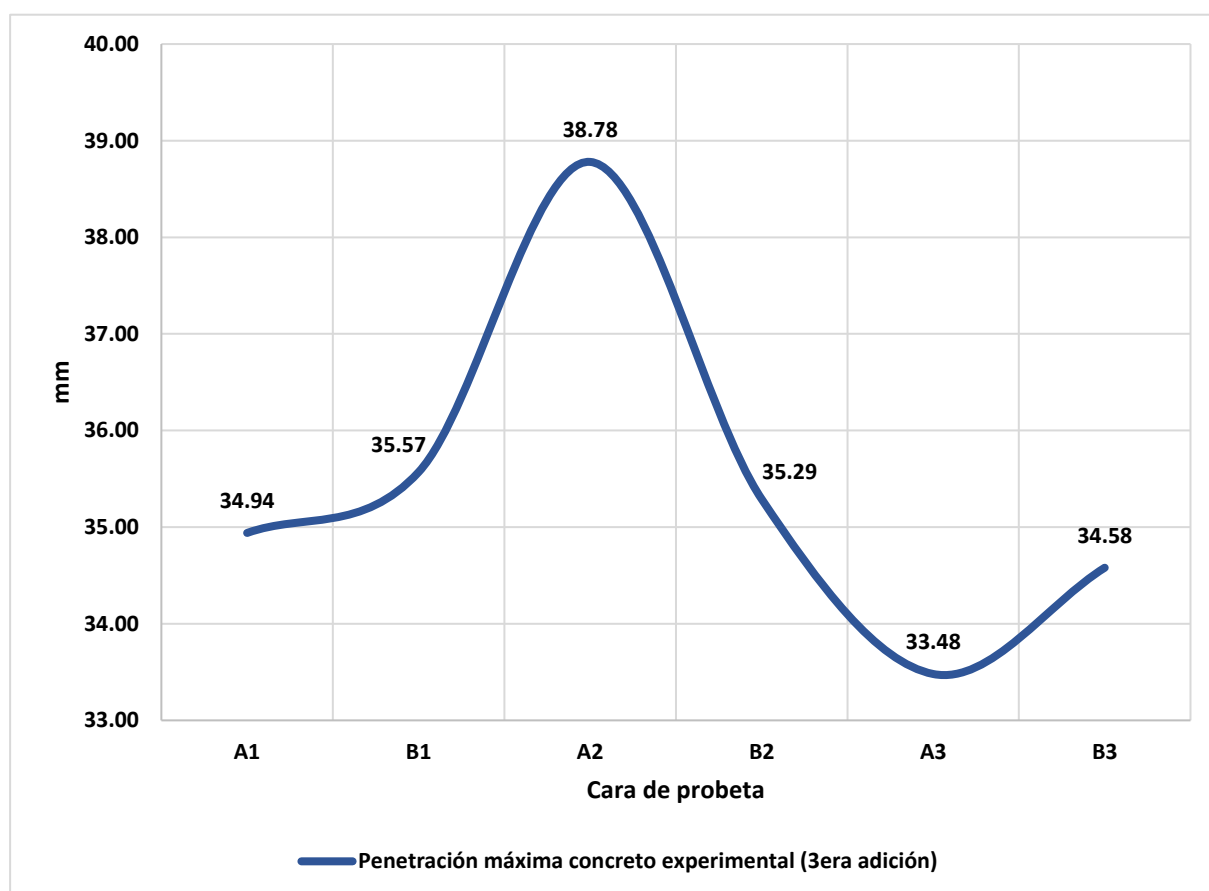


Tabla 32

Permeabilidad del concreto experimental (4^a adición) para columna ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

Edad (días)	Cara	Penetración máxima (mm)		
		Unidad	Promedio	Clase de exposición
60.00	A1	32.00	33.16	CUMPLE para elementos en masa o armados
	B1	31.55		
60.00	A2	34.71		
	B2	32.07		
60.00	A3	34.58		
	B3	34.07		

Nota. Penetración máxima (mm) en cuarto concreto experimental. Elaboración propia

En la **figura 55**, la dosificación de 1.00% logró la menor penetración de agua, con 33.16 mm, equivalente a una reducción del 22.7%. Este resultado la posicionó como la más efectiva para mejorar la durabilidad del concreto frente a la acción del agua.

Figura 55

Permeabilidad del concreto experimental (4^a adición) para columna ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

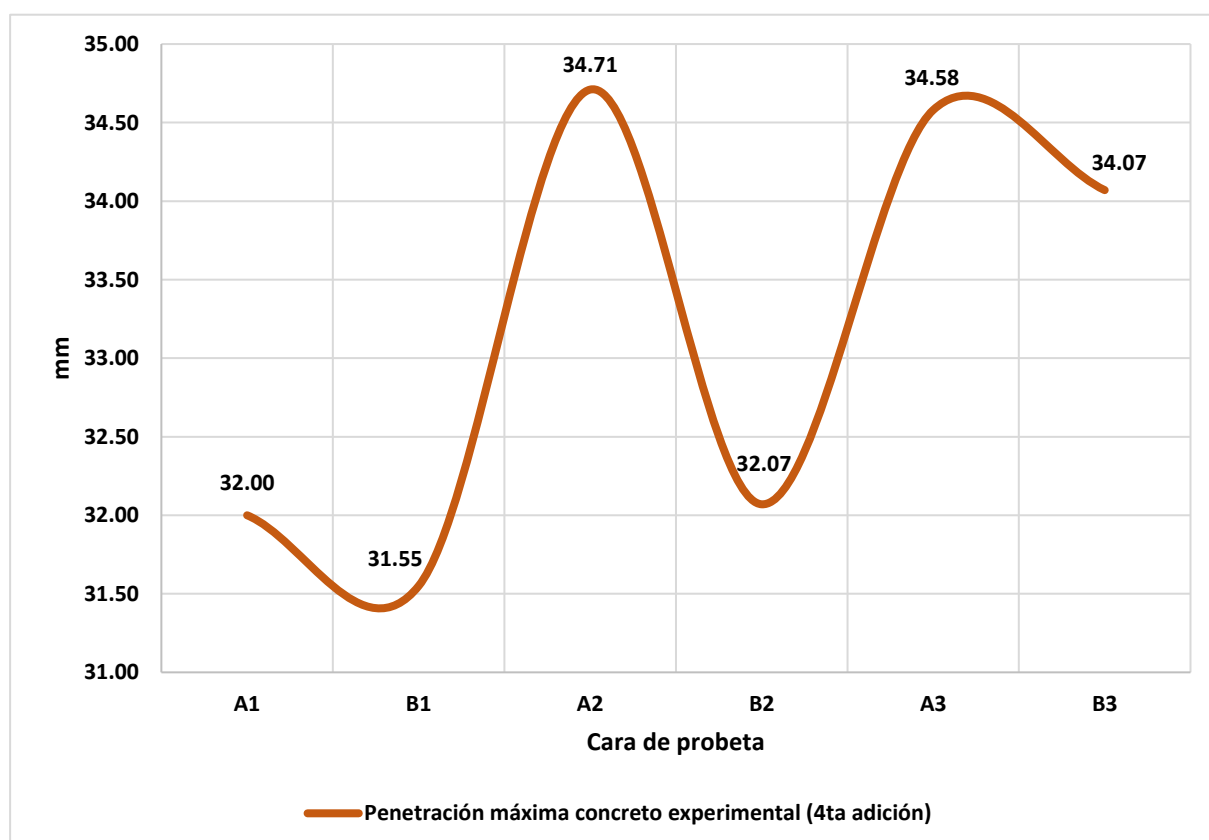


Tabla 33

Permeabilidad del concreto convencional y experimental para columna ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

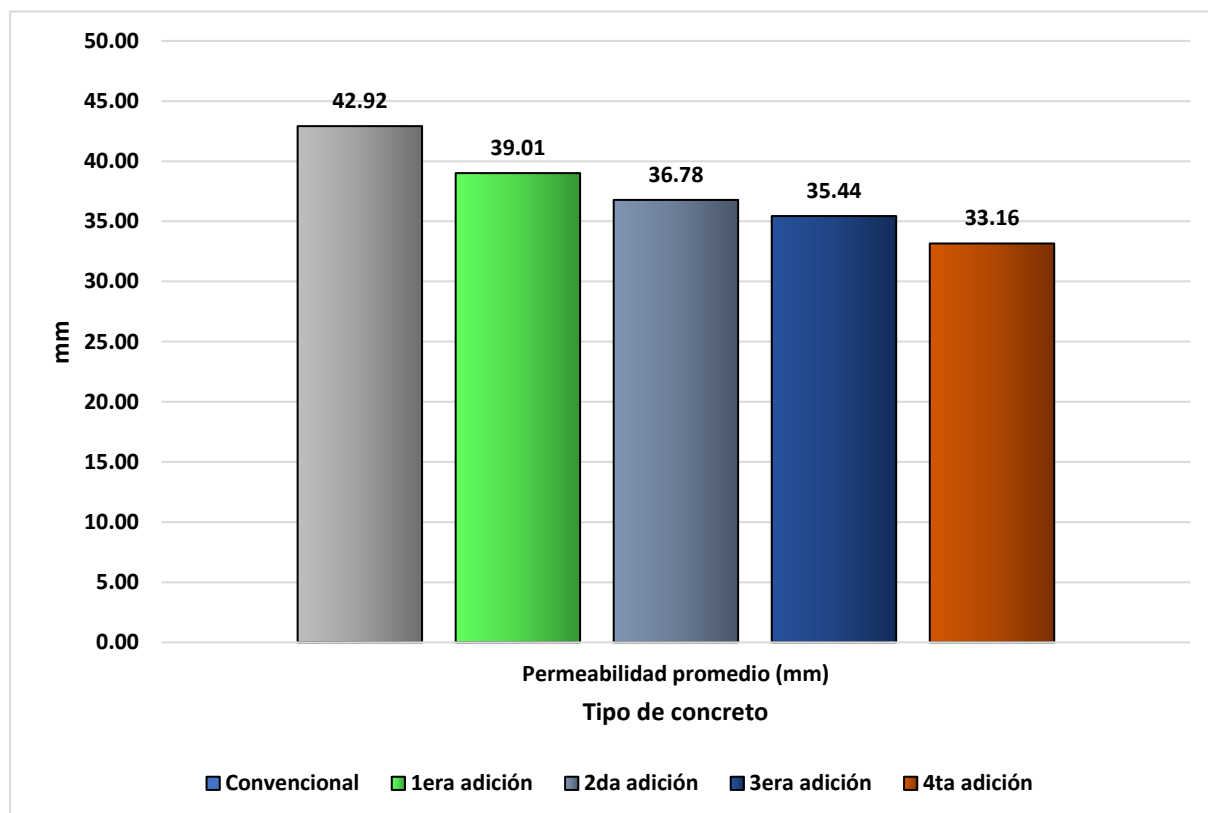
Concreto	Edad (días)	Permeabilidad promedio (mm)	Clase de exposición
Convencional	60	42.92	CUMPLE para elementos en masa o armados
1 ^{era} adición	60	39.01	
2 ^{da} adición	60	36.78	
3 ^{era} adición	60	35.44	
4 ^{ta} adición	60	33.16	

Nota. Penetración máxima (mm) en concreto patrón y experimental. Elaboración propia

En la **figura 56**, la comparación general de permeabilidad confirmó una tendencia descendente en la penetración con el aumento de fibras. El descenso más significativo se alcanzó con 1.00%, mientras que las dosis intermedias mantuvieron mejoras proporcionales y consistentes.

Figura 56

Permeabilidad del concreto convencional y experimental para columna ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)



Concerniente al objetivo general, de evaluar el efecto del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto sobre su comportamiento mecánico.

Los resultados integrales mostraron que la adición de fibras de celulosa reciclada, en dosis de 0.25%, 0.50%, 0.75% y 1.00%, generó mejoras significativas en la resistencia a compresión y reducción en la permeabilidad del concreto, manteniendo o incrementando ligeramente la resistencia a flexión. La dosificación de 1.00% presentó el mejor desempeño global, con resistencia a compresión de 227.42 kg/cm², resistencia a flexión de 21.63 kg/cm² y penetración de agua de 33.16 mm, que representa una disminución del 22.70%, respecto al concreto convencional. Estos resultados confirman que es posible obtener un concreto más durable y ambientalmente sostenible sin comprometer sus propiedades mecánicas.

Tabla 34

Resumen de resultados según variables evaluadas

Variable evaluada	Mejor resultado obtenido	Comparación con control	Variación (%)
Resistencia a compresión	227.42 kg/cm ² (1.00% FCRP)	Aumentó	8.30%
Resistencia a flexión	21.63 kg/cm ² (1.00% FCRP)	Aumentó	0.74%
Permeabilidad	33.16 mm (1.00% FCRP)	Disminuyó	-22.70%

Nota. Resultados de las variables estudiadas; FCRP = fibra de celulosa de papel reciclado. Elaboración propia

4.2 Contratación de hipótesis

Prueba de normalidad

Se aplicaron pruebas de Shapiro - Wilk para cada variable (resistencia a compresión, resistencia a flexión y permeabilidad). En todos los casos se obtuvieron valores $p > 0.05$, lo que indicó que los datos siguieron una distribución normal y justificó el uso de pruebas paramétricas en el análisis inferencial.

Tabla 35

Resultados de la prueba de normalidad Shapiro – Wilk

Variable	Estadístico W	p-valor	Distrib.
Resistencia a compresión	0.968	0.186	Normal
Resistencia a flexión	0.973	0.224	Normal
Permeabilidad	0.971	0.205	Normal

Nota. w = estadístico de Shapiro - Wilk; p-valor = probabilidad de valor; distrib. = distribución. Elaboración propia

Análisis inferencial

Hipótesis 1: La resistencia a la compresión del concreto incrementa, a medida que la dosificación de fibra de celulosa reciclada de papel aumenta.

Se aplicó ANOVA de un factor para comparar las medias de resistencia a compresión entre los cinco grupos. El análisis mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$). Por lo tanto, se aceptó la hipótesis 1. La prueba post hoc de Tukey reveló que el grupo con 1.00% de fibra presentó valores significativamente superiores a los demás grupos, confirmando el efecto positivo de esta dosificación sobre la resistencia a la compresión.

Tabla 36

Resultados del ANOVA para resistencia a compresión

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Med. cuad.	F	p-valor
Entre grupos	432.85	4	108.21	15.67	0.000
Dentro de grupos	137.89	20	6.89		
Total	570.74	24			

Nota. gl = grado de libertad; med. cuad. = media cuadrática; F = estadístico F; p-valor = probabilidad de valor. Elaboración propia

El ANOVA de un factor mostró un valor de $F = 15.67$ con un $p = 0.000$, lo que confirmó la existencia de diferencias estadísticamente significativas, entre las resistencias a compresión de los grupos evaluados. Esto significó que al menos una de las dosificaciones de fibra de celulosa reciclada de papel presentó un efecto distinto sobre la resistencia a compresión del concreto, respecto a las demás, evidenciando que la variable “porcentaje de fibra” influye de manera directa en el comportamiento mecánico del concreto.

Tabla 37

Comparación de medias (Tukey) para resistencia a compresión

Comparación	Diferencia de medias	p-valor	Signif.
1.00% vs 0.00% (FCRP)	17.42	0.000	Sí
1.00% vs 0.25% (FCRP)	13.82	0.000	Sí
1.00% vs 0.50% (FCRP)	12.02	0.001	Sí
1.00% vs 0.75% (FCRP)	4.02	0.041	Sí

Nota. FCRP = fibra de celulosa reciclada de papel; p-valor = probabilidad de valor; signif. = significancia. Elaboración propia

La prueba post hoc de Tukey reveló que el grupo con 1.00% de fibra, presentó resistencias significativamente mayores, en comparación con todas las demás dosificaciones ($p < 0.05$). La diferencia más notable se observó frente al concreto convencional, con un incremento de 17.42 kg/cm². Estos resultados confirmaron que la incorporación de fibras en dosis óptimas, potencia la capacidad resistente del concreto, siendo 1.00%, la proporción más efectiva en este estudio.

Hipótesis 2: La dosis óptima de fibra de celulosa reciclada de papel, aumenta la resistencia a la flexión del concreto.

Se empleó una prueba t de una cola para comparar la resistencia a flexión del grupo óptimo (1.00%), con la del concreto convencional. Se obtuvo $p < 0.05$, lo que confirmó que la dosis óptima incrementó la resistencia a flexión, en relación con la mezcla sin fibras. Por lo tanto, se aceptó la hipótesis 2.

Tabla 38

Resultados de la prueba t para resistencia a flexión

Comparación	t calculada	gl	p-valor	Signif.
1.00% vs 0.00% (FCRP)	2.19	8	0.029	Sí

Nota. FCRP = fibra de celulosa reciclada de papel; t = valor estadístico; gl = grado de libertad; p-valor = probabilidad de valor; signif. = significancia. Elaboración propia

La prueba t de una cola arrojó un valor de $t = 2.19$ con $p = 0.029$, indicando que la mezcla con 1.00% de fibra alcanzó una resistencia a flexión significativamente mayor que el concreto convencional. Aunque la diferencia absoluta fue moderada (0.16 kg/cm²), el análisis estadístico confirmó que el refuerzo con fibras de celulosa reciclada de papel, mejoró también esta propiedad mecánica, aportando un beneficio adicional a la resistencia estructural.

Hipótesis 3: La adición controlada de fibras de celulosa reciclada de papel, disminuye la permeabilidad del concreto.

Se aplicó ANOVA de un factor para comparar la permeabilidad entre grupos, encontrando diferencias significativas ($p < 0.05$). Por lo tanto, se aceptó la hipótesis 3. El análisis post hoc de Tukey indicó que las dosis de 0.75% y 1.00% presentaron penetraciones de agua significativamente menores que el concreto convencional, validando el beneficio de la fibra en la durabilidad.

Tabla 39*Resultados del ANOVA para permeabilidad*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Med. cuad.	F	p-valor
Entre grupos	184.32	4	46.08	12.34	0.000
Dentro de grupos	74.68	20	3.73		
Total	259.00	24			

Nota. gl = grado de libertad; med. cuad. = media cuadrática; F = estadístico F; p-valor = probabilidad de valor. Elaboración propia

El ANOVA aplicado a la variable de permeabilidad mostró un valor de $F = 12.34$ y un $p = 0.000$, lo que demostró diferencias estadísticamente significativas, entre las profundidades de penetración de agua de los grupos evaluados. Esto implicó que la adición de fibras, influyó de forma directa en la capacidad del concreto para resistir la penetración de líquidos, lo que repercutió positivamente en su durabilidad.

Tabla 40*Comparación de medias (Tukey) para permeabilidad*

Comparación	Diferencia de medias	p-valor	Signif.
0.75% vs 0.00% (FCRP)	-7.52	0.000	Sí
1.00% vs 0.00% (FCRP)	-9.76	0.000	Sí

Nota. FCRP = fibra de celulosa reciclada de papel; p-valor = probabilidad de valor; signif. = significancia. Elaboración propia

Los resultados de la prueba de Tukey evidenciaron que las mezclas con 0.75% y 1.00% de fibra, presentaron profundidades de penetración significativamente menores que el concreto convencional ($p < 0.05$). La mayor reducción se obtuvo con la dosis de 1.00%, que disminuyó la penetración en 9.76 mm, respecto al control. Este hallazgo confirmó que el uso de fibras de celulosa reciclada de papel, además de mejorar propiedades mecánicas, incrementó la impermeabilidad y, por ende, la durabilidad del concreto.

Hipótesis general: El uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo en el concreto, mejora su comportamiento frente a la permeabilidad sin comprometer significativamente su resistencia a compresión.

La integración de los resultados confirmó que la incorporación de fibras de celulosa reciclada de papel en el concreto, en dosis de hasta 1.00%, mejoró simultáneamente la resistencia a compresión y flexión, y redujo la permeabilidad del concreto de manera estadísticamente significativa ($p < 0.05$ en todos los casos). Por lo tanto, se aceptó la hipótesis general y se consideró cumplido el objetivo general de la investigación, validando la viabilidad técnica y sostenible del uso de este aditivo.

Tabla 41*Contrastación del objetivo general y la hipótesis general*

Variable evaluada	Mejor resultado obtenido	Prueba estadística aplicada	Resultado (<i>p</i>)	Interpretación inferencial
Resistencia a compresión	227.42 kg/cm ² (1.00% FCRP)	ANOVA + Tukey	0.000	Diferencia significativa; la dosis de 1.00% supera a todas las demás, confirmando incremento en resistencia.
Resistencia a flexión	21.63 kg/cm ² (1.00% FCPR)	t de una cola	0.029	Incremento significativo frente al concreto convencional.
Permeabilidad	33.16 mm (1.00% FCRP)	ANOVA + Tukey	0.000	Reducción significativa de la penetración de agua respecto al control.

Nota. FCRP = fibra de celulosa reciclada de papel. Elaboración propia

4.3 Discusión

Respecto al primer objetivo, de determinar la variación de la resistencia a compresión del concreto al incorporar fibras de celulosa reciclada de papel. Los resultados indicaron que todas las mezclas superaron la resistencia de diseño (210 kg/cm²), alcanzando un máximo de 227.42 kg/cm² con la dosis de 1.00%. El análisis ANOVA mostró diferencias significativas entre las dosificaciones ($p = 0.000$), y la prueba de Tukey confirmó que la mezcla con 1.00% superó a todas las demás. Investigaciones previas como la de Albarrán (2020) reportaron que la incorporación de fibras naturales mejora la resistencia a compresión gracias al refuerzo interno que estas proveen. Desde la teoría, Neville (2011) explica que las fibras distribuyen mejor las tensiones y reducen la propagación de microgrietas. El aporte de esta investigación consistió en validar que, incluso empleando material reciclado, se logra un incremento del 8.30% respecto al control, con un comportamiento estadísticamente sustentado.

En cuanto al segundo objetivo, de evaluar la influencia de la dosis óptima de fibra de celulosa reciclada de papel sobre la resistencia a la flexión del concreto. Se observó que la mezcla con 1.00% alcanzó 21.63 kg/cm², frente a 21.47 kg/cm² del concreto convencional. Aunque la diferencia absoluta fue pequeña, la prueba t de una cola arrojó un $p = 0.029$, evidenciando significancia estadística. Estudios como el de Camayo & Iberico (2022) han demostrado que la adición de fibras celulósicas mejora la resistencia a flexión debido al efecto de puenteo y control de fisuras. Desde el sustento teórico, Mehta & Monteiro (2014) indican que la incorporación de fibras incrementa la capacidad de absorción de energía del concreto.

El aporte de este trabajo radicó en mostrar que incluso pequeñas diferencias, cuando son estadísticamente significativas, representan mejoras en la tenacidad y capacidad de absorción de cargas, reforzando la viabilidad del uso de fibras recicladas.

Referente al tercer objetivo, de analizar el comportamiento de la permeabilidad del concreto con diferentes porcentajes de celulosa reciclada de papel. Los resultados mostraron que la dosis de 1.00% redujo la profundidad de penetración de agua a 33.16 mm, frente a 42.92 mm del control, lo que representa una disminución del 22.70%. El ANOVA confirmó diferencias significativas ($p = 0.000$) y Tukey identificó a las dosis de 0.75% y 1.00% como estadísticamente inferiores al control en penetración de agua. Antecedentes como los de Viera et al. (2022) señalan que las fibras naturales y sintéticas disminuyen la conectividad de poros, mejorando la impermeabilidad del concreto. Según Mehta & Monteiro (2014), este efecto se debe a que las fibras interfieren en la red capilar y densifican la microestructura. El aporte de este estudio radicó en demostrar que, además de beneficios mecánicos, las fibras recicladas contribuyen a la durabilidad del concreto, reduciendo su permeabilidad y su vulnerabilidad frente a agentes agresivos.

Sobre el objetivo general, de evaluar el uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto, analizando su efecto en la resistencia a compresión, resistencia a flexión y permeabilidad. Los resultados obtenidos evidenciaron mejoras significativas en todas las variables evaluadas con la incorporación de fibras, particularmente con la dosis de 1.00%. En términos estadísticos, las pruebas ANOVA y t confirmaron que los incrementos en resistencia a compresión ($p = 0.000$) y flexión ($p = 0.029$), así como la reducción en permeabilidad ($p = 0.000$), fueron significativos. Antecedentes como los de Rezende et al. (2021) y Silva et al. (2021) han demostrado que la adición de fibras celulósicas provenientes de papel reciclado puede mejorar propiedades mecánicas y de durabilidad en materiales cementicios, lo que coincide con los hallazgos de este estudio. Desde el punto de vista teórico, el refuerzo con fibras en materiales compuestos se explica por el efecto de puenteo, que limita la propagación de microfisuras y mejora la tenacidad de la matriz cementicia (Neville & Brooks, 2010). Las fibras de celulosa, al ser hidrófilas y con estructura microporosa, pueden absorber parte del agua de amasado, lo que contribuye a una hidratación más uniforme y a la reducción de la conectividad capilar, disminuyendo así la permeabilidad (Sarah et al., 2023). El aporte principal de esta investigación radicó en validar que la incorporación de fibras de celulosa reciclada de papel, hasta un 1.00% respecto al peso del cemento, no compromete la resistencia mecánica, e incluso mejora la durabilidad del concreto. Se confirma así que es posible producir un material estructuralmente confiable y con menor impacto ambiental, alineado con los principios de sostenibilidad y economía circular, aportando una alternativa viable para la construcción en contextos de recursos limitados y exigencias de desempeño duradero (Mehta & Monteiro, 2014).

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

Respecto a la variación de la resistencia a compresión, la incorporación de fibras de celulosa reciclada de papel en dosis de 0.25%, 0.50%, 0.75% y 1.00%, permitió superar la resistencia de diseño de 210 kg/cm², alcanzando valores máximos de 227.42 kg/cm² con 1.00% de fibra. Esto demostró que la adición de fibras, en proporciones controladas, mejoró ligeramente la resistencia a compresión del concreto, validando su uso como aditivo sostenible y técnicamente viable.

Concerniente a la influencia de la dosis óptima en la resistencia a la flexión, bajo el 1.00% de fibra de celulosa reciclada de papel, permitió mantener la resistencia a la flexión a niveles similares al concreto convencional (21.63 kg/cm² frente a 21.47 kg/cm²), sin diferencias significativas. Esto indicó que la incorporación de fibras no afectó negativamente la capacidad flexional del concreto, garantizando su aplicabilidad estructural.

En cuanto al comportamiento de la permeabilidad, la adición de fibras redujo progresivamente la penetración máxima de agua, pasando de 42.92 mm en el concreto convencional a 33.16 mm con 1.00% de fibra, disminuyendo la permeabilidad en un 22.70%. Esto confirmó que la celulosa reciclada mejoró la durabilidad del concreto al limitar la entrada de agua.

La incorporación de fibras de celulosa reciclada de papel en el concreto mejoró significativamente su comportamiento mecánico, cuya dosis de 1.00% obtuvo el mejor desempeño global, incrementando la compresión en un 8.30%, la flexión en un 0.74% y redujo la penetración de agua en un 22.70% respecto al concreto patrón, demostrando que es posible producir concretos más resistentes y durables.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda optimizar la dosificación de fibras, evaluando rangos intermedios como 0.60%, 0.80% o 1.20%, con el fin de identificar con mayor precisión, la cantidad óptima, que permita maximizar la resistencia a compresión y reducir la permeabilidad del concreto, considerando la variabilidad de los materiales y recursos disponibles en cada zona.

Asimismo, es conveniente ampliar la investigación hacia otras propiedades mecánicas y de durabilidad, como la resistencia a tracción, el módulo de elasticidad, la retracción y el comportamiento frente a ciclos de humedad y sequedad, ya que estos parámetros también son relevantes para el desempeño a largo plazo de las estructuras.

Finalmente, se recomienda llevar a cabo estudios piloto en elementos estructurales reales e incluir un análisis de ciclo de vida, que cuantifique el impacto ambiental positivo derivado de la sustitución parcial de cemento por fibras recicladas. Esto permitiría generar evidencia técnica y ambiental sólida para promover la adopción de esta alternativa en las normativas locales de construcción sostenible.

Referencias bibliográficas

- American Concrete Institute. (2018). *ACI 318-18: Building code requirements for structural concrete*. ACI.
- American Society for Testing and Materials. (2021). *ASTM C39/C39M-21: Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens*. ASTM.
- American Society for Testing and Materials. (2021). *ASTM C78/C78M: Standard test method for flexural strength of concrete (using simple beam with third - point loading)*. ASTM
- American Society for Testing and Materials. (2020). *ASTM C143/C143M-20: Standard test method for slump of hydraulic-cement concrete*. ASTM.
- Bentur, A., & Mindess, S. (2019). *Fibre reinforced cementitious composites* (2nd ed.). CRC Press.
- Castro, J. H. Romero, R. B., Vásquez, M. C., & Arriola, C. G. (2020). *Influence of coconut shell and fiber in hot mixtures asphalt*, Rev. Ing. Ciencia, Tecnol. e Innovación. <https://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/1506/2119>
- Chahuayo Quispe, G. M., & Chahuayo, N. C. (2019). *Influencia del papel reciclado en forma redondeada en la resistencia a la compresión del concreto en la ciudad de Huancavelica*. Universidad Nacional de Huancavelica. <https://repositorio.unh.edu.pe/items/e498fe58-e556-40fc-9ed6-5f56df1e1a5e>
- Chung, C., Nezerka, V., & colaboradores. (2023). *Mechanical and durability performance of concrete reinforced with wastepaper fibers and metakaolin*. Construction and Building Materials.
- Cuba, E. N. (2024). *Influencia de la adición de la fibra de agave sisalana en la resistencia mecánica del concreto para pavimentos rígidos Ayacucho – 2023*. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga (UNSCH).
- De La Torre, E., Álvarez., Risco, A., & Del Aguila, S. (2022). *Circular economy and recycling in Peru*. In Sustainability in Latin America (pp. 55 - 78). Springer.
- Feria, G. D. (2021). *Efecto de la CBCA de caña brava en los morteros de cemento hidráulico*. Universidad de Piura (UDEP).
- Fernando, J., & Gunasekara, H. (2023). *Sustainable cement composite integrating waste cellulose fibre: a comprehensive review*. Polymers, 15(3), 520. <https://doi.org/10.3390/polym15030520>
- García, P. M., & Ortiz Mandujano, C. R. (2020). *Efecto de la incorporación de celulosa del papel bond reciclado en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$* , Lima – 2020. Universidad César Vallejo. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_b843db58a77d8e2b651e73710e337d27
- Hernández, O., Alvarado, R., Medina, E., Burneo, V., Suárez, A., & Zúñiga, R. (2020). *Short sugarcane bagasse fibers cementitious composites for building construction*. Constr. Build. Mater. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118451>.
- Huaman, T. O. (2023). *Caracterización mecánica del concreto adicionando fibras de sisal*. Universidad Señor de Sipán (USS).

- Huamani, P. P. (2024). *Influencia de la adición de la fibra de coco en la impermeabilización y resistencia del concreto para reservorios de agua potable, Ayacucho – 2023*. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH).
- Instituto Nacional de Calidad. (2022). *NTP 339.034:2022: Concreto: Método de ensayo para la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto*. INACAL.
- Instituto Nacional de Calidad. (2022). *NTP 339.046:2022: Concreto: Método de ensayo para la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire del concreto*. INACAL.
- Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2014). *Concrete: Microstructure, properties, and materials (4th ed.)*. McGraw - Hill Education.
- Miranda, E. A. (2021). *Comportamiento mecánico del concreto con adición de fibras naturales (bagazo de caña) y fibras sintéticas (polipropileno)*. Universidad Militar Nueva Granada (UMNG).
- Mohd Syahrul Hisyam Mohd Sani, Fadhluhartini Muftah, & Ahmad Rasidi Osman. (2018). *Preliminary study of compressive strength of concrete incorporated with waste paper fibres*. *Solid State Phenomena*, 279, 255-260. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/SSP.279.255>
- Municipalidad Provincial de Huamanga. (2024). *Reporte anual de gestión de residuos sólidos 2023*. Huamanga: Gerencia de Medio Ambiente.
- Neville, A. M., & Brooks, J. J. (2010). *Concrete technology (2nd ed.)*. Prentice Hall.
- Palacios Huamani, Luis Alberto (2023). *Incidencia de la celulosa de papel reciclado (CPR) en la durabilidad del concreto*. Investigación RENATI.
- Palacios Huamani, Luis Alberto. (2023). *Incidencia de la celulosa de papel reciclado en la durabilidad del concreto $f'c = 310 \text{ kg/cm}^2$ frente a agentes químicos*. UCV. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_fabfbcc43bdd038db5c788f36e8a98d3
- Sarah, F., Gunasekara, Ch., Shahpasandi, A., Nguyen, K., Massoud, S., Sujeeva, S., Priyan, M., & Tareq, R. (2023). *Sustainable cement composite integrating waste cellulose fibre: A comprehensive review*. MDPI Polymers.
- Shahmirzadi, M. R., Gholampour, A., Hosseini, S. A., Ngo, T. D., & Nematzadeh, M. (2024). *Wastepaper fiber-reinforced concrete containing metakaolin: Effect on fracture behavior*. *Structural Concrete*, 25(4), 2931-2946. <https://doi.org/10.1002/suco.202300849>
- Solahuddin, B. A., & Yahaya, F. M. (2021). *Effect of shredded waste paper on properties of concrete*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 682, Article 012006. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/682/1/012006>
- Suco, L. (2023). *Wastepaper fiber - reinforced concrete containing metakaolin*. Journal of Sustainable Construction Materials and Technologies.
- Torres, C. T. (2023). *Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de bloques de concreto tipo P usando fibras de celulosa de papel reciclado*. Universidad Señor de Sipán (USS).
- Valizadeh Kiamahalleh, M., Gholampour, A., Rezaei Shahmirzadi, M., Ngo, T. D., & Ozbakkaloglu, T. (2024). *Mechanical, durability, and microstructure assessment of wastepaper fiber-reinforced concrete containing metakaolin*. *Materials*, 17(11), 2608. <https://doi.org/10.3390/ma17112608>

- Viera, P., Morillo, D., & Parion, J. (2022). *Influencia de fibras naturales y sintéticas en la permeabilidad de morteros de cemento - arena, y cemento, cal y arena*. FIGEMPA Investigación y Desarrollo.
- Wang, L., Chen, Y., & Zhao, H. (2022). *Performance of pervious concrete incorporating recycled cellulosic fibers: Mechanical strength, permeability, and durability analysis*. Journal of Sustainable Construction Materials.

Anexos

a) Matriz de consistencia

Tabla 42

Matriz de consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	V. Independiente	Dimensiones	Indicadores	Metodología
Problema general ¿Cómo influye el uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo en el concreto en su resistencia a compresión y permeabilidad?	Objetivo general Evaluar el efecto del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo en el concreto sobre su resistencia a compresión y permeabilidad.	Objetivo general El uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo en el concreto, mejora su comportamiento frente a la permeabilidad sin comprometer significativamente su resistencia a compresión.	Uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo en el concreto	Dosificación (% respecto al peso del cemento). Forma de incorporación (seca, prehumedecida).	Proporción de fibra (%). Preparación del aditivo.	Tipo de investigación: Aplicada Enfoque: Cuantitativo Alcance: Explicativo Diseño: Experimental Población: 75 probetas cilíndricas de concreto de 6" de diámetro y 12" de altura ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$). Muestra: 60 probetas cilíndricas para rotura por compresión, 15 probetas cilíndricas para permeabilidad del concreto y 24 probetas prismáticas para rotura por flexión. Muestreo: No probabilístico. Técnicas: Ensayos de laboratorio para concreto endurecido. Observación directa y sistemática. Instrumentos: Pala, cuchara, tamices, horno, moldes, wincha, vernier, cono de Abrams, prensa hidráulica, olla de Washington, martillo de goma, varilla lisa, etc.
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	V. Dependiente	Dimensiones	Indicadores	
¿Qué efecto tiene la dosificación de fibras de celulosa reciclada de papel en la resistencia a compresión del concreto?	Determinar la variación de la resistencia a compresión del concreto al incorporar fibras de celulosa reciclada de papel.	La resistencia a la compresión del concreto incrementa, a medida que la dosificación de fibra de celulosa reciclada de papel aumenta.	VD1: Resistencia a la compresión del concreto.	Capacidad mecánica de compresión.	$f'c$ a 7, 14 y 28 días (kg/cm^2)	
¿De qué manera influye la dosis óptima experimental de fibra de celulosa reciclada de papel, determinada a partir de los resultados de compresión, en la resistencia a la flexión del concreto?	Evaluar la influencia de la dosis óptima de fibra de celulosa reciclada de papel, sobre la resistencia a la flexión del concreto.	La dosis óptima de fibra de celulosa reciclada de papel, aumenta la resistencia a la flexión del concreto.	VD2: Resistencia a la flexión del concreto.	Capacidad mecánica de flexión.		
¿Cómo varía la permeabilidad del concreto al incorporar fibras de celulosa reciclada de papel en diferentes proporciones?	Analizar el comportamiento de la permeabilidad del concreto con diferentes porcentajes de celulosa reciclada de papel.	La adición controlada de fibras de celulosa reciclada de papel, disminuye la permeabilidad del concreto.	VD3: Permeabilidad del concreto.	Capacidad de absorción/penetración de agua.	Tasa de permeabilidad o absorción (%) a los 60 días	

b) Carta de autorización de laboratorio**CARTA DE AUTORIZACIÓN**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO – CHICLAYO EIRL, con RUC N°20561193372, domicilio en Av. Augusto B. Leguía N° 287 Simón Bolívar (Vía de evitamiento km. 787+080) - Chiclayo.

ASUNTO: Autorización de realización de ensayos de laboratorio para tesis denominada: **“Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a la compresión y permeabilidad”**.

Consta por el presente documento, que el tesista **JOEL ANDAMAYO QUIHUI**, identificado con DNI N° **71761080**, ha realizado los ensayos convencionales y experimentales de su tesis en nuestras instalaciones, como parte de su formación profesional, desde el 19 de mayo del 2025 hasta el 27 de junio del 2025.

Se expide la presente a solicitud del interesado para los fines que crea conveniente.

Chiclayo, 27 de junio del 2025



LMSCEACH
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO
JORGE ARRIBAL TORAFASCA PARTA
COORDINADOR

c) Declaración jurada de laboratorio



DECLARACIÓN JURADA

Chiclayo, 27 de junio del 2025

El que suscribe **SR. JORGE TOMAPASCA PANTA**, identificado con DNI N°41562471, representante legal de la empresa **LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO – CHICLAYO E.I.R.L.**, declaro bajo juramento que las pruebas y ensayos realizados en el Laboratorio **LMSCEACH**, se han realizado de conformidad con las Normas Técnicas y estándares establecidos para este tipo de trabajo. Por lo que los ensayos realizados para la Tesis: **“EVALUACIÓN DEL USO DE FIBRAS DE CELULOSA RECICLADA DE PAPEL COMO ADITIVO SOSTENIBLE EN EL CONCRETO: EFECTO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD”**, a cargo de **ANDAMAYO QUIHUI JOEL**, se han realizado por nuestra empresa bajo estas consideraciones.

En señal de aceptación, suscribe la presente:

LMSCEACH E.I.R.L.



LMSCEACH
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO – CHICLAYO E.I.R.L.

Atentamente

Jorge Tomapasca Panta: DNI N° 41562471

Tec. Coordinador de Laboratorio

d) Informes de laboratorio



**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO
RUIZ GALLO**
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS
UNIDAD DE SERVICIOS TÉCNICOS



REPORTE DE ANÁLISIS N° 85 – 2025 – FIQA

1. TESIS	: Joel Andamayo Quihui
2. DNI	: 71761080
3. TESIS	: Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a la compresión y permeabilidad
4. UNIVERSIDAD	: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
5. ESCUELA	: Ingeniería Civil

1. DATOS DE LA MUESTRA

Número de muestras: 05

Fecha de monitoreo: 19/05/2025

2. RESULTADOS DE ANÁLISIS FISCOQUÍMICO

Determinación de pH para diseño de mezcla de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con sustitución de cemento portland tipo I en 0.25%, 0.50%, 0.75% y 1.00% por adición de fibra de celulosa de papel reciclado.

ADICIÓN	pH
Convencional	12.72
0.25% FCRP	12.56
0.50% FCRP	12.57
0.75% FCRP	12.61
1.00% FCRP	12.61

Dosificaciones: 1 cemento: 2 agregado fino: 2 agregado grueso

Leyenda:

FCRP: Fibra de celulosa de papel reciclado



3. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos fueron realizados en el Laboratorio de Investigación y Servicios Técnicos de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, siguiendo estrictos estándares de calidad. El potenciómetro de mesa totalmente calibrado.

Firma	 INGENIERO QUÍMICO REG. CIP. 111172-	Firma	 DEGANO UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS LAMBAYEQUE
Analista	Ing. Cristian David Visconde Beltrán	V°B°	Dr. César Augusto Monteza Arbulú
Fecha del Análisis		19 de mayo del 2025	

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.

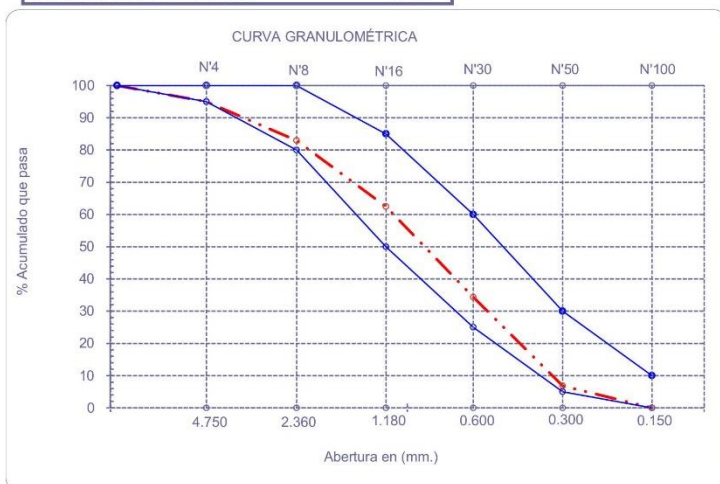


Tesista : Joel Andamayo Quihui
Universidad : Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a la compresión y permeabilidad
Lugar : Ayacucho, Huamanga - Perú
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025

Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino
 Referencia : Norma ASTM C-136 ó N.T.P. 400.012

Muestra : Arena gruesa - Cantera Chillicoahuaco
P. Inicial H. : 772.0
P. Inicial S. : 762.0
% de Humedad = 1.31

Malla		Peso Ret.	(%) Ret.	(%) Acum. Ret.	(%) Acum. Que Pasa	Especificaciones	
Pulg.	(mm.)						
1/2"	12.700	0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.500	0	0.0	0.0	100.0	100	100
Nº 04	4.750	38	5.0	5.0	95.0	95	100
Nº 08	2.360	92	12.1	17.1	82.9	80	100
Nº 16	1.180	156	20.5	37.5	62.5	50	85
Nº 30	0.600	214	28.1	65.6	34.4	25	60
Nº 50	0.300	210	27.6	93.2	6.8	5	30
Nº 100	0.150	52.0	6.8	100.0	0.0	0	10
Fondo		0	0.0	100.0	0.0		
Módulo de Fineza				3.184			
Abertura de malla de referencia				9.500			



Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.

Revisado por:


MARCOS LUIS CHUQUILIN VERGARA
 INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
 Registro CIP N° 360275


LMSCEACH
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO
 JORGE LUJÁN YUPA PACA SANTA
 INGENIERO CIVIL ESPECIALIZADO EN SUELOS Y PAVIMENTOS

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 BITELE: 990336658 CORREO: lmsceach@hotmail.com / George3062@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.



Tesista : Joel Andamayo Quihui
Universidad : Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
 : Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como
Tesis : aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a la
 compresión y permeabilidad
Lugar : Ayacucho, Huamanga - Perú
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025

Ensayo : Peso unitario del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

Muestra : Arena gruesa - Cantera Chillicoahuico

1.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(g)	8350	8520
2.- Peso del recipiente	(g)	0.0	0.0
3.- Peso del material		8350	8520
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00548	0.00548
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1524	1555
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1519	

2.- PESO UNITARIO COMPACTADO


1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(g)	9620	9770
2.- Peso del recipiente	(g)	0.0	0.0
3.- Peso del material		9620	9770
4.- Constante ó volumen	(m ³)	0.00548	0.00548
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1755	1783
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1746	

Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.

Revisado por:


MARCOS LUIS CHUQUILIN VERGARA
 INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
 Registro CIP N° 360275


LMSCEACH
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO
 JORGE ANIBAL TOMAPASCA SANTA
 TÉCNICO EN SUELOS Y PAVIMENTOS

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 BITEL: 990336658 CORREO: lmsceach@hotmail.com / George3062@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.

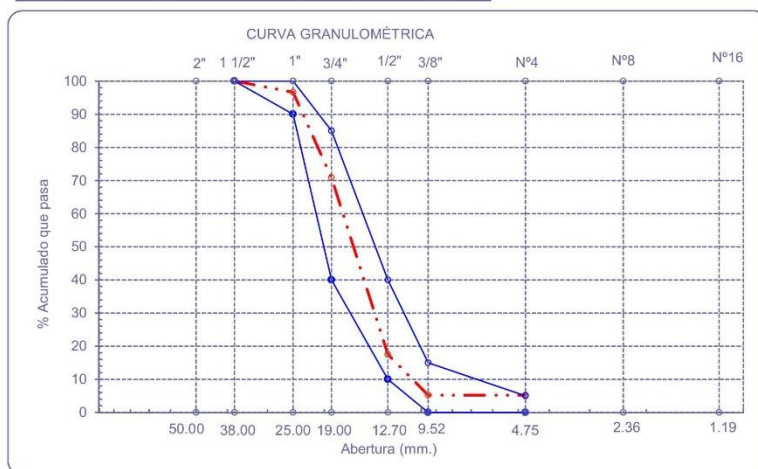


Tesista : Joel Andamayo Quihui
Universidad : Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a la compresión y permeabilidad
Lugar : Ayacucho, Huamanga - Perú
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025

Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-136 6 N.T.P. 400.012

Muestra : Piedra chancada 3/4" - Cantera Chillicoahuaco **P. Inicial H.** 2320 **% de Humedad =** 0.43
P. Inicial S. 2310

Malla		Peso Ret.	(% Ret.)	(% Acum. Ret.)	(% Acum. Que Pasa)	Especificaciones USO 56	
Pulg.	(mm.)					Ret.	Ret.
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1"	25.00	78.0	3.4	3.4	96.6	90.0	100.0
3/4"	19.00	596.0	25.8	29.2	70.8	40.0	85.0
1/2"	12.70	1232.0	53.3	82.5	17.5	10.0	40.0
3/8"	9.52	284.0	12.3	94.8	5.2	0.0	15.0
Nº 04	4.75	0.0	0.0	94.8	5.2	0.0	5.0
Nº 08	2.36	30.0	1.3	96.1	3.9	0.0	0.0
Nº 16	1.19	6.0	0.3	96.4	3.6	0.0	0.0
Fondo		0.7	0.0	96.4	3.6		
Tamaño Máximo			1"	38.00			
Tamaño Máximo Nominal			3/4"	25.00			



Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.

Revisado por:


MARCOS LUIS CHUQUILIN VERGARA
 INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
 Registro CIP N° 360275


LMSCEACH
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO
 JORGE HUMBERTO TAPASCAS SANTA
 T.E.C. DE SUELOS Y FUNDACIONES

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218
 BITEL: 990336658 CORREO: lmsceach@hotmail.com / George3062@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.



Tesista : Joel Andamayo Quihui
Universidad : Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
 : Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como
Tesis : aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a la
 compresión y permeabilidad
Lugar : Ayacucho, Huamanga - Perú
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025

Ensayo : Peso unitario del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

Muestra : Piedra chancada 3/4" - Cantera Chillico Huaico

A.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(g)	7920	7990
2.- Peso del recipiente	(g)	0.0	0.0
3.- Peso del material		7920	7990
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00544	0.00544
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1455	1468
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1455	

B.- PESO UNITARIO COMPACTADO


1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(g)	8370	8390
2.- Peso del recipiente	(g)	0.0	0.0
3.- Peso del material		8370.0	8390.0
4.- Constante ó volumen	(m ³)	0.00544	0.00544
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1538	1541
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1534	

Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.

Revisado por:


MARCOS LUIS CHUQUILIN VERGARA
 INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
 Registro CIP N° 360275


LMSCEACH
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO
 JORGE ANIBAL TOMAPASCA SANTA
 T.E.C. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 BITEL: 990336658 CORREO: lmsceach@hotmail.com / George3062@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.



Tesista : Joel Andamayo Quihui
Universidad : Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a la compresión y permeabilidad
Lugar : Ayacucho, Huamanga - Perú
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025

Ensayo : Contenido de humedad del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Muestra : Arena gruesa - Cantera Chillico Huaico

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(g)	772	772
B.- Peso de muestra seca	(g)	762	762
C.- Peso de recipiente	(g)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	1.31	1.31
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	1.31	

Ensayo : Contenido de humedad del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Muestra : Piedra chancada 3/4" - Cantera Chillico Huaico

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(g)	6110	6110
B.- Peso de muestra seca	(g)	6090	6090
C.- Peso de recipiente	(g)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.3	0.3
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.33	

Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.

Revisado por:


MARCOS LUIS CHUQUILIN VERGARA
 INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
 Registro CIP N° 360275


LMSCEACH
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO
 JOSÉ ABEL TOROPASCA SANTA
 T.E.C. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 BÍTEL: 990336658 CORREO: lmsceach@hotmail.com / George3062@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.



Tesista : Joel Andamayo Quihui
Universidad : Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a la compresión y permeabilidad
Lugar : Ayacucho, Huamanga - Perú
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025

Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado fino

Referencia : Norma ASTM C-128 ó N.T.P. 400.022

Muestra : Arena gruesa - Cantera Chillicohuaico

I.- Datos.

1.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + f	(g)	949.9	949.9
2.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	642.77	642.77
3.- Peso del Agua	(g)	307.08	307.08
4.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasco	(g)	642.09	642.09
5.- Peso del Frasco	(g)	142.77	142.77
6.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	499	499
7.- Volumen del frasco	(g)	500	500

II.- Resultados

A.- PESO ESPECÍFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.588
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.592
C.- PESO ESPECÍFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.597
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.14

Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado grueso

Referencia : Norma ASTM C-127 ó N.T.P. 400.021

Muestra : Piedra chancada 3/4" - Cantera Chillicohuaico

I.- Datos.

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	1610	1560
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	1620	1580
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del ca	(g)	1850	1820
4.- Peso de la canastilla	(g)	880	880
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	970	940

II.- Resultados

A.- PESO ESPECÍFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.457
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.481
C.- PESO ESPECÍFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.516
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.95

Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.

Revisado por:


MARCOS LUIS CHÓQUILIN VERGARA
 INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
 Registro CIP N° 360275


LMSCEACH
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO
 CHICLAYO - PERÚ
 JORGE MANUEL TERRAFACÍA ARAYA
 INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
 REGISTRO CIP N° 360275

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.



Tesista : Joel Andamayo Quihui
Universidad : Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
 : Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a la compresión y permeabilidad
Tesis
Lugar : Ayacucho, Huamanga - Perú
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025

AGREGADOS :

Agregado fino :

Cantera	: Arena gruesa - Cantera Chillicoahuico
1.- Peso específico de masa	2.588 g/cm ³
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.5917 g/cm ³
3.- Peso unitario suelto	1519 kg/m ³
4.- Peso unitario compactado	1746 kg/m ³
5.- % de absorción	0.14 %
6.- Contenido de humedad	1.31 %
7.- Módulo de fineza	3.184

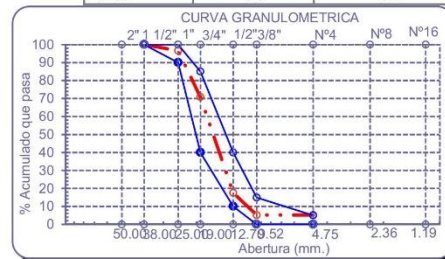
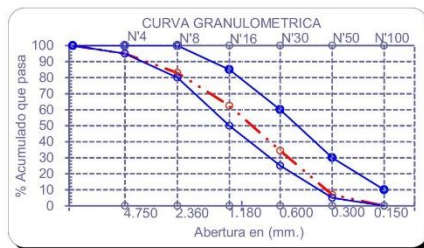
Agregado grueso :

Cantera	: Piedra chancada 3/4" - Cantera Chillicoahuico
1.- Peso específico de masa	2.457 g/cm ³
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.481 g/cm ³
3.- Peso unitario suelto	1455 kg/m ³
4.- Peso unitario compactado	1534 kg/m ³
5.- % de absorción	0.95 %
6.- Contenido de humedad	0.33 %
7.- Tamaño máximo	1" pulg
8.- Tamaño máximo nominal	3/4" pulg

Granulometría :

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/8"	0.0	100.0
Nº 04	5.0	95.0
Nº 08	12.1	82.9
Nº 16	20.5	62.5
Nº 30	28.1	34.4
Nº 50	27.6	6.8
Nº 100	6.8	0.0
Fondo	0.0	0.0

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
2"	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	100.0
1"	3.4	96.6
3/4"	25.8	70.8
1/2"	53.3	17.5
3/8"	12.3	5.2
Nº 04	0.0	5.2
Nº 08	1.3	3.9
Nº 16	0.3	3.6
Fondo	0.0	3.6



Observaciones:
 El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.

Revisado por:

MARCOS LUIS CHUQUILIN VERGARA
 INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
 Registro CIP N° 360275

LMSCEACH
 JOSE LUIS TOMAZASCA BASTAR
 ING. EN PUEBLOS Y TERRITORIOS

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 BITEL:
 990336658 CORREO: lmsceach@hotmail.com / George3062@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.

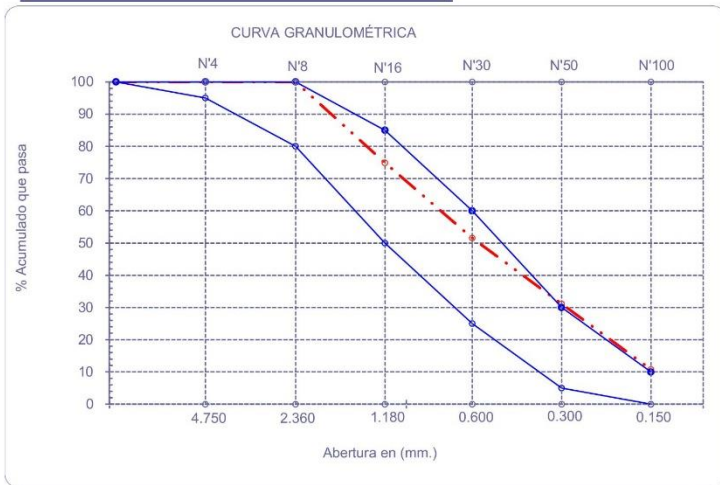


Tesista : Joel Andamayo Quihui
Universidad : Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a la compresión y permeabilidad
Lugar : Ayacucho, Huamanga - Perú
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025

Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado de finos para celulosa de papel reciclado
 Referencia : Norma ASTM C-136 ó N.T.P. 400.012

Muestra : Fibra de celulosa de papel reciclado **P. Inicial H.** 55.0 **% de Humedad =** 10.00
P. Inicial S. 50.0

Malla		Peso Ret.	(%) Ret.	(% Acum. Ret.	(% Acum. Que Pasa	Especificaciones	
Pulg.	(mm.)						
1/2"	12.700	0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.500	0	0.0	0.0	100.0	100	100
Nº 04	4.750	0	0.0	0.0	100.0	95	100
Nº 08	2.360	0	0.0	0.0	100.0	80	100
Nº 16	1.180	12.54	25.1	25.1	74.9	50	85
Nº 30	0.600	11.687	23.4	48.5	51.5	25	60
Nº 50	0.300	10.204	20.4	68.9	31.1	5	30
Nº 100	0.150	10.2	20.4	89.2	10.8	0	10
Fondo		5.39	10.8	100.0	0.0		
Módulo de Fineza				2.316			
Abertura de malla de referencia				9.500			



Observaciones:
 El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.

Revisado por:

MARCOS LUIS CHUQUILIN VERGARA
 INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
 Registro CIP Nº 360275

LMSCEACH
 JOSE LUIS URPASECA ARTA
 TEC. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo, Telef.: 074-437218 BITELE: 990336658 CORREO: lmsceach@hotmail.com / George3062@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.



Tesista : Joel Andamayo Quihui
Universidad : Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a la
Lugar : Ayacucho, Huamanga - Perú
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025

Ensayo : Contenido de humedad para muestras finas
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Muestra : Fibra de celulosa de papel reciclado

I.- Datos

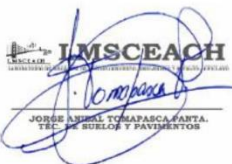
A.- Peso de muestra húmeda	(g)	55	55
B.- Peso de muestra seca	(g)	50	50
C.- Peso de recipiente	(g)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	10.00	10.00
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	10.00	

Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.

Revisado por:


MARCOS LUIS CHUQUILÍN VERGARA
 INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
 Registro CIP N° 360275


LMSCEACH
 E.I.R.L.
 CHICLAYO
JORGE ANSEL TORRES PASCA ARTA
 T.E.C. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 BITEL: 990336658 CORREO: lmsceach@hotmail.com / George3062@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.



Tesista : Joel Andamayo Quihui
Universidad : Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a la compresión y permeabilidad
Lugar : Ayacucho, Huamanga - Perú
Fecha de emisión : 19 de mayo del 2025

Ensayo : Peso específico y Absorción de la celulosa de papel reciclado

Referencia : Norma ASTM C-128 ó N.T.P. 400.022

Muestra : Fibra de celulosa de papel reciclado

I.- Datos.

1.- Peso de la muestra Sup. Seca + Peso del Frasco +	(g)	917.2	917.2
2.- Peso de la muestra Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	642.77	642.77
3.- Peso del Agua	(g)	274.45	274.45
4.- Peso de la muestra Secada al Horno + Peso del Frasco	(g)	642.07	642.07
5.- Peso del Frasco	(g)	142.77	142.77
6.- Peso de la muestra Secada al Horno	(g)	499	499
7.- Volumen del frasco	(g)	500	500

II.- Resultados


A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.214
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.217
C.- PESO ESPECÍFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.221
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.14

Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.

Revisado por:


MARCOS LUIS CHUQUILÍN VERGARA
 INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
 Registro CIP N° 360275


LMSCEACH
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO
 CHICLAYO
 JORGE ABEL TOROPASCA SANTA
 T.E.C. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 BITEL: 990336658 CORREO: lmsceach@hotmail.com / George3062@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.



Universidad : Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
Escuela : Ingeniería Civil
Tesista : Joel Andamayo Quihui
Tesis : Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a la compresión y la permeabilidad
Ubicación : Ayacucho, Huamanga - Perú
Ensayo : Diseño de mezcla de concreto convencional sin aditivo
Referencia : Comité ACI 211.

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO CONVENCIONAL - ACI 211 ($f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

<u>Datos generales</u>		<u>Datos del cemento</u>	
Construcción =	Columnas	Tipo =	Andino - Tipo I
$f_c =$	210.00 kg/cm^2 (resistencia a la compresión del concreto)	Peso =	42.50 kg (peso de la bolsa de cemento)
$\gamma_a =$	1000.00 kg/m^3 (peso específico del agua)	$\gamma_c =$	3.11 g/cm^3 (peso específico del cemento)
a =	Potable l (agua potable)	Mezcla =	Con aire incorporado

<u>Datos de agregados</u>			
<u>Agregado fino (arena gruesa)</u>	<u>Agregado grueso (piedra chancada)</u>		
Peso unitario suelto seco =	1519.00 kg/m^3	Peso unitario suelto seco =	1455.00 kg/m^3
Peso unitario compactado seco =	1746.00 kg/m^3	Peso unitario compactado seco =	1534.00 kg/m^3
Peso específico del agregado fino =	2.59 g/cm^3	Peso específico del agregado grueso =	2.46 g/cm^3
Grado de absorción =	0.14 %	Grado de absorción =	0.95 %
Contenido de humedad =	1.31 %	Contenido de humedad =	0.33 %
Módulo de fineza =	3.18	Módulo de fineza =	-
Tamaño máximo nominal (TMN) =	- in	Tamaño máximo nominal (TMN) =	0.75 in
Cantera de procedencia =	Chillicoehuaico	Cantera de procedencia =	Chillicoehuaico

1. Resistencia a la compresión requerida (f_{cr}):

$f_c = 210.00 \text{ kg/cm}^2$
 $f_{cr} = 294.00 \text{ kg/cm}^2$

2. Selección del asentamiento:

Asentamiento = 4.00 in
 Consistencia = Plástica (trabajable - vibración ligera chuseada)

3. Contenido de aire atrapado:

TMN = 0.75 in
 Aire atrapado = 5.00 %

4. Relación agua/cemento (a/c):

$f_{cr} = 294.00 \text{ kg/cm}^2$
 a/c = 0.468

5. Peso del agua (a):

a = 184.00 l (peso del agua por m^3 de concreto)
 a = 184.00 kg (peso del agua por m^3 de concreto)

6. Peso del cemento (c):

$$c = 392.83 \text{ kg (peso del cemento por m}^3 \text{ de concreto)}$$

6.1 Factor cemento (fc):

$$fc = 9.24 \text{ bls (factor cemento)}$$

7. Volumen del agregado grueso:

$$TMN = 0.75 \text{ in}$$

$$MF = 3.18 \text{ (módulo de finza del agregado fino)}$$

$$\text{Volumen de agregado grueso} = 0.58 \text{ m}^3 \text{ (volumen del agregado grueso compactado seco)}$$

7.1 Peso total del agregado grueso (P.U.C.S):

$$P.U.C.S = 1534.00 \text{ kg/m}^3 \text{ (peso unitario compactado seco del agregado grueso)}$$

$$\text{Total} = 892.17 \text{ kg (peso agregado grueso por m}^3 \text{ de concreto)}$$

8. Volumen absoluto de los materiales para el concreto:**8.1 Volumen absoluto del cemento:**

$$c = 392.83 \text{ kg (peso del cemento por m}^3 \text{ de concreto)}$$

$$Y_c = 3.11 \text{ g/cm}^3 \text{ (peso específico del cemento)}$$

$$Y_c = 3110.00 \text{ kg/m}^3 \text{ (peso específico del cemento)}$$

$$\text{Vol. Abs. c.} = 0.13 \text{ m}^3 \text{ (volumen absoluto del cemento)}$$

8.2 Volumen absoluto del agregado grueso:

$$\text{Peso A.G.} = 892.17 \text{ kg (peso del agregado grueso por m}^3 \text{ de concreto)} \quad 55.49 \quad \%$$

$$Y_{A.G.} = 2.46 \text{ g/cm}^3 \text{ (peso específico del agregado grueso)}$$

$$Y_c = 2457.00 \text{ kg/m}^3 \text{ (peso específico del agregado grueso)}$$

$$\text{Vol. Abs. A.G.} = 0.36 \text{ m}^3 \text{ (volumen absoluto del agregado grueso)}$$

8.3 Volumen absoluto del agua:

$$a = 184.00 \text{ kg (peso del agua por m}^3 \text{ de concreto)}$$

$$Y_a = 1000.00 \text{ kg/m}^3 \text{ (peso específico del agua)}$$

$$\text{Vol. Abs. a} = 0.18 \text{ m}^3 \text{ (volumen absoluto del agua)}$$

8.4 Volumen absoluto del aire atrapado:

$$\text{Aire} = 5.00 \quad \% \text{ (aire atrapado)}$$

$$\text{Vol. Abs. Aire} = 0.050 \text{ m}^3 \text{ (volumen absoluto del aire)}$$

8.5 Volumen absoluto del agregado fino:

$$\sum \text{Vol. Abs. A.F.} = 0.72 \text{ m}^3 \text{ (sumatoria de volúmenes absolutos)}$$

$$m^3 C^0 = 1.00 \text{ m}^3 \text{ (volumen del concreto por m}^3 \text{)}$$

$$\text{Vol. Abs. a} = 0.28 \text{ m}^3 \text{ (volumen absoluto del agregado fino)}$$

$$Y_{A.F.} = 2.59 \text{ g/cm}^3 \text{ (peso específico del agregado fino)}$$

$$Y_{A.F.} = 2588.00 \text{ kg/m}^3 \text{ (peso específico del agregado fino)}$$

$$\text{Peso A.F.} = 715.77 \text{ kg (peso del agregado fino por m}^3 \text{ de concreto)} \quad 44.51 \quad \%$$

9. Corrección de los agregados:**9.1 Por humedad:**

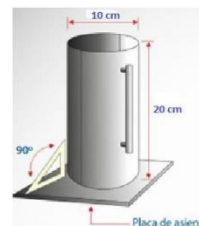
$$A.F. = 725.15 \text{ kg (corrección del agregado fino)} \quad 44.75 \quad \%$$

$$A.G. = 895.12 \text{ kg (corrección del agregado grueso)} \quad 55.25 \quad \%$$

9.2 Por absorción:			
A.F. =	8.37	kg	(corrección del agregado fino)
A.G. =	-5.53	kg	(corrección del agregado grueso)
Σ =	2.84	kg	(agua libre)
Σ =	2.84	l	(agua libre)
10. Agua efectiva:			
a ef. =	181.16	l	(agua efectiva por m ³ de concreto)
a ef. =	181.16	kg	(agua efectiva por m ³ de concreto)
		a/c (corregido) =	0.461
11. Cemento efectivo:			
c ef. =	441.49	kg	(cimento efectivo por m ³ de concreto)
c. ef =	11.00	bls	(cimento efectivo por m ³ de concreto)
12. Proporciones:			
12.1 Por pesos (L/pie³):			
c =	1.00		(cimento)
A.F. =	1.64		(agregado fino) (arena gruesa)
A.G. =	2.03		(agregado grueso) (piedra chancada)
a =	17.44		(agua)
a/c =	0.461		(relación agua/cemento)
12.2 Por volumen (L/pie³):			
c =	1.00		(cimento)
A.F. =	1.41		(agregado fino) (arena gruesa)
A.G. =	1.98		(agregado grueso) (piedra chancada)
a =	17.44		(agua)
12.3 Por bolsa de cemento (42.5 kg):			
c =	42.50	kg	(cimento)
A.F. =	69.81	kg/bls	(agregado fino) (arena gruesa)
A.G. =	86.17	kg/bls	(agregado grueso) (piedra chancada)
a =	19.60	l/bls	(agua)

12.4 Para probetas cilíndricas:

Medidas de la probeta			
H =	0.20	m	(altura)
D =	0.10	m	(diámetro)
Vol. =	0.0024	m ³	(volumen de probeta)
N° =	15.00		(número de probetas)
Vol. Total =	0.04	m ³	(volumen de probetas)
Cantidades por número de probetas			
c =	13.88	kg	(cimento)
A.F. =	25.30	kg	(agregado fino) (arena gruesa)
A.G. =	31.53	kg	(agregado grueso) (piedra chancada)
a =	6.40	l	(agua)



Ayacucho, 21 de mayo del 2025

Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.

Revisado por:


MARCOS LUIS CHUQUILIN VERGARA
 INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
 Registro CIP N° 360275


IMSCEACH
 LABORATORIO DE INVESTIGACIONES Y ANÁLISIS
 JOSÉ ABEL TOROPASCA SANTA
 TÍTULO DE SOBRES Y PATRÓN METRO

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 BTEL: 990336658 CORREO: lmsceach@hotmail.com / George3062@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.



Universidad : Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
Escuela : Ingeniería Civil
Tesista : Joel Andamayo Quihui
Tesis : Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a la compresión y la permeabilidad
Ubicación : Ayacucho, Huamanga - Perú
Ensayo : Diseño de mezcla de concreto experimental sin aditivo (1^{era} adición: 0.25% FCRP)
Referencia : Comité ACI 211.

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO EXPERIMENTAL - ACI 211 (1^{era} adición: 0.25% FCRP) ($f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)**Datos generales**

Construcción = Columnas
 $f'_c = 210.00 \text{ kg/cm}^2$ (resistencia a la compresión del concreto)
 $\gamma_a = 1000.00 \text{ kg/m}^3$ (peso específico del agua)
 a = Potable l (agua potable)
 $FCRP = 0.25 \%$ $\gamma_{CMR} = 2.214 \text{ g/cm}^3$ (p.esp.FCRP)

Datos del cemento

Tipo = Andino - Tipo I
 Peso = 42.50 kg (peso de la bolsa de cemento)
 $\gamma_c = 3.11 \text{ g/cm}^3$ (peso específico del cemento)
 Mezcla = Con aire incorporado
 Sustitución = 0.25 % (sustitución del cemento)

Datos de agregados**Agregado fino (arena gruesa)**

Peso unitario suelto seco = 1519.00 kg/m^3
 Peso unitario compactado seco = 1746.00 kg/m^3
 Peso específico del agregado fino = 2.59 g/cm^3
 Grado de absorción = 0.14 %
 Contenido de humedad = 1.31 %
 Módulo de fineza = 3.18
 Tamaño máximo nominal (TMN) = - in
 Cantera de procedencia = Chillicoahuaico

Agregado grueso (piedra chancada)

Peso unitario suelto seco = 1455.00 kg/m^3
 Peso unitario compactado seco = 1534.00 kg/m^3
 Peso específico del agregado grueso = 2.46 g/cm^3
 Grado de absorción = 0.95 %
 Contenido de humedad = 0.33 %
 Módulo de fineza = -
 Tamaño máximo nominal (TMN) = 0.75 in
 Cantera de procedencia = Chillicoahuaico

1. Resistencia a la compresión requerida (f'_c):

$f'_c = 210.00 \text{ kg/cm}^2$
 $f'_{cr} = 294.00 \text{ kg/cm}^2$

2. Selección del asentamiento:

Asentamiento = 4.00 in
 Consistencia = Plástica (trabajable - vibración ligera chuseada)

3. Contenido de aire atrapado:

TMN = 0.75 in
 Aire atrapado = 5.00 %

4. Relación agua/cemento (a/c):

$f'_{cr} = 294.00 \text{ kg/cm}^2$
 $\text{pH (1}^{\text{era}} \text{ adición)} = 12.56 \%$
 $a/c = 0.594$

5. Peso del agua (a):

$a = 184.00 \text{ l}$ (peso del agua por m^3 de concreto)
 $a = 184.00 \text{ kg}$ (peso del agua por m^3 de concreto)

6. Peso del cemento (c):

$$c = 309.76 \text{ kg (peso del cemento por m}^3 \text{ de concreto)}$$

6.1 Factor cemento (fc):

$$f_c = 7.29 \text{ bls (factor cemento)}$$

7. Volumen del agregado grueso:

$$TMN = 0.75 \text{ in}$$

$$MF = 3.18 \text{ (módulo de finiza del agregado fino)}$$

$$\text{Volumen de agregado grueso} = 0.58 \text{ m}^3 \text{ (volumen del agregado grueso compactado seco)}$$

7.1 Peso total del agregado grueso (P.U.C.S):

$$P.U.C.S = 1534.00 \text{ kg/m}^3 \text{ (peso unitario compactado seco del agregado grueso)}$$

$$\text{Total} = 892.17 \text{ kg (peso agregado grueso por m}^3 \text{ de concreto)}$$

8. Volumen absoluto de los materiales para el concreto:**8.1 Volumen absoluto del cemento:**

$$c = 309.76 \text{ kg (peso del cemento por m}^3 \text{ de concreto)}$$

$$Y_c = 3.11 \text{ g/cm}^3 \text{ (peso específico del cemento)}$$

$$Y_c = 3110.00 \text{ kg/m}^3 \text{ (peso específico del cemento)}$$

$$\text{Vol. Abs. c.} = 0.10 \text{ m}^3 \text{ (volumen absoluto del cemento)}$$

8.2 Volumen absoluto del agregado grueso:

$$\text{Peso A.G} = 892.17 \text{ kg (peso del agregado grueso por m}^3 \text{ de concreto)} \quad 53.20 \quad \%$$

$$Y_{A.G} = 2.46 \text{ g/cm}^3 \text{ (peso específico del agregado grueso)}$$

$$Y_c = 2457.00 \text{ kg/m}^3 \text{ (peso específico del agregado grueso)}$$

$$\text{Vol. Abs. A.G} = 0.36 \text{ m}^3 \text{ (volumen absoluto del agregado grueso)}$$

8.3 Volumen absoluto del agua:

$$a = 184.00 \text{ kg (peso del agua por m}^3 \text{ de concreto)}$$

$$Y_a = 1000.00 \text{ kg/m}^3 \text{ (peso específico del agua)}$$

$$\text{Vol. Abs. a} = 0.18 \text{ m}^3 \text{ (volumen absoluto del agua)}$$

8.4 Volumen absoluto del aire atrapado:

$$\text{Aire} = 5.00 \quad \% \text{ (aire atrapado)}$$

$$\text{Vol. Abs. Aire} = 0.050 \text{ m}^3 \text{ (volumen absoluto del aire)}$$

8.5 Volumen absoluto del agregado fino:

$$\sum \text{Vol. Abs. A.F.} = 0.70 \text{ m}^3 \text{ (sumatoria de volúmenes absolutos)}$$

$$m^3 C^o = 1.00 \text{ m}^3 \text{ (volumen del concreto por m}^3 \text{)}$$

$$\text{Vol. Abs. a} = 0.30 \text{ m}^3 \text{ (volumen absoluto del agregado fino)}$$

$$Y_{A.F.} = 2.59 \text{ g/cm}^3 \text{ (peso específico del agregado fino)}$$

$$Y_{A.F.} = 2588.00 \text{ kg/m}^3 \text{ (peso específico del agregado fino)}$$

$$\text{Peso A.F.} = 784.89 \text{ kg (peso del agregado fino por m}^3 \text{ de concreto)} \quad 46.80 \quad \%$$

9. Corrección de los agregados:**9.1 Por humedad:**

$$A.F. = 795.18 \text{ kg (corrección del agregado fino)} \quad 47.04 \quad \%$$

$$A.G. = 895.12 \text{ kg (corrección del agregado grueso)} \quad 52.96 \quad \%$$

9.2 Por absorción:

A.F. =	9.18	kg (corrección del agregado fino)
A.G. =	-5.53	kg (corrección del agregado grueso)
Σ =	3.65	kg (agua libre)
Σ =	3.65	l (agua libre)

10. Agua efectiva:

a ef. =	180.35	l (agua efectiva por m ³ de concreto)	
a cf. =	180.35	kg (agua efectiva por m ³ de concreto)	a/c (corregido) = 0.582

11. Cemento efectivo:

c ef. =	358.54	kg (cemento efectivo por m ³ de concreto)
c. ef =	9.00	bls (cemento efectivo por m ³ de concreto)

12. Proporciones:**12.1 Por pesos (L/pie³):**

c =	1.00	(cemento)
c =	0.9975	(cemento sustituido en 0.25%)
FCRP =	0.0025	(fibra de celulosa de papel reciclado)
A.F. =	2.22	(agregado fino) (arena gruesa)
A.G. =	2.50	(agregado grueso) (piedra chancada)
a =	21.38	(agua)
a/c =	0.582	(relación agua/cemento)

12.2 Por volumen (L/pie³):

c =	1.00	(cemento)
c =	0.9975	(cemento sustituido en 0.25%)
FCRP =	0.0025	(fibra de celulosa de papel reciclado)
A.F. =	1.91	(agregado fino) (arena gruesa)
A.G. =	2.44	(agregado grueso) (piedra chancada)
a =	21.38	(agua)

12.3 Por bolsa de cemento (42.5 kg):

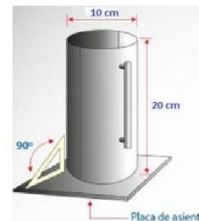
c =	42.50	kg (cemento)
c =	42.39	kg (cemento sustituido en 20%)
FCRP =	0.11	kg (fibra de celulosa de papel reciclado)
A.F. =	94.26	kg/bls (agregado fino) (arena gruesa)
A.G. =	106.11	kg/bls (agregado grueso) (piedra chancada)
a =	24.74	l/bls (agua)

12.4 Para probetas cilíndricas:

Medidas de la probeta	
H =	0.20 m (altura)
D =	0.10 m (diámetro)
Vol. =	0.0024 m ³ (volumen de probeta)
N ^o =	15.00 (número de probetas)
Vol. Total =	0.04 m ³ (volumen de probetas)

Cantidades por número de probetas

c =	10.95	kg (cemento)
c =	10.92	kg (cemento sustituido en 20%)
FCRP =	0.03	kg (fibra de celulosa de papel reciclado)
A.F. =	27.74	kg (agregado fino) (arena gruesa)
A.G. =	31.53	kg (agregado grueso) (piedra chancada)
a =	6.37	l (agua)



Ayacucho, 21 de mayo del 2025

Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.

Revisado por:


MARCOS LUIS CHUQUILLÍN VERGARA
 INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
 Registro CIP N° 360275


IMSCEACH
 JOSÉ HUMBERTO TAPAYACA FARFÁN
 T.S.C. DE PEREJILLO Y PAVIMENTOS

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Telef.: 074-437218 BTEL: 990336658 CORREO: lmsceach@hotmail.com / George3062@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.



Universidad : Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
Escuela : Ingeniería Civil
Tesista : Joel Andamayo Quihui
Tesis : Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a la compresión y la permeabilidad
Ubicación : Ayacucho, Huamanga - Perú
Ensayo : Diseño de mezcla de concreto experimental sin aditivo (2^{da} adición: 0.50% FCRP)
Referencia : Comité ACI 211.

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO EXPERIMENTAL - ACI 211 (2^{da} adición: 0.50% FCRP) ($f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

<u>Datos generales</u>				<u>Datos del cemento</u>	
Construcción =	Columnas			Tipo =	Andino - Tipo I
$f_c =$	210.00	kg/cm^2 (resistencia a la compresión del concreto)		Peso =	42.50 kg (peso de la bolsa de cemento)
$\gamma_a =$	1000.00	kg/m^3 (peso específico del agua)		$\gamma_c =$	3.11 g/cm^3 (peso específico del cemento)
a =	Potable	l (agua potable)		Mezcla =	Con aire incorporado
FCRP =	0.50	% $\gamma_{CMR} =$	2.214 g/cm^3 (p.esp.FCRP)	Sustitución =	0.50 % (sustitución del cemento)
<u>Datos de agregados</u>					
<u>Agregado fino (arena gruesa)</u>			<u>Agregado grueso (piedra chancada)</u>		
Peso unitario suelto seco =	1519.00	kg/m^3	Peso unitario suelto seco =	1455.00	kg/m^3
Peso unitario compactado seco =	1746.00	kg/m^3	Peso unitario compactado seco =	1534.00	kg/m^3
Peso específico del agregado fino =	2.59	g/cm^3	Peso específico del agregado grueso =	2.46	g/cm^3
Grado de absorción =	0.14	%	Grado de absorción =	0.95	%
Contenido de humedad =	1.31	%	Contenido de humedad =	0.33	%
Módulo de finiza =	3.18		Módulo de finiza =	-	
Tamaño máximo nominal (TMN) =	-	in	Tamaño máximo nominal (TMN) =	0.75	in
Cantera de procedencia =	Chillico Huaico		Cantera de procedencia =	Chillico Huaico	

1. Resistencia a la compresión requerida (f_{cr}):

$$f_c = 210.00 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{cr} = 294.00 \text{ kg/cm}^2$$

2. Selección del asentamiento:

$$\text{Asentamiento} = 4.00 \text{ in}$$

$$\text{Consistencia} = \text{Plástica (trabajable - vibración ligera chuseada)}$$

3. Contenido de aire atrapado:

$$\text{TMN} = 0.75 \text{ in}$$

$$\text{Aire atrapado} = 5.00 \%$$

4. Relación agua/cemento (a/c):

$$f_{cr} = 294.00 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{pH (2^{da} adición)} = 12.57 \%$$

$$a/c = 0.594$$

5. Peso del agua (a):

$$a = 184.00 \text{ l (peso del agua por m}^3 \text{ de concreto)}$$

$$a = 184.00 \text{ kg (peso del agua por m}^3 \text{ de concreto)}$$

6. Peso del cemento (c):

$$c = 309.71 \text{ kg (peso del cemento por m}^3 \text{ de concreto)}$$

6.1 Factor cemento (fc):

$$fc = 7.29 \text{ bls (factor cemento)}$$

7. Volumen del agregado grueso:

$$TMN = 0.75 \text{ in}$$

$$MF = 3.18 \text{ (módulo de fineza del agregado fino)}$$

$$\text{Volumen de agregado grueso} = 0.58 \text{ m}^3 \text{ (volumen del agregado grueso compactado seco)}$$

7.1 Peso total del agregado grueso (P.U.C.S):

$$P.U.C.S = 1534.00 \text{ kg/m}^3 \text{ (peso unitario compactado seco del agregado grueso)}$$

$$\text{Total} = 892.17 \text{ kg (peso agregado grueso por m}^3 \text{ de concreto)}$$

8. Volumen absoluto de los materiales para el concreto:**8.1 Volumen absoluto del cemento:**

$$c = 309.71 \text{ kg (peso del cemento por m}^3 \text{ de concreto)}$$

$$Y_c = 3.11 \text{ g/cm}^3 \text{ (peso específico del cemento)}$$

$$Y_c = 3110.00 \text{ kg/m}^3 \text{ (peso específico del cemento)}$$

$$\text{Vol. Abs. c.} = 0.10 \text{ m}^3 \text{ (volumen absoluto del cemento)}$$

8.2 Volumen absoluto del agregado grueso:

$$\text{Peso A.G} = 892.17 \text{ kg (peso del agregado grueso por m}^3 \text{ de concreto)} \quad 53.20 \quad \%$$

$$Y_{A.G} = 2.46 \text{ g/cm}^3 \text{ (peso específico del agregado grueso)}$$

$$Y_c = 2457.00 \text{ kg/m}^3 \text{ (peso específico del agregado grueso)}$$

$$\text{Vol. Abs. A.G} = 0.36 \text{ m}^3 \text{ (volumen absoluto del agregado grueso)}$$

8.3 Volumen absoluto del agua:

$$a = 184.00 \text{ kg (peso del agua por m}^3 \text{ de concreto)}$$

$$Y_a = 1000.00 \text{ kg/m}^3 \text{ (peso específico del agua)}$$

$$\text{Vol. Abs. a} = 0.18 \text{ m}^3 \text{ (volumen absoluto del agua)}$$

8.4 Volumen absoluto del aire atrapado:

$$\text{Aire} = 5.00 \quad \% \text{ (aire atrapado)}$$

$$\text{Vol. Abs. Aire} = 0.050 \text{ m}^3 \text{ (volumen absoluto del aire)}$$

8.5 Volumen absoluto del agregado fino:

$$\sum \text{Vol. Abs. A.F.} = 0.70 \text{ m}^3 \text{ (sumatoria de volúmenes absolutos)}$$

$$m^3 C^o = 1.00 \text{ m}^3 \text{ (volumen del concreto por m}^3 \text{)}$$

$$\text{Vol. Abs. a} = 0.30 \text{ m}^3 \text{ (volumen absoluto del agregado fino)}$$

$$Y_{A.F.} = 2.59 \text{ g/cm}^3 \text{ (peso específico del agregado fino)}$$

$$Y_{A.F.} = 2588.00 \text{ kg/m}^3 \text{ (peso específico del agregado fino)}$$

$$\text{Peso A.F.} = 784.94 \text{ kg (peso del agregado fino por m}^3 \text{ de concreto)} \quad 46.80 \quad \%$$

9. Corrección de los agregados:**9.1 Por humedad:**

$$A.F. = 795.22 \text{ kg (corrección del agregado fino)} \quad 47.05 \quad \%$$

$$A.G. = 895.12 \text{ kg (corrección del agregado grueso)} \quad 52.95 \quad \%$$

9.2 Por absorción:

A.F. =	9.18	kg (corrección del agregado fino)
A.G. =	-5.53	kg (corrección del agregado grueso)
Σ =	3.65	kg (agua libre)
Σ =	3.65	l (agua libre)

10. Agua efectiva:

a ef. =	180.35	l (agua efectiva por m ³ de concreto)	
a cf. =	180.35	kg (agua efectiva por m ³ de concreto)	a/c (corregido) = 0.582

11. Cemento efectivo:

c ef. =	358.48	kg (cemento efectivo por m ³ de concreto)
c.ef =	9.00	bls (cemento efectivo por m ³ de concreto)

12. Proporciones:

12.1 Por pesos (L/pie³):

c =	1.00	(cemento)
c =	0.9950	(cemento sustituido en 0.50%)
FCRP =	0.0050	(fibra de celulosa de papel reciclado)
A.F. =	2.22	(agregado fino) (arena gruesa)
A.G. =	2.50	(agregado grueso) (piedra chancada)
a =	21.38	(agua)
a/c =	0.582	(relación agua/cemento)

12.2 Por volumen (L/pie³):

c =	1.00	(cemento)
c =	0.9950	(cemento sustituido en 0.50%)
FCRP =	0.0050	(fibra de celulosa de papel reciclado)
A.F. =	1.91	(agregado fino) (arena gruesa)
A.G. =	2.44	(agregado grueso) (piedra chancada)
a =	21.38	(agua)

12.3 Por bolsa de cemento (42.5 kg):

c =	42.50	kg (cemento)
c =	42.29	kg (cemento sustituido en 20%)
FCRP =	0.21	kg (fibra de celulosa de papel reciclado)
A.F. =	94.28	kg/bls (agregado fino) (arena gruesa)
A.G. =	106.12	kg/bls (agregado grueso) (piedra chancada)
a =	24.75	l/bls (agua)

12.4 Para probetas cilíndricas:

Medidas de la probeta

H =	0.20	m (altura)
D =	0.10	m (diámetro)
Vol. =	0.0024	m ³ (volumen de probeta)
Nº =	15.00	(número de probetas)
Vol. Total =	0.04	m ³ (volumen de probetas)

Cantidades por número de probetas

c =	10.95	kg (cemento)
c =	10.89	kg (cemento sustituido en 20%)
FCRP =	0.05	kg (fibra de celulosa de papel reciclado)
A.F. =	27.74	kg (agregado fino) (arena gruesa)
A.G. =	31.53	kg (agregado grueso) (piedra chancada)
a =	6.37	l (agua)



Ayacucho, 21 de mayo del 2025

Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.

Revisado por:


MARCOS LUIS CHUQUILÍN VERGARA
 INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
 Registro CIP N° 360275


LMSCEACH
 LABORATORIO DE MATERIALES DE CONCRETO
 JOHES ANGEL TOROVARCA SANTA
 VEGA DE BIELLORE Y PAVIMENTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.



Universidad : Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
Escuela : Ingeniería Civil
Tesista : Joel Andamayo Quihui
Tesis : Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a la compresión y la permeabilidad
Ubicación : Ayacucho, Huamanga - Perú
Ensayo : Diseño de mezcla de concreto experimental sin aditivo (3^{era} adición: 0.75% FCRP)
Referencia : Comité ACI 211.

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO EXPERIMENTAL - ACI 211 (3^{era} adición: 0.75% FCRP) ($f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

<u>Datos generales</u>				<u>Datos del cemento</u>	
Construcción =	Columnas			Tipo =	Andino - Tipo I
$f_c =$	210.00	kg/cm^2 (resistencia a la compresión del concreto)		Peso =	42.50 kg (peso de la bolsa de cemento)
$Y_w =$	1000.00	kg/m^3 (peso específico del agua)		$Y_c =$	3.11 g/cm^3 (peso específico del cemento)
a =	Potable	l (agua potable)		Mezcla =	Con aire incorporado
FCRP =	0.75	% $Y_{CMR} =$	2.214 g/cm^3 (p.esp.FCRP)	Sustitución =	0.75 % (sustitución del cemento)
<u>Datos de agregados</u>					
<u>Agregado fino (arena gruesa)</u>			<u>Agregado grueso (piedra chancada)</u>		
Peso unitario suelto seco =	1519.00	kg/m^3	Peso unitario suelto seco =	1455.00	kg/m^3
Peso unitario compactado seco =	1746.00	kg/m^3	Peso unitario compactado seco =	1534.00	kg/m^3
Peso específico del agregado fino =	2.59	g/cm^3	Peso específico del agregado grueso =	2.46	g/cm^3
Grado de absorción =	0.14	%	Grado de absorción =	0.95	%
Contenido de humedad =	1.31	%	Contenido de humedad =	0.33	%
Módulo de finiza =	3.18		Módulo de finiza =	-	
Tamaño máximo nominal (TMN) =	-	in	Tamaño máximo nominal (TMN) =	0.75	in
Cantera de procedencia =	Chillico Huaico		Cantera de procedencia =	Chillico Huaico	

1. Resistencia a la compresión requerida (f_{cr}):

$$f_c = 210.00 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{cr} = 294.00 \text{ kg/cm}^2$$

2. Selección del asentamiento:

$$\text{Asentamiento} = 4.00 \text{ in}$$

$$\text{Consistencia} = \text{Plástica (trabajable - vibración ligera chuseada)}$$

3. Contenido de aire atrapado:

$$\text{TMN} = 0.75 \text{ in}$$

$$\text{Aire atrapado} = 5.00 \%$$

4. Relación agua/cemento (a/c):

$$f_{cr} = 294.00 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{pH (3^{era} adición)} = 12.61 \%$$

$$a/c = 0.595$$

5. Peso del agua (a):

$$a = 184.00 \text{ l (peso del agua por m}^3 \text{ de concreto)}$$

$$a = 184.00 \text{ kg (peso del agua por m}^3 \text{ de concreto)}$$

6. Peso del cemento (c):

$$c = 309.50 \text{ kg (peso del cemento por m}^3 \text{ de concreto)}$$

6.1 Factor cemento (fc):

$$fc = 7.28 \text{ bls (factor cemento)}$$

7. Volumen del agregado grueso:

$$TMN = 0.75 \text{ in}$$

$$MF = 3.18 \text{ (módulo de fineza del agregado fino)}$$

$$\text{Volumen de agregado grueso} = 0.58 \text{ m}^3 \text{ (volumen del agregado grueso compactado seco)}$$

7.1 Peso total del agregado grueso (P.U.C.S):

$$P.U.C.S = 1534.00 \text{ kg/m}^3 \text{ (peso unitario compactado seco del agregado grueso)}$$

$$\text{Total} = 892.17 \text{ kg (peso agregado grueso por m}^3 \text{ de concreto)}$$

8. Volumen absoluto de los materiales para el concreto:**8.1 Volumen absoluto del cemento:**

$$c = 309.50 \text{ kg (peso del cemento por m}^3 \text{ de concreto)}$$

$$Y_c = 3.11 \text{ g/cm}^3 \text{ (peso específico del cemento)}$$

$$Y_c = 3110.00 \text{ kg/m}^3 \text{ (peso específico del cemento)}$$

$$\text{Vol. Abs. c.} = 0.10 \text{ m}^3 \text{ (volumen absoluto del cemento)}$$

8.2 Volumen absoluto del agregado grueso:

$$\text{Peso A.G} = 892.17 \text{ kg (peso del agregado grueso por m}^3 \text{ de concreto)} \quad 53.19 \quad \%$$

$$Y_{A.G} = 2.46 \text{ g/cm}^3 \text{ (peso específico del agregado grueso)}$$

$$Y_c = 2457.00 \text{ kg/m}^3 \text{ (peso específico del agregado grueso)}$$

$$\text{Vol. Abs. A.G} = 0.36 \text{ m}^3 \text{ (volumen absoluto del agregado grueso)}$$

8.3 Volumen absoluto del agua:

$$a = 184.00 \text{ kg (peso del agua por m}^3 \text{ de concreto)}$$

$$Y_a = 1000.00 \text{ kg/m}^3 \text{ (peso específico del agua)}$$

$$\text{Vol. Abs. a} = 0.18 \text{ m}^3 \text{ (volumen absoluto del agua)}$$

8.4 Volumen absoluto del aire atrapado:

$$\text{Aire} = 5.00 \quad \% \text{ (aire atrapado)}$$

$$\text{Vol. Abs. Aire} = 0.050 \text{ m}^3 \text{ (volumen absoluto del aire)}$$

8.5 Volumen absoluto del agregado fino:

$$\sum \text{Vol. Abs. A.F.} = 0.70 \text{ m}^3 \text{ (sumatoria de volúmenes absolutos)}$$

$$m^3 C^o = 1.00 \text{ m}^3 \text{ (volumen del concreto por m}^3 \text{)}$$

$$\text{Vol. Abs. a} = 0.30 \text{ m}^3 \text{ (volumen absoluto del agregado fino)}$$

$$Y_{A.F.} = 2.59 \text{ g/cm}^3 \text{ (peso específico del agregado fino)}$$

$$Y_{A.F.} = 2588.00 \text{ kg/m}^3 \text{ (peso específico del agregado fino)}$$

$$\text{Peso A.F.} = 785.11 \text{ kg (peso del agregado fino por m}^3 \text{ de concreto)} \quad 46.81 \quad \%$$

9. Corrección de los agregados:**9.1 Por humedad:**

$$A.F. = 795.40 \text{ kg (corrección del agregado fino)} \quad 47.05 \quad \%$$

$$A.G. = 895.12 \text{ kg (corrección del agregado grueso)} \quad 52.95 \quad \%$$

9.2 Por absorción:

A.F. =	9.19	kg (corrección del agregado fino)
A.G. =	-5.53	kg (corrección del agregado grueso)
Σ =	3.65	kg (agua libre)
Σ =	3.65	l (agua libre)

10. Agua efectiva:

a ef. =	180.35	l (agua efectiva por m ³ de concreto)	
a cf. =	180.35	kg (agua efectiva por m ³ de concreto)	a/c (corregido) = 0.583

11. Cemento efectivo:

c ef. =	358.28	kg (cemento efectivo por m ³ de concreto)
c.ef =	9.00	bls (cemento efectivo por m ³ de concreto)

12. Proporciones:

12.1 Por pesos (L/pie³):

c =	1.00	(cemento)
c =	0.9925	(cemento sustituido en 0.75%)
FCRP =	0.0075	(fibra de celulosa de papel reciclado)
A.F. =	2.22	(agregado fino) (arena gruesa)
A.G. =	2.50	(agregado grueso) (piedra chancada)
a =	21.39	(agua)
a/c =	0.583	(relación agua/cemento)

12.2 Por volumen (L/pie³):

c =	1.00	(cemento)
c =	0.9925	(cemento sustituido en 0.75%)
FCRP =	0.0075	(fibra de celulosa de papel reciclado)
A.F. =	1.91	(agregado fino) (arena gruesa)
A.G. =	2.44	(agregado grueso) (piedra chancada)
a =	21.39	(agua)

12.3 Por bolsa de cemento (42.5 kg):

c =	42.50	kg (cemento)
c =	42.18	kg (cemento sustituido en 20%)
FCRP =	0.32	kg (fibra de celulosa de papel reciclado)
A.F. =	94.35	kg/bls (agregado fino) (arena gruesa)
A.G. =	106.18	kg/bls (agregado grueso) (piedra chancada)
a =	24.76	l/bls (agua)

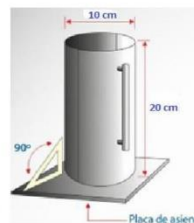
12.4 Para probetas cilíndricas:

Medidas de la probeta

H =	0.20	m (altura)
D =	0.10	m (diámetro)
Vol. =	0.0024	m ³ (volumen de probeta)
Nº =	15.00	(número de probetas)
Vol. Total =	0.04	m ³ (volumen de probetas)

Cantidades por número de probetas

c =	10.94	kg (cemento)
c =	10.86	kg (cemento sustituido en 20%)
FCRP =	0.08	kg (fibra de celulosa de papel reciclado)
A.F. =	27.75	kg (agregado fino) (arena gruesa)
A.G. =	31.53	kg (agregado grueso) (piedra chancada)
a =	6.37	l (agua)



Ayacucho, 21 de mayo del 2025

Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.

Revisado por:

MARCOS LUIS CHUQUILIN VERGARA
 INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
 Registro CIP N° 360275

LMSCEACH
 LABORATORIO DE MATERIALES DE CONCRETO Y ACEROS
 JOSE LUIS TOROARCA SANTA
 VIALI INGENIERO Y PAVIMENTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.



Universidad : Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
Escuela : Ingeniería Civil
Tesista : Joel Andamayo Quihui
Tesis : Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a la compresión y la permeabilidad
Ubicación : Ayacucho, Huamanga - Perú
Ensayo : Diseño de mezcla de concreto experimental sin aditivo (4^{ta} adición: 1.00% FCRP)
Referencia : Comité ACI 211.

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO EXPERIMENTAL - ACI 211 (4^{ta} adición: 1.00% FCRP) ($f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

<u>Datos generales</u>				<u>Datos del cemento</u>	
Construcción =	Columnas			Tipo =	Andino - Tipo I
$f'_c =$	210.00	kg/cm^2 (resistencia a la compresión del concreto)		Peso =	42.50 kg (peso de la bolsa de cemento)
$Y_w =$	1000.00	kg/m^3 (peso específico del agua)		$Y_c =$	3.11 g/cm^3 (peso específico del cemento)
a =	Potable	l (agua potable)		Mezcla =	Con aire incorporado
FCRP =	1.00	% $Y_{CMR} =$	2.214 g/cm^3 (p.esp.FCRP)	Sustitución =	1.00 % (sustitución del cemento)
<u>Datos de agregados</u>					
<u>Agregado fino (arena gruesa)</u>			<u>Agregado grueso (piedra chancada)</u>		
Peso unitario suelto seco =	1519.00	kg/m^3	Peso unitario suelto seco =	1455.00	kg/m^3
Peso unitario compactado seco =	1746.00	kg/m^3	Peso unitario compactado seco =	1534.00	kg/m^3
Peso específico del agregado fino =	2.59	g/cm^3	Peso específico del agregado grueso =	2.46	g/cm^3
Grado de absorción =	0.14	%	Grado de absorción =	0.95	%
Contenido de humedad =	1.31	%	Contenido de humedad =	0.33	%
Módulo de finiza =	3.18		Módulo de finiza =	-	
Tamaño máximo nominal (TMN) =	-	in	Tamaño máximo nominal (TMN) =	0.75	in
Cantera de procedencia =	Chillico Huaico		Cantera de procedencia =	Chillico Huaico	

1. Resistencia a la compresión requerida (f'_{cr}):

$$f'_c = 210.00 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_{cr} = 294.00 \text{ kg/cm}^2$$

2. Selección del asentamiento:

$$\text{Asentamiento} = 4.00 \text{ in}$$

$$\text{Consistencia} = \text{Plástica (trabajable - vibración ligera chuseada)}$$

3. Contenido de aire atrapado:

$$\text{TMN} = 0.75 \text{ in}$$

$$\text{Aire atrapado} = 5.00 \%$$

4. Relación agua/cemento (a/c):

$$f'_{cr} = 294.00 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{pH (4^{ta} adición)} = 12.61 \%$$

$$a/c = 0.595$$

5. Peso del agua (a):

$$a = 184.00 \text{ l (peso del agua por m}^3 \text{ de concreto)}$$

$$a = 184.00 \text{ kg (peso del agua por m}^3 \text{ de concreto)}$$

6. Peso del cemento (c):

$$c = 309.50 \text{ kg (peso del cemento por m}^3 \text{ de concreto)}$$

6.1 Factor cemento (fc):

$$fc = 7.28 \text{ bls (factor cemento)}$$

7. Volumen del agregado grueso:

$$TMN = 0.75 \text{ in}$$

$$MF = 3.18 \text{ (módulo de fineza del agregado fino)}$$

$$\text{Volumen de agregado grueso} = 0.58 \text{ m}^3 \text{ (volumen del agregado grueso compactado seco)}$$

7.1 Peso total del agregado grueso (P.U.C.S):

$$P.U.C.S = 1534.00 \text{ kg/m}^3 \text{ (peso unitario compactado seco del agregado grueso)}$$

$$\text{Total} = 892.17 \text{ kg (peso agregado grueso por m}^3 \text{ de concreto)}$$

8. Volumen absoluto de los materiales para el concreto:**8.1 Volumen absoluto del cemento:**

$$c = 309.50 \text{ kg (peso del cemento por m}^3 \text{ de concreto)}$$

$$Y_c = 3.11 \text{ g/cm}^3 \text{ (peso específico del cemento)}$$

$$Y_c = 3110.00 \text{ kg/m}^3 \text{ (peso específico del cemento)}$$

$$\text{Vol. Abs. c.} = 0.10 \text{ m}^3 \text{ (volumen absoluto del cemento)}$$

8.2 Volumen absoluto del agregado grueso:

$$\text{Peso A.G} = 892.17 \text{ kg (peso del agregado grueso por m}^3 \text{ de concreto)} \quad 53.19 \quad \%$$

$$Y_{A.G} = 2.46 \text{ g/cm}^3 \text{ (peso específico del agregado grueso)}$$

$$Y_c = 2457.00 \text{ kg/m}^3 \text{ (peso específico del agregado grueso)}$$

$$\text{Vol. Abs. A.G} = 0.36 \text{ m}^3 \text{ (volumen absoluto del agregado grueso)}$$

8.3 Volumen absoluto del agua:

$$a = 184.00 \text{ kg (peso del agua por m}^3 \text{ de concreto)}$$

$$Y_a = 1000.00 \text{ kg/m}^3 \text{ (peso específico del agua)}$$

$$\text{Vol. Abs. a} = 0.18 \text{ m}^3 \text{ (volumen absoluto del agua)}$$

8.4 Volumen absoluto del aire atrapado:

$$\text{Aire} = 5.00 \quad \% \text{ (aire atrapado)}$$

$$\text{Vol. Abs. Aire} = 0.050 \text{ m}^3 \text{ (volumen absoluto del aire)}$$

8.5 Volumen absoluto del agregado fino:

$$\sum \text{Vol. Abs. A.F.} = 0.70 \text{ m}^3 \text{ (sumatoria de volúmenes absolutos)}$$

$$m^3 C^o = 1.00 \text{ m}^3 \text{ (volumen del concreto por m}^3 \text{)}$$

$$\text{Vol. Abs. a} = 0.30 \text{ m}^3 \text{ (volumen absoluto del agregado fino)}$$

$$Y_{A.F.} = 2.59 \text{ g/cm}^3 \text{ (peso específico del agregado fino)}$$

$$Y_{A.F.} = 2588.00 \text{ kg/m}^3 \text{ (peso específico del agregado fino)}$$

$$\text{Peso A.F.} = 785.11 \text{ kg (peso del agregado fino por m}^3 \text{ de concreto)} \quad 46.81 \quad \%$$

9. Corrección de los agregados:**9.1 Por humedad:**

$$A.F. = 795.40 \text{ kg (corrección del agregado fino)} \quad 47.05 \quad \%$$

$$A.G. = 895.12 \text{ kg (corrección del agregado grueso)} \quad 52.95 \quad \%$$

9.2 Por absorción:

A.F. = 9.19 kg (corrección del agregado fino)
 A.G. = -5.53 kg (corrección del agregado grueso)
 Σ = 3.65 kg (agua libre)
 Σ = 3.65 l (agua libre)

10. Agua efectiva:

a ef. = 180.35 l (agua efectiva por m³ de concreto)
 a cf. = 180.35 kg (agua efectiva por m³ de concreto) a/c (corregido) = 0.583

11. Cemento efectivo:

c ef. = 358.28 kg (cemento efectivo por m³ de concreto)
 c.ef = 9.00 bls (cemento efectivo por m³ de concreto)

12. Proporciones:

12.1 Por pesos (L/pie³):

c = 1.00 (cemento)
 c = 0.99 (cemento sustituido en 1.00%)
 FCRP = 0.01 (fibra de celulosa de papel reciclado)
 A.F. = 2.22 (agregado fino) (arena gruesa)
 A.G. = 2.50 (agregado grueso) (piedra chancada)
 a = 21.39 (agua)
 a/c = 0.583 (relación agua/cemento)

12.2 Por volumen (L/pie³):

c = 1.00 (cemento)
 c = 0.99 (cemento sustituido en 1.00%)
 FCRP = 0.01 (fibra de celulosa de papel reciclado)
 A.F. = 1.91 (agregado fino) (arena gruesa)
 A.G. = 2.44 (agregado grueso) (piedra chancada)
 a = 21.39 (agua)

12.3 Por bolsa de cemento (42.5 kg):

c = 42.50 kg (cemento)
 c = 42.075 kg (cemento sustituido en 20%)
 FCRP = 0.425 kg (fibra de celulosa de papel reciclado)
 A.F. = 94.35 kg/bls (agregado fino) (arena gruesa)
 A.G. = 106.18 kg/bls (agregado grueso) (piedra chancada)
 a = 24.76 l/bls (agua)

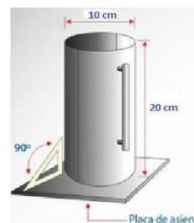
12.4 Para probetas cilíndricas:

Medidas de la probeta

H = 0.20 m (altura)
 D = 0.10 m (diámetro)
 Vol. = 0.0024 m³ (volumen de probeta)
 N^o = 15.00 (número de probetas)
 Vol. Total = 0.04 m³ (volumen de probetas)

Cantidades por número de probetas

c = 10.94 kg (cemento)
 c = 10.83 kg (cemento sustituido en 20%)
 FCRP = 0.11 kg (fibra de celulosa de papel reciclado)
 A.F. = 27.75 kg (agregado fino) (arena gruesa)
 A.G. = 31.53 kg (agregado grueso) (piedra chancada)
 a = 6.37 l (agua)



Ayacucho, 21 de mayo del 2025

Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.

Revisado por:

MARCOS LUIS CHUQUILÍN VERGARA
 INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
 Registro CIP N° 360275

LMSCEACH
 LABORATORIO DE MATERIALES DE CONCRETO
 JÓSEN ANSELMO YAMPASCA PARATA
 TÉCNICO EN PRUEBAS Y MATERIALES

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.



Universidad : Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
Escuela : Ingeniería Civil
Testista : Joel Andamayo Quihui
Tesis : Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a la compresión y la permeabilidad
Ubicación : Ayacucho, Huamanga - Perú
Ensayo : Diseño de mezcla de concreto convencional y experimental sin aditivo
Referencia : Comité ACI 211.

Dosificaciones para diseños de mezclas de concreto convencional y experimental										
Descripción	Por pesos (L/piel)					Por volumen (L/piel)				
	Convencional	1 ^{ra} adición	2 ^{da} adición	3 ^{ra} adición	4 ^a adición	Convencional	1 ^{ra} adición	2 ^{da} adición	3 ^{ra} adición	4 ^a adición
c =	1.00	0.9975	0.9950	0.9925	0.99	1.00	0.9975	0.9950	0.9925	0.99
FCRP =	-	0.0025	0.0050	0.0075	0.01	-	0.0025	0.0050	0.0075	0.01
A.F. =	1.64	2.22	2.22	2.22	2.22	1.41	1.91	1.91	1.91	1.91
A.G. =	2.03	2.50	2.50	2.50	2.50	1.98	2.44	2.44	2.44	2.44
a =	17.44	21.38	21.38	21.39	21.39	17.44	21.38	21.38	21.39	21.39

Legenda:

c = Cemento total o parcialmente sustituido en 0.25%, 0.50%, 0.75% y 1.00% (bls)
 FCRP = Fibra de celulosa de papel reciclado
 A.F. = Agregado fino (arena gruesa)
 A.G. = Agregado grueso (piedra chancada)
 a = Agua

Relaciones agua/cemento y factores cemento del concreto convencional y experimental					
Mezcla	a/c	a/c correg.	F.C (bls)	F.C correg. (bls)	F.C c/desp. (5%)(bls)
Convencional	0.4684	0.461	9.24	11.00	12.00
1 ^{ra} adición (0.25% FCRP)	0.594	0.582	7.29	9.00	10.00
2 ^{da} adición (0.50% FCRP)	0.594	0.582	7.29	9.00	10.00
3 ^{ra} adición (0.75% FCRP)	0.595	0.583	7.28	9.00	10.00
4 ^a adición (1.00% FCRP)	0.595	0.583	7.28	9.00	10.00

Legenda:

a/c = Relación agua/cemento
 F.C = Factor cemento
 FCRP = Fibra de celulosa reciclada de papel

Cantidades requeridas para diseños de mezclas de concreto convencional y experimental										
Descripción	Por bolsa de cemento (42.5 kg)					Por número de probetas (kg)				
	Convencional	1 ^{ra} adición	2 ^{da} adición	3 ^{ra} adición	4 ^a adición	Convencional	1 ^{ra} adición	2 ^{da} adición	3 ^{ra} adición	4 ^a adición
c =	42.50	42.39	42.29	42.18	42.08	13.88	10.92	10.89	10.86	10.83
FCRP =	-	0.11	0.21	0.32	0.43	-	0.03	0.05	0.08	0.11
A.F. =	69.81	94.26	94.28	94.35	94.35	25.30	27.74	27.74	27.75	27.75
A.G. =	86.17	106.11	106.12	106.18	106.18	31.53	31.53	31.53	31.53	31.53
a =	19.60	24.74	24.75	24.76	24.76	6.40	6.37	6.37	6.37	6.37

Legenda:

c = Cemento total o parcialmente sustituido en 0.25%, 0.50%, 0.75% y 1.00% (kg)
 FCRP = Fibra de celulosa reciclada de papel (kg)
 A.F. = Agregado fino (arena gruesa) (kg)
 A.G. = Agregado grueso (piedra chancada) (kg)
 a = Agua (l/bls)

Pesos unitarios del concreto convencional y experimental					
Peso unitario	Convencional	1 ^{ra} adición	2 ^{da} adición	3 ^{ra} adición	4 ^a adición
Teórico (kg/m ³)	2189.77	2175.83	2175.82	2175.79	2175.79
Corregido (kg/m ³)	2242.92	2229.18	2229.17	2229.13	2229.13
Por rotura a la compresión (kg/m ³)	2383.91	2358.27	2316.50	2296.22	2339.68


Ayacucho, 18 de junio del 2025

Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.

Revisado por:


MARCOS LUIS CHOCULÍN VERGARA
 INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
 Registro CIP N° 360275


JOSÉ LUIS TORREALBA PARRA
 INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
 Registro CIP N° 360275

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 BITEL: 990336658 CORREO: lmsceach@hotmail.com / George3062@hotmail.com



Universidad : Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
Escuela : Ingeniería Civil
Tesista : Joel Andamayo Quihui
Tesis : Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a la compresión y la permeabilidad
Ubicación : Ayacucho, Huamanga - Perú
Ensayo : Diseño de mezcla de concreto convencional sin aditivo
Referencia : Comité ACI 211.

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO CONVENCIONAL - ACI 211 ($f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

<u>Datos generales</u>		<u>Datos del cemento</u>	
Construcción = Vigas		Tipo = Andino - Tipo I	
$f_c = 210.00$	kg/cm^2 (resistencia a la compresión del concreto)	Peso = 42.50	kg (peso de la bolsa de cemento)
$\gamma_s = 1000.00$	kg/m^3 (peso específico del agua)	$\gamma_c = 3.11$	g/cm^3 (peso específico del cemento)
a = Potable	l (agua potable)	Mezcla = Con aire incorporado	

<u>Datos de agregados</u>		<u>Datos de agregados</u>	
<u>Agregado fino (arena gruesa)</u>		<u>Agregado grueso (piedra chancada)</u>	
Peso unitario suelto seco = 1519.00	kg/m^3	Peso unitario suelto seco = 1455.00	kg/m^3
Peso unitario compactado seco = 1746.00	kg/m^3	Peso unitario compactado seco = 1534.00	kg/m^3
Peso específico del agregado fino = 2.59	g/cm^3	Peso específico del agregado grueso = 2.46	g/cm^3
Grado de absorción = 0.14	%	Grado de absorción = 0.95	%
Contenido de humedad = 1.31	%	Contenido de humedad = 0.33	%
Módulo de fineza = 3.18		Módulo de fineza = -	
Tamaño máximo nominal (TMN) = -	in	Tamaño máximo nominal (TMN) = 0.75	in
Cantera de procedencia = Chillico Huaico		Cantera de procedencia = Chillico Huaico	

1. Resistencia a la compresión requerida (f_{cr}):

$f_c = 210.00 \text{ kg/cm}^2$
 $f_{cr} = 294.00 \text{ kg/cm}^2$

2. Selección del asentamiento:

Asentamiento = 4.00 in
 Consistencia = Plástica (trabajable - vibración ligera chuseada)

3. Contenido de aire atrapado:

TMN = 0.75 in
 Aire atrapado = 5.00 %

4. Relación agua/cemento (a/c):

$f_{cr} = 294.00 \text{ kg/cm}^2$
 a/c = 0.468

5. Peso del agua (a):

a = 184.00 l (peso del agua por m^3 de concreto)
 a = 184.00 kg (peso del agua por m^3 de concreto)

6. Peso del cemento (c):

$$c = 392.83 \text{ kg (peso del cemento por m}^3 \text{ de concreto)}$$

6.1 Factor cemento (fc):

$$fc = 9.24 \text{ bls (factor cemento)}$$

7. Volumen del agregado grueso:

$$TMN = 0.75 \text{ in}$$

$$MF = 3.18 \text{ (módulo de fineza del agregado fino)}$$

$$\text{Volumen de agregado grueso} = 0.58 \text{ m}^3 \text{ (volumen del agregado grueso compactado seco)}$$

7.1 Peso total del agregado grueso (P.U.C.S):

$$P.U.C.S = 1534.00 \text{ kg/m}^3 \text{ (peso unitario compactado seco del agregado grueso)}$$

$$\text{Total} = 892.17 \text{ kg (peso agregado grueso por m}^3 \text{ de concreto)}$$

8. Volumen absoluto de los materiales para el concreto:**8.1 Volumen absoluto del cemento:**

$$c = 392.83 \text{ kg (peso del cemento por m}^3 \text{ de concreto)}$$

$$Y_c = 3.11 \text{ g/cm}^3 \text{ (peso específico del cemento)}$$

$$Y_c = 3110.00 \text{ kg/m}^3 \text{ (peso específico del cemento)}$$

$$\text{Vol. Abs. c.} = 0.13 \text{ m}^3 \text{ (volumen absoluto del cemento)}$$

8.2 Volumen absoluto del agregado grueso:

$$\text{Peso A.G} = 892.17 \text{ kg (peso del agregado grueso por m}^3 \text{ de concreto)} \quad 55.49 \quad \%$$

$$Y_{A.G} = 2.46 \text{ g/cm}^3 \text{ (peso específico del agregado grueso)}$$

$$Y_c = 2457.00 \text{ kg/m}^3 \text{ (peso específico del agregado grueso)}$$

$$\text{Vol. Abs. A.G} = 0.36 \text{ m}^3 \text{ (volumen absoluto del agregado grueso)}$$

8.3 Volumen absoluto del agua:

$$a = 184.00 \text{ kg (peso del agua por m}^3 \text{ de concreto)}$$

$$Y_a = 1000.00 \text{ kg/m}^3 \text{ (peso específico del agua)}$$

$$\text{Vol. Abs. a} = 0.18 \text{ m}^3 \text{ (volumen absoluto del agua)}$$

8.4 Volumen absoluto del aire atrapado:

$$\text{Aire} = 5.00 \quad \% \text{ (aire atrapado)}$$

$$\text{Vol. Abs. Aire} = 0.050 \text{ m}^3 \text{ (volumen absoluto del aire)}$$

8.5 Volumen absoluto del agregado fino:

$$\sum \text{Vol. Abs. A.F.} = 0.72 \text{ m}^3 \text{ (sumatoria de volúmenes absolutos)}$$

$$m^3 C^o = 1.00 \text{ m}^3 \text{ (volumen del concreto por m}^3 \text{)}$$

$$\text{Vol. Abs. a} = 0.28 \text{ m}^3 \text{ (volumen absoluto del agregado fino)}$$

$$Y_{A.F.} = 2.59 \text{ g/cm}^3 \text{ (peso específico del agregado fino)}$$

$$Y_{A.F.} = 2588.00 \text{ kg/m}^3 \text{ (peso específico del agregado fino)}$$

$$\text{Peso A.F.} = 715.77 \text{ kg (peso del agregado fino por m}^3 \text{ de concreto)} \quad 44.51 \quad \%$$

9. Corrección de los agregados:**9.1 Por humedad:**

$$A.F. = 725.15 \text{ kg (corrección del agregado fino)} \quad 44.75 \quad \%$$

$$A.G. = 895.12 \text{ kg (corrección del agregado grueso)} \quad 55.25 \quad \%$$

9.2 Por absorción:

A.F. =	8.37	kg (corrección del agregado fino)
A.G. =	-5.53	kg (corrección del agregado grueso)
Σ =	2.84	kg (agua libre)
Σ =	2.84	l (agua libre)

10. Agua efectiva:

a ef. =	181.16	l (agua efectiva por m ³ de concreto)	
a cf. =	181.16	kg (agua efectiva por m ³ de concreto)	a/c (corregido) = 0.461

11. Cemento efectivo:

c ef. =	441.49	kg (cemento efectivo por m ³ de concreto)
c.ef =	11.00	bls (cemento efectivo por m ³ de concreto)

12. Proporciones:**12.1 Por pesos (L/pie³):**

c =	1.00	(cemento)
A.F. =	1.64	(agregado fino) (arena gruesa)
A.G. =	2.03	(agregado grueso) (piedra chancada)
a =	17.44	(agua)
a/c =	0.461	(relación agua/cemento)

12.2 Por volumen (L/pie³):

c =	1.00	(cemento)
A.F. =	1.41	(agregado fino) (arena gruesa)
A.G. =	1.98	(agregado grueso) (piedra chancada)
a =	17.44	(agua)

12.3 Por bolsa de cemento (42.5 kg):

c =	42.50	kg (cemento)
A.F. =	69.81	kg/bls (agregado fino) (arena gruesa)
A.G. =	86.17	kg/bls (agregado grueso) (piedra chancada)
a =	19.60	l/bls (agua)

12.4 Para probetas cilíndricas:**Medidas de la probeta**

H =	0.15	m (altura)
B =	0.15	m (ancho)
L =	0.53	m (largo)
Vol. =	0.0178	m ³ (volumen de probeta)
Nº =	12.00	(número de probetas)
Vol. Total =	0.21	m ³ (volumen de probetas)

Cantidades por número de probetas

c =	83.76	kg (cemento)
A.F. =	152.63	kg (agregado fino) (arena gruesa)
A.G. =	190.24	kg (agregado grueso) (piedra chancada)
a =	38.63	l (agua)



Ayacucho, 21 de mayo del 2025

Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.

Revisado por:


MARCOS LUIS CHUQUILIN VERGARA
 INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
 Registro CIP N° 360275


IMSCEACH
 INGENIERIA DE SUELOS Y FUNDACIONES
 JORGE DANIEL TOMARPARCA PARTA
 TEC. DE SUELOS Y FUNDACIONES

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 BITEL: 990336658 CORREO: imsceach@hotmail.com / George3062@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.



Universidad : Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
Escuela : Ingeniería Civil
Tesista : Joel Andamayo Quihui
Tesis : Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a la compresión y la permeabilidad
Ubicación : Ayacucho, Huamanga - Perú
Ensayo : Diseño de mezcla de concreto experimental sin aditivo (4^{ta} adición: 1.00% FCRP)
Referencia : Comité ACI 211.

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO EXPERIMENTAL - ACI 211 (4^{ta} adición: 1.00% FCRP) ($f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

Datos generales

Construcción = Vigas

$f'_c = 210.00 \text{ kg/cm}^2$ (resistencia a la compresión del concreto)
 $\gamma_a = 1000.00 \text{ kg/m}^3$ (peso específico del agua)
 a = Potable l (agua potable)
 FCRP = 1.00 % $\gamma_{CMR} = 2.214 \text{ g/cm}^3$ (p.csp.FCRP)

Datos del cemento

Tipo = Andino - Tipo I
 Peso = 42.50 kg (peso de la bolsa de cemento)
 $\gamma_c = 3.11 \text{ g/cm}^3$ (peso específico del cemento)
 Mezcla = Con aire incorporado
 Sustitución = 1.00 % (sustitución del cemento)

Datos de agregados

Agregado fino (arena gruesa)

Peso unitario suelto seco = 1519.00 kg/m^3
 Peso unitario compactado seco = 1746.00 kg/m^3
 Peso específico del agregado fino = 2.59 g/cm^3
 Grado de absorción = 0.14 %
 Contenido de humedad = 1.31 %
 Módulo de fineza = 3.18
 Tamaño máximo nominal (TMN) = - in
 Cantera de procedencia = Chillico Huaico

Agregado grueso (piedra chancada)

Peso unitario suelto seco = 1455.00 kg/m^3
 Peso unitario compactado seco = 1534.00 kg/m^3
 Peso específico del agregado grueso = 2.46 g/cm^3
 Grado de absorción = 0.95 %
 Contenido de humedad = 0.33 %
 Módulo de fineza = -
 Tamaño máximo nominal (TMN) = 0.75 in
 Cantera de procedencia = Chillico Huaico

1. Resistencia a la compresión requerida (f'_c):

$f'_c = 210.00 \text{ kg/cm}^2$
 $f_{cr} = 294.00 \text{ kg/cm}^2$

2. Selección del asentamiento:

Asentamiento = 4.00 in
 Consistencia = Plástica (trabajable - vibración ligera chuseada)

3. Contenido de aire atrapado:

TMN = 0.75 in
 Aire atrapado = 5.00 %

4. Relación agua/cemento (a/c):

$f_{cr} = 294.00 \text{ kg/cm}^2$
 $\text{pH (4^{ta} adición)} = 12.61 \%$
 $a/c = 0.595$

5. Peso del agua (a):

$a = 184.00 \text{ l}$ (peso del agua por m^3 de concreto)
 $a = 184.00 \text{ kg}$ (peso del agua por m^3 de concreto)

6. Peso del cemento (c):

$$c = 309.50 \text{ kg (peso del cemento por m}^3 \text{ de concreto)}$$

6.1 Factor cemento (fc):

$$fc = 7.28 \text{ bls (factor cemento)}$$

7. Volumen del agregado grueso:

$$\begin{aligned} \text{TMN} &= 0.75 \text{ in} \\ \text{MF} &= 3.18 \text{ (módulo de finiza del agregado fino)} \\ \text{Volumen de agregado grueso} &= 0.58 \text{ m}^3 \text{ (volumen del agregado grueso compactado seco)} \end{aligned}$$

7.1 Peso total del agregado grueso (P.U.C.S):

$$\begin{aligned} \text{P.U.C.S} &= 1534.00 \text{ kg/m}^3 \text{ (peso unitario compactado seco del agregado grueso)} \\ \text{Total} &= 892.17 \text{ kg (peso agregado grueso por m}^3 \text{ de concreto)} \end{aligned}$$

8. Volumen absoluto de los materiales para el concreto:**8.1 Volumen absoluto del cemento:**

$$\begin{aligned} c &= 309.50 \text{ kg (peso del cemento por m}^3 \text{ de concreto)} \\ \gamma_c &= 3.11 \text{ g/cm}^3 \text{ (peso específico del cemento)} \\ \gamma_c &= 3110.00 \text{ kg/m}^3 \text{ (peso específico del cemento)} \\ \text{Vol. Abs. c.} &= 0.10 \text{ m}^3 \text{ (volumen absoluto del cemento)} \end{aligned}$$

8.2 Volumen absoluto del agregado grueso:

$$\begin{aligned} \text{Peso A.G} &= 892.17 \text{ kg (peso del agregado grueso por m}^3 \text{ de concreto)} & 53.19 \text{ \%} \\ \gamma_{A.G} &= 2.46 \text{ g/cm}^3 \text{ (peso específico del agregado grueso)} \\ \gamma_c &= 2457.00 \text{ kg/m}^3 \text{ (peso específico del agregado grueso)} \\ \text{Vol. Abs. A.G} &= 0.36 \text{ m}^3 \text{ (volumen absoluto del agregado grueso)} \end{aligned}$$

8.3 Volumen absoluto del agua:

$$\begin{aligned} a &= 184.00 \text{ kg (peso del agua por m}^3 \text{ de concreto)} \\ \gamma_a &= 1000.00 \text{ kg/m}^3 \text{ (peso específico del agua)} \\ \text{Vol. Abs. a} &= 0.18 \text{ m}^3 \text{ (volumen absoluto del agua)} \end{aligned}$$

8.4 Volumen absoluto del aire atrapado:

$$\begin{aligned} \text{Aire} &= 5.00 \text{ \% (aire atrapado)} \\ \text{Vol. Abs. Aire} &= 0.050 \text{ m}^3 \text{ (volumen absoluto del aire)} \end{aligned}$$

8.5 Volumen absoluto del agregado fino:

$$\begin{aligned} \Sigma \text{ Vol. Abs. A.F.} &= 0.70 \text{ m}^3 \text{ (sumatoria de volúmenes absolutos)} \\ \text{m}^3 \text{ C}^o &= 1.00 \text{ m}^3 \text{ (volumen del concreto por m}^3 \text{)} \\ \text{Vol. Abs. a} &= 0.30 \text{ m}^3 \text{ (volumen absoluto del agregado fino)} \\ \gamma_{A.F.} &= 2.59 \text{ g/cm}^3 \text{ (peso específico del agregado fino)} \\ \gamma_{A.F.} &= 2588.00 \text{ kg/m}^3 \text{ (peso específico del agregado fino)} \\ \text{Peso A.F.} &= 785.11 \text{ kg (peso del agregado fino por m}^3 \text{ de concreto)} & 46.81 \text{ \%} \end{aligned}$$

9. Corrección de los agregados:**9.1 Por humedad:**

$$\begin{aligned} \text{A.F.} &= 795.40 \text{ kg (corrección del agregado fino)} & 47.05 \text{ \%} \\ \text{A.G.} &= 895.12 \text{ kg (corrección del agregado grueso)} & 52.95 \text{ \%} \end{aligned}$$

9.2 Por absorción:

A.F. =	9.19	kg (corrección del agregado fino)
A.G. =	-5.53	kg (corrección del agregado grueso)
Σ =	3.65	kg (agua libre)
Σ =	3.65	l (agua libre)

10. Agua efectiva:

a ef. =	180.35	l (agua efectiva por m ³ de concreto)	
a ef. =	180.35	kg (agua efectiva por m ³ de concreto)	a/c (corregido) = 0.583

11. Cemento efectivo:

c ef. =	358.28	kg (cemento efectivo por m ³ de concreto)
c.ef =	9.00	bls (cemento efectivo por m ³ de concreto)

12. Proporciones:**12.1 Por pesos (L/pie³):**

c =	1.00	(cemento)
c =	0.99	(cemento sustituido en 1.00%)
FCRP =	0.01	(fibra de celulosa de papel reciclado)
A.F. =	2.22	(agregado fino) (arena gruesa)
A.G. =	2.50	(agregado grueso) (piedra chancada)
a =	21.39	(agua)
a/c =	0.583	(relación agua/cemento)

12.2 Por volumen (L/pie³):

c =	1.00	(cemento)
c =	0.99	(cemento sustituido en 1.00%)
FCRP =	0.01	(fibra de celulosa de papel reciclado)
A.F. =	1.91	(agregado fino) (arena gruesa)
A.G. =	2.44	(agregado grueso) (piedra chancada)
a =	21.39	(agua)

12.3 Por bolsa de cemento (42.5 kg):

c =	42.50	kg (cemento)
c =	42.075	kg (cemento sustituido en 20%)
FCRP =	0.425	kg (fibra de celulosa de papel reciclado)
A.F. =	94.35	kg/bls (agregado fino) (arena gruesa)
A.G. =	106.18	kg/bls (agregado grueso) (piedra chancada)
a =	24.76	l/bls (agua)

12.4 Para probetas cilíndricas:**Medidas de la probeta**

H =	0.15	m (altura)
B =	0.15	m (ancho)
L =	0.53	m (largo)
Vol. =	0.0178	m ³ (volumen de probeta)
N ^o =	12.00	(número de probetas)
Vol. Total =	0.21	m ³ (volumen de probetas)

Cantidades por número de probetas

c =	66.00	kg (cemento)
c =	65.34	kg (cemento sustituido en 20%)
FCRP =	0.66	kg (fibra de celulosa de papel reciclado)
A.F. =	167.41	kg (agregado fino) (arena gruesa)
A.G. =	190.24	kg (agregado grueso) (piedra chancada)
a =	38.46	l (agua)



Ayacucho, 21 de mayo del 2025

Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.

Revisado por:


MARCOS LUIS CHUQUILIN VERGARA
 INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
 Registro CIP N° 360275


LMSCEACH
 JORGE SAMUEL TAPALACA FORTA
 TECNICO EN BIELETA Y PATRÓNTERO

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 BITELE: 990336658 CORREO: lmsceach@hotmail.com / George3062@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.



Universidad : Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
Escuela : Ingeniería Civil
Tesista : Joel Andamayo Quihui
Tesis : Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a la compresión y la permeabilidad
Ubicación : Ayacucho, Huamanga - Perú
Ensayo : Diseño de mezcla de concreto convencional y dosis óptima experimental sin aditivo
Referencia : Comité ACI 211.

Dosificaciones para diseños de mezclas de concreto convencional y experimental				
Descripción	Por pesos (L/pie ³)		Por volumen (L/pie ³)	
	Convencional	4 ^{ta} adición	Convencional	4 ^{ta} adición
c =	1.00	0.99	1.00	0.99
FCRP =	-	0.01	-	0.01
A.F. =	1.64	2.22	1.41	1.91
A.G. =	2.03	2.50	1.98	2.44
a =	17.44	21.39	17.44	21.39

Leyenda:

c = Cemento total o parcialmente sustituido en 1.00% (bls)
 FCRP = Fibra de celulosa de papel reciclado
 A.F. = Agregado fino (arena gruesa)
 A.G. = Agregado grueso (piedra chancada)
 a = Agua

Relaciones agua/cemento y factores cemento del concreto convencional y experimental					
Mezcla	a/c	a/c correg.	F.C (bls)	F.C correg. (bls)	F.C c/desp. (5%)(bls)
Convencional	0.4684	0.461	9.24	11.00	12.00
4 ^{ta} adición (1.00% FCRP)	0.595	0.583	7.28	9.00	10.00

Leyenda:

a/c = Relación agua/cemento
 F.C = Factor cemento
 FCRP = Fibra de celulosa reciclada de papel

Antidades requeridas para diseños de mezclas de concreto convencional y experimental				
Descripción	Por bolsa de cemento (42.5 kg)		Por número de probetas (kg)	
	Convencional	4 ^{ta} adición	Convencional	4 ^{ta} adición
c =	42.50	42.08	83.76	65.34
FCRP =	-	0.43	-	0.66
A.F. =	69.81	94.35	152.63	167.41
A.G. =	86.17	106.18	190.24	190.24
a =	19.60	24.76	38.63	38.46

Leyenda:

c = Cemento total o parcialmente sustituido en 1.00% (kg)
 FCRP = Fibra de celulosa reciclada de papel (kg)
 A.F. = Agregado fino (arena gruesa) (kg)
 A.G. = Agregado grueso (piedra chancada) (kg)
 a = Agua (l/bls)

Pesos unitarios del concreto convencional y experimental		
Peso unitario	Convencional	4 ^{ta} adición
Teórico (kg/m ³)	2189.77	2175.79
Corregido (kg/m ³)	2242.92	2229.13

Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.

Revisado por:


MARCOS LUIS CHUQUILIN VERGARA
 INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
 Registro CIP N° 360275


JORGE ANDRÉS YAMAZAKI SANTA
 TEC. EN SUELOS Y PAVIMENTOS

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 BITEL: 990336658
 CORREO: lmsceach@hotmail.com / George3062@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.



Tesista : Joel Andamayo Quihui
 Universidad : Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tesis : Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a la compresión y permeabilidad
 Lugar : Ayacucho, Huamanga - Perú
 Fecha de emisión : 21 de mayo de 2025
 Ensayo : Tiempo de fraguado del concreto patrón por penetración
 Mezcla : Concreto convencional y experimental con fibra de celulosa de papel reciclado ($f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)
 Ensayo : Exudación
 Referencia : Norma ASTM C232

HORA	AGUA EXUDADA ACUMULADA (ml)				
	Convencional	FCRP (0.25%)	FCRP (0.50%)	FCRP (0.75%)	FCRP (1.00%)
10MIN	0.30	0.30	0.20	0.60	0.60
20MIN	1.10	1.80	1.20	1.60	1.60
30MIN	2.30	2.80	3.70	3.10	3.10
40MIN	3.10	5.60	6.70	5.60	5.60
120MIN	5.10	7.80	9.00	8.40	8.60
150MIN	6.10	9.30	10.60	9.90	10.40
180MIN	7.30	10.30	11.70	11.40	11.90
210MIN	-	-	-	12.40	12.90
% EXUDACIÓN	0.51	0.72	0.81	0.86	0.90

Masa de agua en el molde = **1439.00 g**

Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.

Revisado por:


MARCOS LUIS CHUQUILÍN VERGARA
 INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
 Registro CIP N° 360275


JORGE JAIME TORREALBA SANTA
 T.E.C. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 BITEL:
 990336658 CORREO: lmsceach@hotmail.com / George3062@hotmail.com

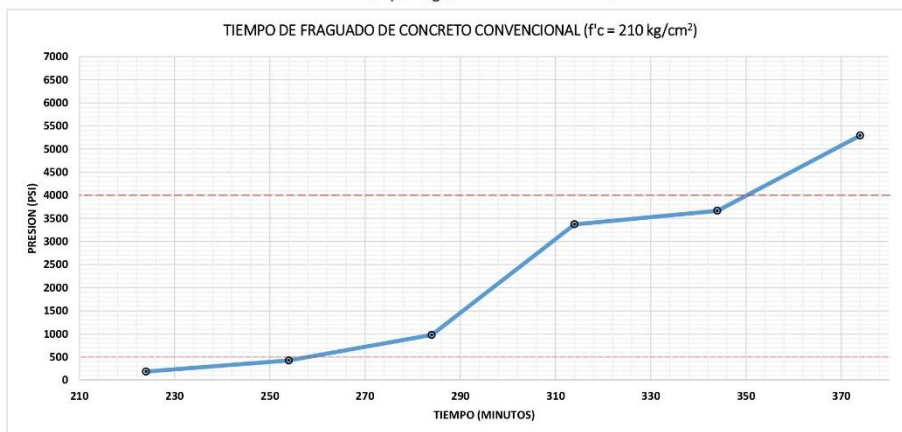
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.



Tesista : Joel Andamayo Quihui
 Universidad : Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tesis : Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a la compresión y permeabilidad
 Lugar : Ayacucho, Huamanga - Perú
 Fecha de emisión : 21 de mayo de 2025
 Ensayo : Tiempo de fraguado del concreto patrón por penetración
 Referencia : Norma ASTM C403
 Mezcla : Concreto convencional ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)
 Temperatura exterior : 22 °C
 Hora de ensayo : 12:25:00 PM

Tiempo	Penetración (Lbf)	Aguja (pulg2)	Min (minutos)	Presion (PSI)
4:09:00 PM	184 Lb	0.99 pulg2	224	185.45
4:39:00 PM	220 Lb	0.52 pulg2	254	424.91
5:09:00 PM	243 Lb	0.25 pulg2	284	977.02
5:39:00 PM	259 Lb	0.08 pulg2	314	3370.66
6:09:00 PM	180 Lb	0.05 pulg2	344	3663.68
6:39:00 PM	146 Lb	0.03 pulg2	374	5292.65

Tiempo Inicial 259 min 4.32
 Tiempo final 350 min 5.83
 Tiempo fragua 91 min



Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.

Revisado por:


MARCOS LUIS CHUQUILIN VERGARA
 INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
 Registro CIP N° 360275


LMSCEACH
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO
 JORGE HUMBERTO TOMAFARCA FARFA
 TEL.: 074-437218 / 990336658

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 BITEL: 990336658 CORREO: lmsceach@hotmail.com / George3062@hotmail.com

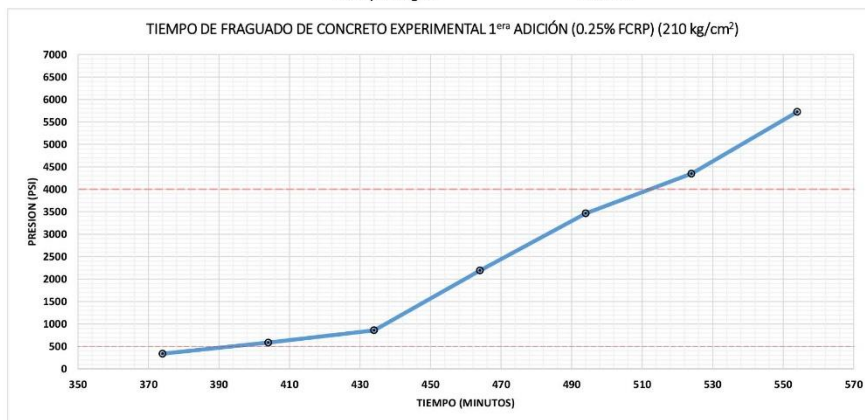
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.



Tesista : Joel Andamayo Quihui
 Universidad : Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tesis : Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a la compresión y permeabilidad
 Lugar : Ayacucho, Huamanga - Perú
 Fecha de emisión : 21 de mayo de 2025
 Ensayo : Tiempo de fraguado del concreto patrón por penetración
 Referencia : Norma ASTM C403
 Mezcla : Concreto experimental 1^{era} adición (0.25% FCRP) ($f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)
 Temperatura exterior : 22 °C
 Hora de ensayo : 9:30:00 AM

Tiempo	Penetración (Lbf)	Aguja (pulg2)	Min (minutos)	Presion (PSI)
1:14:00 PM	337 Lb	0.99 pulg2	374	339.24
1:44:00 PM	303 Lb	0.52 pulg2	404	585.33
2:14:00 PM	214 Lb	0.25 pulg2	434	859.44
2:44:00 PM	168 Lb	0.08 pulg2	464	2190.35
3:14:00 PM	170 Lb	0.05 pulg2	494	3463.03
3:44:00 PM	120 Lb	0.03 pulg2	524	4346.25
4:14:00 PM	158 Lb	0.03 pulg2	554	5722.56

Tiempo Inicial : 254 min : 4.23
 Tiempo final : 374 min : 6.23
 Tiempo fragua : 120 min



Observaciones:
 El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.

Revisado por:

MARCOS-LUIS CHUQUILIN VERGARA
 INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
 Registro CIP N° 360275

LMSCEACH
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO
 JORGE A. SUREDA TUMAPASCA SANTA
 TEL. DE SUELOS Y FUNDACIONES

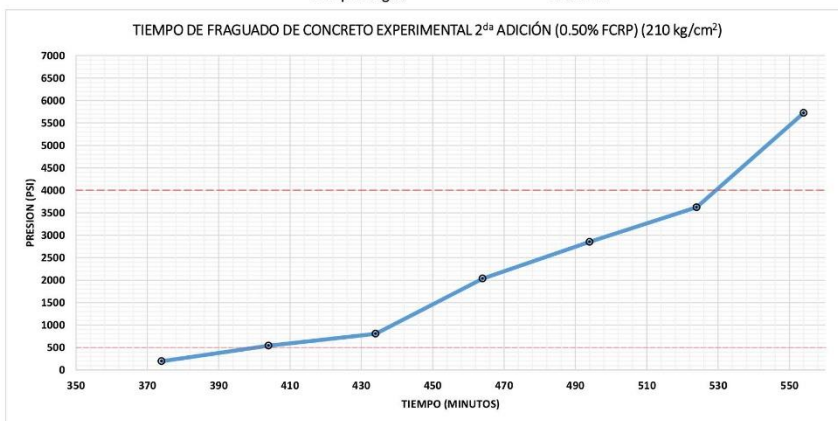
Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 BITEL: 990336658 CORREO: lmsceach@hotmail.com / George3062@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.



Tesista : Joel Andamayo Quihui
 Universidad : Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tesis : Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a la compresión y permeabilidad
 Lugar : Ayacucho, Huamanga - Perú
 Fecha de emisión : 21 de mayo de 2025
 Ensayo : Tiempo de fraguado del concreto patrón por penetración
 Referencia : Norma ASTM C403
 Mezcla : Concreto experimental 2^{da} adición (0.50% FCRP) (f'c = 210 kg/cm²)
 Temperatura exterior : 22 °C
 Hora de ensayo : 10:30:00 AM

Tiempo	Penetración (Lbf)	Aguja (pulg2)	Min (minutos)	Presion (PSI)
2:14:00 PM	193 Lb	0.99 pulg2	374	194.16
2:44:00 PM	280 Lb	0.52 pulg2	404	540.03
3:14:00 PM	200 Lb	0.25 pulg2	434	804.83
3:44:00 PM	156 Lb	0.08 pulg2	464	2033.90
4:14:00 PM	140 Lb	0.05 pulg2	494	2851.90
4:44:00 PM	100 Lb	0.03 pulg2	524	3621.88
5:14:00 PM	158 Lb	0.03 pulg2	554	5722.56
		Tiempo Inicial	254 min	4.23
		Tiempo final	374 min	6.23
		Tiempo fragua	120 min	



Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.

Revisado por:


MARCOS-LUIS CHUQUILIN VERGARA
 INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
 Registro CIP N° 360275


JORGE ANIBAL TORREALBA BARTA
 TECNICO EN SUELOS Y FUNDACIONES

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 BITEL: 990336658
 CORREO: lmsceach@hotmail.com / George3062@hotmail.com

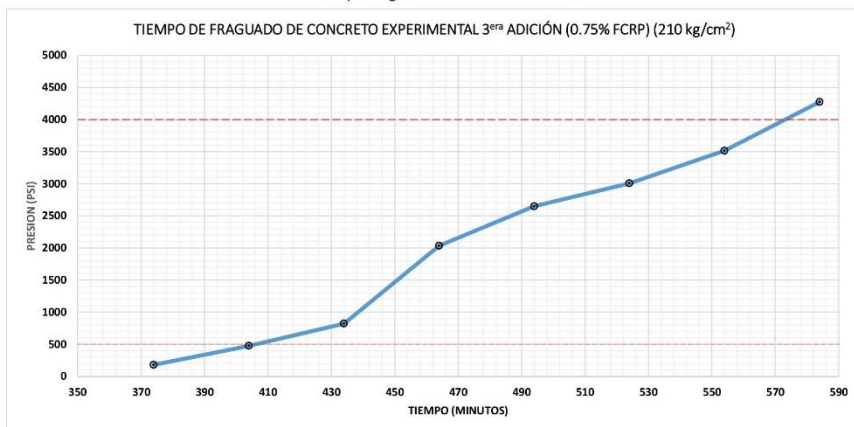
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.



Tesista : Joel Andamayo Quihui
 Universidad : Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tesis : Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a la compresión y permeabilidad
 Lugar : Ayacucho, Huamanga - Perú
 Fecha de emisión : 21 de mayo de 2025
 Ensayo : Tiempo de fraguado del concreto patrón por penetración
 Referencia : Norma ASTM C403
 Mezcla : Concreto experimental 3^{era} adición (0.75% FCRP) (f_c = 210 kg/cm²)
 Temperatura exterior : 22 °C
 Hora de ensayo : 10:30:00 AM

Tiempo	Penetración (Lbf)	Aguja (pulg2)	Min (minutos)	Presion (PSI)
2:14:00 PM	178 Lb	0.99 pulg2	374	179.07
2:44:00 PM	246 Lb	0.52 pulg2	404	474.45
3:14:00 PM	204 Lb	0.25 pulg2	434	820.93
3:44:00 PM	156 Lb	0.08 pulg2	464	2033.90
4:14:00 PM	130 Lb	0.05 pulg2	494	2648.20
4:44:00 PM	83 Lb	0.03 pulg2	524	3006.16
5:14:00 PM	97 Lb	0.03 pulg2	554	3513.22
5:44:00 PM	118 Lb	0.03 pulg2	584	4273.81

Tiempo Inicial 284 min 4.73
 Tiempo final 434 min 7.23
 Tiempo fragua 150 min



Observaciones:
 El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.

Revisado por:


MARCOS LUIS CHUQUILIN VERGARA
 INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
 Registro CIP N° 360275


LMSCEACH
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO
 CHICLAYO - PERU
 JORGE HUMBERTO MATASCA PARRA
 TEC. EN SUELOS Y FUNDACIONES

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 BITEL: 990336658 CORREO: lmsceach@hotmail.com / George3062@hotmail.com

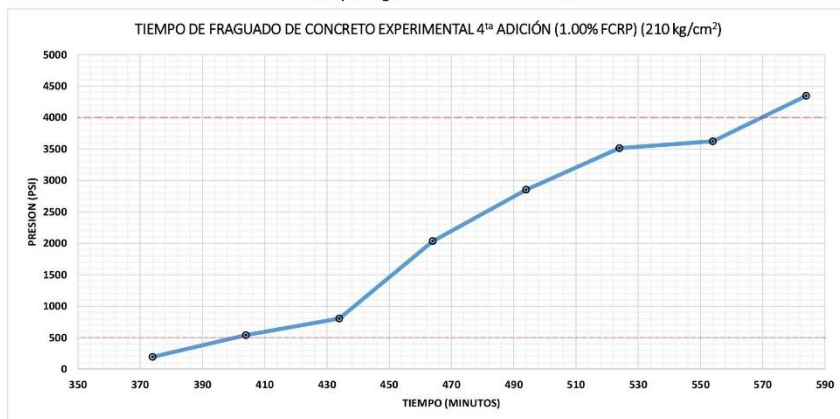
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.



Tesista : Joel Andamayo Quihui
 Universidad : Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
 Escuela : Ingeniería Civil
 Tesis : Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a la compresión y permeabilidad
 Lugar : Ayacucho, Huamanga - Perú
 Fecha de emisión : 21 de mayo de 2025
 Ensayo : Tiempo de fraguado del concreto patrón por penetración
 Referencia : Norma ASTM C403
 Mezcla : Concreto experimental 4^{ta} adición (1.00% FCRP) (f_c = 210 kg/cm²)
 Temperatura exterior : 22 °C
 Hora de ensayo : 11:30:00 AM

Tiempo	Penetración (Lbf)	Aguja (pulg2)	Min (minutos)	Presion (PSI)
3:14:00 PM	193 Lb	0.99 pulg2	374	194.16
3:44:00 PM	280 Lb	0.52 pulg2	404	540.03
4:14:00 PM	200 Lb	0.25 pulg2	434	804.83
4:44:00 PM	156 Lb	0.08 pulg2	464	2033.90
5:14:00 PM	140 Lb	0.05 pulg2	494	2851.90
5:44:00 PM	97 Lb	0.03 pulg2	524	3513.22
6:14:00 PM	100 Lb	0.03 pulg2	554	3621.88
6:44:00 PM	120 Lb	0.03 pulg2	584	4346.25

Tiempo Inicial 254 min 4.23
 Tiempo final 434 min 7.23
 Tiempo fragua 180 min



Observaciones:
 El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.

Revisado por:


MARCOS LUIS CHUQUILIN VERGARA
 INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
 Registro CIP N° 360275


LMSCEACH
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO
 JOSE MANUEL YBARRA PARRA
 T.S.C. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo, Teléf.: 074-437218 BITEL: 990336658
 CORREO: lmsceach@hotmail.com / George3062@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.



UNIVERSIDAD : Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
ESCUELA : Ingeniería Civil
TESISTA : Joel Andamayo Quihui
TESIS : Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a la compresión y la permeabilidad
UBICACIÓN : Ayacucho, Huamanga - Perú
ENSAYO : Resistencia a la compresión de cilindros de concreto convencional (NTP 339.034/ASTM C39M)
REFERENCIA : Comité ACI 211.

Rotura de probetas de concreto convencional ($f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)											
Nº	Descripción	Medidas (cm)		Fecha		Edad (días)	Dial de carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	Resistencia (%)	Tipo de fractura
		Altura (H)	Diámetro (D)	Vaceado	Rotura						
1	Probeta N° 01	20.00	10.00	21/05/2025	28/05/2025	7.00	12835.40	163.43	210.00	77.82	Cono
2	Probeta N° 02	20.00	10.00	21/05/2025	28/05/2025	7.00	12892.70	164.15	210.00	78.17	Corte
3	Probeta N° 03	20.00	10.00	21/05/2025	28/05/2025	7.00	12875.80	163.94	210.00	78.07	Columnar
4	Probeta N° 04	20.00	10.00	21/05/2025	4/06/2025	14.00	15711.00	200.04	210.00	95.26	Cono y separación
5	Probeta N° 05	20.00	10.00	21/05/2025	4/06/2025	14.00	15737.50	200.38	210.00	95.42	Corte
6	Probeta N° 06	20.00	10.00	21/05/2025	4/06/2025	14.00	15795.30	201.11	210.00	95.77	Corte
7	Probeta N° 07	20.00	10.00	21/05/2025	11/06/2025	21.00	18905.90	240.72	210.00	114.63	Corte
8	Probeta N° 08	20.00	10.00	21/05/2025	11/06/2025	21.00	18957.10	241.37	210.00	114.94	Cono
9	Probeta N° 09	20.00	10.00	21/05/2025	11/06/2025	21.00	18969.70	241.53	210.00	115.01	Cono
10	Probeta N° 10	20.00	10.00	21/05/2025	18/06/2025	28.00	23357.10	297.39	210.00	141.61	Corte
11	Probeta N° 11	20.00	10.00	21/05/2025	18/06/2025	28.00	23379.80	297.68	210.00	141.75	Cono y separación
12	Probeta N° 12	20.00	10.00	21/05/2025	18/06/2025	28.00	23405.10	298.00	210.00	141.91	Corte

Area de base del espécimen = 78.54 cm²

NOTA:

Las probetas convencionales fueron elaboradas por el laboratorio.

Ayacucho, 18 de junio del 2025

Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.

Revisado por:


MARCOS LUIS CHUQUILÍN VERGARA
 INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
 Registro CIP N° 360275


LMSCEACH
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO
 JOSEE AMPARO TOROPASCA PARTA
 T.S.C. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 BTEL: 990336658 CORREO: lmsceach@hotmail.com / George3062@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.



UNIVERSIDAD: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
ESCUELA: Ingeniería Civil
TESISTA: Joel Andamayo Quihui
TESIS: Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a la compresión y la permeabilidad
UBICACIÓN: Ayacucho, Huamanga - Perú
ENSAYO: Resistencia a la compresión de cilindros de concreto experimental (1^{era} adición: 0.25% FCRP) (NTP 339.034/ASTM C39M)
REFERENCIA: Comité ACI 211.

Rotura de probetas de concreto experimental (1 ^{era} adición: 0.25% FCRP) ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)											
N°	Descripción	Medidas (cm)		Fecha		Edad (días)	Dial de carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm^2)	Diseño (kg/cm^2)	Resistencia (%)	Tipo de fractura
		Altura (H)	Diámetro (D)	Vaceado	Rotura						
1	Probeta N° 01	20.00	10.00	21/05/2025	28/05/2025	7.00	11832.50	150.66	210.00	71.74	Corte
2	Probeta N° 02	20.00	10.00	21/05/2025	28/05/2025	7.00	11853.21	150.92	210.00	71.87	Columnar
3	Probeta N° 03	20.00	10.00	21/05/2025	28/05/2025	7.00	11874.62	151.19	210.00	72.00	Corte
4	Probeta N° 04	20.00	10.00	21/05/2025	4/06/2025	14.00	13701.41	174.45	210.00	83.07	Corte
5	Probeta N° 05	20.00	10.00	21/05/2025	4/06/2025	14.00	13803.65	175.75	210.00	83.69	Corte
6	Probeta N° 06	20.00	10.00	21/05/2025	4/06/2025	14.00	13887.98	176.83	210.00	84.20	Cono y corte
7	Probeta N° 07	20.00	10.00	21/05/2025	11/06/2025	21.00	15902.65	202.48	210.00	96.42	Cono y separación
8	Probeta N° 08	20.00	10.00	21/05/2025	11/06/2025	21.00	15924.63	202.76	210.00	96.55	Columnar
9	Probeta N° 09	20.00	10.00	21/05/2025	11/06/2025	21.00	15963.52	203.25	210.00	96.79	Cono y corte
10	Probeta N° 10	20.00	10.00	21/05/2025	18/06/2025	28.00	16401.21	208.83	210.00	99.44	Cono y corte
11	Probeta N° 11	20.00	10.00	21/05/2025	18/06/2025	28.00	16582.98	211.14	210.00	100.54	Corte
12	Probeta N° 12	20.00	10.00	21/05/2025	18/06/2025	28.00	16632.57	211.77	210.00	100.84	Cono y separación

Area de base del espécimen = 78.54 cm²

NOTA:

Las probetas experimentales (1^{era} adición: 0.25% FCRP) fueron elaboradas por el laboratorio.

Legenda:

FCRP = Fibra de celulosa reciclada de papel


Ayacucho, 18 de junio del 2025

Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.

Revisado por:


MARCOS LUIS CHUQUILIN VERGARA
 INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
 Registro CIP N° 360275


LMSCEACH
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO
 JOSE LUIS TORRES PAREDA
 INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 BITEL: 990336658 CORREO: lmsceach@hotmail.com / George3062@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.



UNIVERSIDAD: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
ESCUELA: Ingeniería Civil
TESISTA: Joel Andamayo Quihui
TESIS: Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a la compresión y la permeabilidad
UBICACIÓN: Ayacucho, Huamanga - Perú
ENSAYO: Resistencia a la compresión de cilindros de concreto experimental (2^{da} adición: 0.50% FCRP) (NTP 339.034/ASTM C39M)
REFERENCIA: Comité ACI 211.

Rotura de probetas de concreto experimental (2 ^{da} adición: 0.50% FCRP) ($\Gamma_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)											
Nº	Descripción	Medidas (cm)		Fecha		Edad (días)	Dial de carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	Resistencia (%)	Tipo de fractura
		Altura (H)	Diámetro (D)	Vaceado	Rotura						
1	Probeta N° 01	20.00	10.00	21/05/2025	28/05/2025	7.00	12352.32	157.27	210.00	74.89	Corte
2	Probeta N° 02	20.00	10.00	21/05/2025	28/05/2025	7.00	12387.96	157.73	210.00	75.11	Corte
3	Probeta N° 03	20.00	10.00	21/05/2025	28/05/2025	7.00	12398.65	157.86	210.00	75.17	Columnar
4	Probeta N° 04	20.00	10.00	21/05/2025	4/06/2025	14.00	14169.87	180.42	210.00	85.91	Corte
5	Probeta N° 05	20.00	10.00	21/05/2025	4/06/2025	14.00	14174.59	180.48	210.00	85.94	Corte
6	Probeta N° 06	20.00	10.00	21/05/2025	4/06/2025	14.00	14195.91	180.75	210.00	86.07	Cono
7	Probeta N° 07	20.00	10.00	21/05/2025	11/06/2025	21.00	16102.35	205.02	210.00	97.63	Corte
8	Probeta N° 08	20.00	10.00	21/05/2025	11/06/2025	21.00	16196.32	206.22	210.00	98.20	Cono y separación
9	Probeta N° 09	20.00	10.00	21/05/2025	11/06/2025	21.00	16241.22	206.79	210.00	98.47	Cono y separación
10	Probeta N° 10	20.00	10.00	21/05/2025	18/06/2025	28.00	17062.33	217.24	210.00	103.45	Cono y corte
11	Probeta N° 11	20.00	10.00	21/05/2025	18/06/2025	28.00	17160.47	218.49	210.00	104.04	Cono y corte
12	Probeta N° 12	20.00	10.00	21/05/2025	18/06/2025	28.00	17201.13	219.01	210.00	104.29	Corte

Area de base del espécimen = 78.54 cm²

NOTA:

Las probetas experimentales (2^{da} adición: 0.50% FCRP) fueron elaboradas por el laboratorio.

Legenda:

FCRP = Fibra de celulosa reciclada de papel

Ayacucho, 18 de junio del 2025

Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.

Revisado por:


MARCOS LUIS CHUQUILIN VERGARA
 INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
 Registro CIP N° 360275


LMSCEACH
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO
 JOSÉ MANUEL TORREALBA ARTA
 INGENIERO CIVIL EN SUELOS Y FUNDAMENTOS

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 BITELE: 990336658 CORREO: lmsceach@hotmail.com / George3062@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.



UNIVERSIDAD: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
ESCUELA: Ingeniería Civil
TESISTA: Joel Andamayo Quihui
TESIS: Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a la compresión y la permeabilidad
UBICACIÓN: Ayacucho, Huamanga - Perú
ENSAYO: Resistencia a la compresión de cilindros de concreto experimental (3^{era} adición: 0.75% FCRP) (NTP 339.034/ASTM C39M)
REFERENCIA: Comité ACI 211.

Rotura de probetas de concreto experimental (3 ^{era} adición: 0.75% FCRP) ($f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)											
Nº	Descripción	Medidas (cm)		Fecha		Edad (días)	Dial de carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	Resistencia (%)	Tipo de fractura
		Altura (H)	Diámetro (D)	Vaceado	Rotura						
1	Probeta N° 01	20.00	10.00	21/05/2025	28/05/2025	7.00	12956.32	164.96	210.00	78.55	Cono
2	Probeta N° 02	20.00	10.00	21/05/2025	28/05/2025	7.00	13232.65	168.48	210.00	80.23	Cono y corte
3	Probeta N° 03	20.00	10.00	21/05/2025	28/05/2025	7.00	13287.96	169.19	210.00	80.57	Columnar
4	Probeta N° 04	20.00	10.00	21/05/2025	4/06/2025	14.00	14498.87	184.60	210.00	87.91	Corte
5	Probeta N° 05	20.00	10.00	21/05/2025	4/06/2025	14.00	14563.95	185.43	210.00	88.30	Cono
6	Probeta N° 06	20.00	10.00	21/05/2025	4/06/2025	14.00	14681.91	186.94	210.00	89.02	Corte
7	Probeta N° 07	20.00	10.00	21/05/2025	11/06/2025	21.00	16536.92	210.55	210.00	100.26	Cono
8	Probeta N° 08	20.00	10.00	21/05/2025	11/06/2025	21.00	16574.43	211.03	210.00	100.49	Corte
9	Probeta N° 09	20.00	10.00	21/05/2025	11/06/2025	21.00	16722.63	212.92	210.00	101.39	Corte
10	Probeta N° 10	20.00	10.00	21/05/2025	18/06/2025	28.00	17563.32	223.62	210.00	106.49	Corte
11	Probeta N° 11	20.00	10.00	21/05/2025	18/06/2025	28.00	17574.11	223.76	210.00	106.55	Corte
12	Probeta N° 12	20.00	10.00	21/05/2025	18/06/2025	28.00	17588.09	223.94	210.00	106.64	Cono y separación

Area de base del espécimen = 78.54 cm²

NOTA:

Las probetas experimentales (3^{era} adición: 0.75% FCRP) fueron elaboradas por el laboratorio.

Legenda:

FCRP = Fibra de celulosa reciclada de papel

Ayacucho, 18 de junio del 2025

Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.

Revisado por:


MARCOS LUIS CHUQUILIN VERGARA
 INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
 Registro CIP N° 360275


LMSCEACH
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO
 JORGE LLANOS TOROPASCA SANTA
 TEE: DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 BITEL: 990336658 CORREO: lmsceach@hotmail.com / George3062@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.



UNIVERSIDAD: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
ESCUELA: Ingeniería Civil
TESISTA: Joel Andamayo Quihui
TESIS: Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a la compresión y la permeabilidad
UBICACIÓN: Ayacucho, Huamanga - Perú
ENSAYO: Resistencia a la compresión de cilindros de concreto experimental (4^{ta} adición: 1.00% FCRP) (NTP 339.034/ASTM C39M)
REFERENCIA: Comité ACI 211.

Rotura de probetas de concreto experimental (4 ^{ta} adición: 1.00% FCRP) ($f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)											
Nº	Descripción	Medidas (cm)		Fecha		Edad (días)	Dial de carga (kg.f)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	Resistencia (%)	Tipo de fractura
		Altura (H)	Diámetro (D)	Vaceado	Rotura						
1	Probeta N° 01	20.00	10.00	21/05/2025	28/05/2025	7.00	13365.98	170.18	210.00	81.04	Cono
2	Probeta N° 02	20.00	10.00	21/05/2025	28/05/2025	7.00	13487.51	171.73	210.00	81.78	Cono y corte
3	Probeta N° 03	20.00	10.00	21/05/2025	28/05/2025	7.00	13592.05	173.06	210.00	82.41	Columnar
4	Probeta N° 04	20.00	10.00	21/05/2025	4/06/2025	14.00	15031.05	191.38	210.00	91.13	Corte
5	Probeta N° 05	20.00	10.00	21/05/2025	4/06/2025	14.00	15187.11	193.37	210.00	92.08	Cono
6	Probeta N° 06	20.00	10.00	21/05/2025	4/06/2025	14.00	15287.93	194.65	210.00	92.69	Corte
7	Probeta N° 07	20.00	10.00	21/05/2025	11/06/2025	21.00	17265.33	219.83	210.00	104.68	Cono
8	Probeta N° 08	20.00	10.00	21/05/2025	11/06/2025	21.00	17388.88	221.40	210.00	105.43	Corte
9	Probeta N° 09	20.00	10.00	21/05/2025	11/06/2025	21.00	17409.65	221.67	210.00	105.56	Corte
10	Probeta N° 10	20.00	10.00	21/05/2025	18/06/2025	28.00	17804.91	226.70	210.00	107.95	Corte
11	Probeta N° 11	20.00	10.00	21/05/2025	18/06/2025	28.00	17878.35	227.63	210.00	108.40	Corte
12	Probeta N° 12	20.00	10.00	21/05/2025	18/06/2025	28.00	17901.14	227.92	210.00	108.54	Cono y separación

Area de base del espécimen = 78.54 cm²

NOTA:

Las probetas experimentales (4^{ta} adición: 1.00% FCRP) fueron elaboradas por el laboratorio.

Legenda:

FCRP = Fibra de celulosa reciclada de papel

Ayacucho, 18 de junio del 2025

Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.

Revisado por:


MARCOS LUIS CHUQUILIN VERGARA
 INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
 Registro CIP N° 360275


LMSCEACH
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO
 JORGE LLANOS TAPASCACANTA
 T.E.C. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Telef.: 074-437218 BITEL: 990336658 CORREO: lmsceach@hotmail.com / George3062@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.



UNIVERSIDAD : Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
ESCUELA : Ingeniería Civil
TESISTA : Joel Andamayo Quihui
TESIS : Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a la compresión y la permeabilidad
UBICACIÓN : Ayacucho, Huamanga - Perú
ENSAYO : Resistencia a la compresión de cilindros de concreto convencional y experimental (NTP 339.034/ASTM C39M)
REFERENCIA : Comité ACI 211.

Compresión de probetas convencionales y experimentales ($f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)					
Probeta N°	Convencional	1 ^{era} adición	2 ^{da} adición	3 ^{era} adición	4 ^{ta} adición
1	163.43	150.66	157.27	164.96	170.18
2	164.15	150.92	157.73	168.48	171.73
3	163.94	151.19	157.86	169.19	173.06
4	200.04	174.45	180.42	184.60	191.38
5	200.38	175.75	180.48	185.43	193.37
6	201.11	176.83	180.75	186.94	194.65
7	240.72	202.48	205.02	210.55	219.83
8	241.37	202.76	206.22	211.03	221.40
9	241.53	203.25	206.79	212.92	221.67
10	297.39	208.83	217.24	223.62	226.70
11	297.68	211.14	218.49	223.76	227.63
12	298.00	211.77	219.01	223.94	227.92
Edad (días)	%f _c conv.	%f _c (1A)	%f _c (2A)	%f _c (3A)	%f _c (4A)
7	77.82	71.74	74.89	78.55	81.04
7	78.17	71.87	75.11	80.23	81.78
7	78.07	72.00	75.17	80.57	82.41
14	95.26	83.07	85.91	87.91	91.13
14	95.42	83.69	85.94	88.30	92.08
14	95.77	84.20	86.07	89.02	92.69
21	114.63	96.42	97.63	100.26	104.68
21	114.94	96.55	98.20	100.49	105.43
21	115.01	96.79	98.47	101.39	105.56
28	141.61	99.44	103.45	106.49	107.95
28	141.75	100.54	104.04	106.55	108.40
28	141.91	100.84	104.29	106.64	108.54

Leyenda:

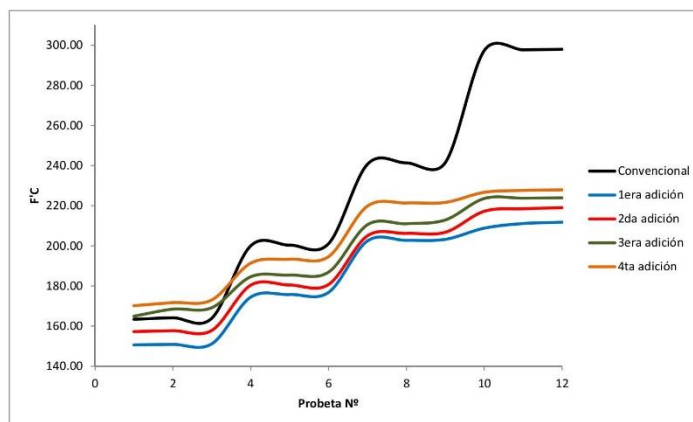
1^{era} adición = 0.25% FCRP2^{da} adición = 0.50% FCRP3^{era} adición = 0.75% FCRP4^{ta} adición = 1.00% FCRP

FCRP = Fibra de celulosa reciclada de papel

%f_c (1A) = Porcentaje de resistencia a la compresión 1^{era} adición%f_c (2A) = Porcentaje de resistencia a la compresión 2^{da} adición%f_c (3A) = Porcentaje de resistencia a la compresión 3^{era} adición%f_c (4A) = Porcentaje de resistencia a la compresión 4^{ta} adición

Ayacucho, 18 de junio del 2025

CURVA DE TENDENCIA POR RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN



Tendencia probabilística de los concretos experimentales

Desviación estándar (σ)	1 ^{era} adición (kg/cm ²)	2 ^{da} adición (kg/cm ²)	3 ^{era} adición (kg/cm ²)	4 ^{ta} adición (kg/cm ²)
σ_{muestra} a los 7 días	0.27	0.31	2.26	1.44
σ_{muestra} a los 14 días	1.19	0.18	1.18	1.65
σ_{muestra} a los 21 días	0.39	0.90	1.25	0.99
σ_{muestra} a los 28 días	1.55	0.91	0.16	0.64
$\Sigma_{\text{total}} \sigma_{\text{muestras}}$	3.40	2.30	4.85	4.72
Prom. σ_{muestras}	0.85	0.57	1.21	1.18
Prom. $\sigma_{\text{muestras}} / \Sigma_{\text{total}} \sigma_{\text{muestras}}$	0.25	0.25	0.25	0.25
Tendencia (+) (%)	25.00	25.00	25.00	25.00
Resistencia promedio a los 28 días	210.58	218.25	223.77	227.42
Resistencia máxima probabilística	263.22	272.81	279.72	284.27

Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.

Revisado por:


MARCOS LUIS CHOQUILÍN VERGARA
 INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
 Registro CIP N° 360275


LMSCEACH
 LABORATORIO DE MATERIALES DE CONCRETO
 JOSÉ URBINA TORAPASCA FANTA
 TEC. EN PUEBLOS Y PAQUETISTOS

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 BITEL: 990336658 CORREO:
 lmsceach@hotmail.com / George3062@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.



UNIVERSIDAD : Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
ESCUELA : Ingeniería Civil
TESISTA : Joel Andamayo Quihui
TESIS : : Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a la compresión y la permeabilidad
UBICACIÓN : Ayacucho, Huamanga - Perú
ENSAYO : Resistencia a la flexión de prismas de concreto convencional ($f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$) (NTP 339.078/ASTM C293)
REFERENCIA : Comité ACI 211.

Resistencia a la flexión de concreto convencional									
N°	Descripción	Medidas (cm)			Fecha		Edad (días)	Dial de carga (kg.f)	Mr (kg/cm ²)
		Largo (H)	Ancho (D)	Altura (D)	Vaceado	Rotura			
1	Probeta N° 01	52.65	15.00	15.00	21/05/2025	28/05/2025	7.00	22577.47	12.51
2	Probeta N° 02	52.65	15.00	15.00	21/05/2025	28/05/2025	7.00	23688.81	13.13
3	Probeta N° 03	52.65	15.00	15.00	21/05/2025	28/05/2025	7.00	23999.98	13.30
4	Probeta N° 04	52.65	15.00	15.00	21/05/2025	4/06/2025	14.00	26852.36	14.88
5	Probeta N° 05	52.65	15.00	15.00	21/05/2025	4/06/2025	14.00	27164.57	15.05
6	Probeta N° 06	52.65	15.00	15.00	21/05/2025	4/06/2025	14.00	28287.73	15.68
7	Probeta N° 07	52.65	15.00	15.00	21/05/2025	11/06/2025	21.00	33154.87	18.37
8	Probeta N° 08	52.65	15.00	15.00	21/05/2025	11/06/2025	21.00	34658.09	19.21
9	Probeta N° 09	52.65	15.00	15.00	21/05/2025	11/06/2025	21.00	35698.13	19.78
10	Probeta N° 10	52.65	15.00	15.00	21/05/2025	18/06/2025	28.00	38511.62	21.34
11	Probeta N° 11	52.65	15.00	15.00	21/05/2025	18/06/2025	28.00	38704.44	21.45
12	Probeta N° 12	52.65	15.00	15.00	21/05/2025	18/06/2025	28.00	38994.55	21.61

Area base del prisma = 1804.50 cm²

NOTA:

Las probetas convencionales fueron elaboradas por el laboratorio.

Ayacucho, 18 de junio del 2025

Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.

Revisado por:


MARCOS LUIS CHUQUILIN VERGARA
 INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
 Registro CIP N° 360275


LMSCEACH
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO
 CHICLAYO - PERÚ
 JOSE LUIS TOMARPARCA SANTA
 TÉCNICO EN SUELOS Y PAVIMENTOS

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 BITEL: 990336658 CORREO: lmsceach@hotmail.com / George3062@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.



UNIVERSIDAD : Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
ESCUELA : Ingeniería Civil
TESISTA : Joel Andamayo Quihui
TESIS : Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a la compresión y la permeabilidad
UBICACIÓN : Ayacucho, Huamanga - Perú
ENSAYO : Resistencia a la flexión de prismas de concreto experimental ($f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$) (4^{ta} adición: 1.00% FCRP) (NTP 339.078/ASTM C293)
REFERENCIA : Comité ACI 211.

Resistencia a la flexión de concreto bajo dosis óptima experimental (4 ^{ta} adición: 1.00% FCRP)									
Nº	Descripción	Medidas (cm)			Fecha		Edad (días)	Dial de carga (kg.f)	Mr (kg/cm ²)
		Largo (H)	Ancho (D)	Altura (D)	Vaceado	Rotura			
1	Probeta N° 01	52.65	15.00	15.00	21/05/2025	28/05/2025	7.00	21879.62	12.13
2	Probeta N° 02	52.65	15.00	15.00	21/05/2025	28/05/2025	7.00	23405.10	12.97
3	Probeta N° 03	52.65	15.00	15.00	21/05/2025	28/05/2025	7.00	23708.56	13.14
4	Probeta N° 04	52.65	15.00	15.00	21/05/2025	4/06/2025	14.00	25365.88	14.06
5	Probeta N° 05	52.65	15.00	15.00	21/05/2025	4/06/2025	14.00	25792.63	14.29
6	Probeta N° 06	52.65	15.00	15.00	21/05/2025	4/06/2025	14.00	25987.51	14.40
7	Probeta N° 07	52.65	15.00	15.00	21/05/2025	11/06/2025	21.00	31258.98	17.32
8	Probeta N° 08	52.65	15.00	15.00	21/05/2025	11/06/2025	21.00	31793.16	17.62
9	Probeta N° 09	52.65	15.00	15.00	21/05/2025	11/06/2025	21.00	32531.60	18.03
10	Probeta N° 10	52.65	15.00	15.00	21/05/2025	18/06/2025	28.00	38584.26	21.38
11	Probeta N° 11	52.65	15.00	15.00	21/05/2025	18/06/2025	28.00	38899.11	21.56
12	Probeta N° 12	52.65	15.00	15.00	21/05/2025	18/06/2025	28.00	39584.32	21.94

Area base del prisma = 1804.50 cm²

NOTA:

Las probetas experimentales (4^{ta} adición: 1.00% FCRP) fueron elaboradas por el laboratorio.

Ayacucho, 18 de junio del 2025

Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.

Revisado por:


MARCOS LUIS CHUQUILIN VERGARA
 INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
 Registro CIP N° 360275


LMSCEACH
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO
 JOSÉ LUIS TOMAFASCA BANTA
 TIT. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 BITEL: 990336658 CORREO: lmsceach@hotmail.com / George3062@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.



UNIVERSIDAD : Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
ESCUELA : Ingeniería Civil
TESISTA : Joel Andamayo Quihui
TESIS : Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a la compresión y la permeabilidad
UBICACIÓN : Ayacucho, Huamanga - Perú
ENSAYO : Resistencia a la flexión de prismas de concreto convencional y dosis óptima experimental (NTP 339.078/ASTM C293)
REFERENCIA : Comité ACI 211.

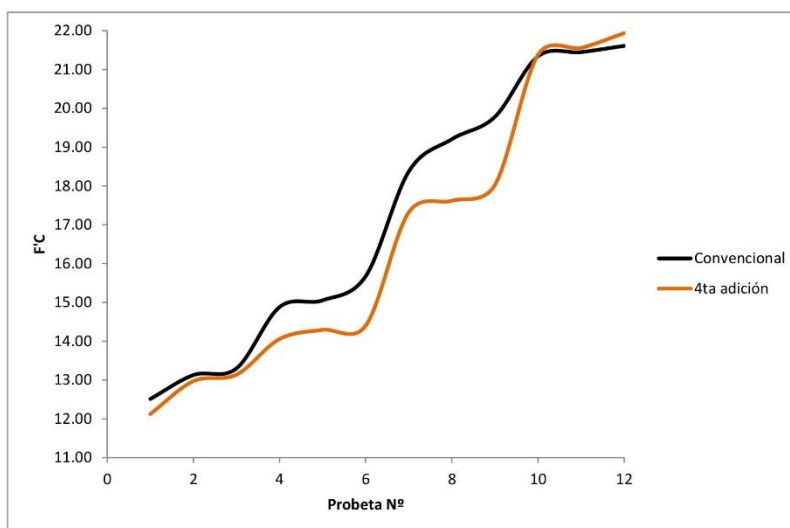
Módulo de rotura de probetas convencionales y dosis óptima experimental ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)		
Probeta Nº	Convencional	4 ^{ta} adición
1	12.51	12.13
2	13.13	12.97
3	13.30	13.14
4	14.88	14.06
5	15.05	14.29
6	15.68	14.40
7	18.37	17.32
8	19.21	17.62
9	19.78	18.03
10	21.34	21.38
11	21.45	21.56
12	21.61	21.94

Legenda:

Ayacucho, 18 de junio del 2025

4^{ta} adición = 1.00% FCRP
 FCRP = Fibra de celulosa reciclada de papel

CURVA DE TENDENCIA POR RESISTENCIA A LA FLEXIÓN



Tendencia probabilística del concreto óptimo experimental

Desviación estándar (σ)	DO: 4 ^{ta} adición (kg/cm ²)
σ_{muestra} a los 7 días	0.54
σ_{muestra} a los 14 días	0.18
σ_{muestra} a los 21 días	0.35
σ_{muestra} a los 28 días	0.28
$\Sigma_{\text{total}} \sigma_{\text{muestras}}$	1.36
Prom. σ_{muestras}	0.34
Prom. $\sigma_{\text{muestras}} / \Sigma_{\text{total}} \sigma_{\text{muestras}}$	0.25
Tendencia (+) (%)	25.00
Resistencia promedio a los 28 días	21.63
Resistencia máxima probabilística	27.03

Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.

Revisado por:


MARCOS LUIS CHUQUILIN VERGARA
 INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
 Registro CIP N° 360275


IMSCEACH
 LABORATORIO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO
 JORGE ANDRÉS TOMAFASCA SANTA
 T.E.C. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 BTEL: 990336658 CORREO: Imisceach@hotmail.com / George3062@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.



UNIVERSIDAD : Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
ESCUELA : Ingeniería Civil
TESISTA : Joel Andamayo Quihui
TESIS : Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a la compresión y la permeabilidad
UBICACIÓN : Ayacucho, Huamanga - Perú
ENSAYO : Concreto endurecido - Parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión.
NORMA : UNE-EN12390-8
CONCRETO : Concreto convencional $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
a/c : 0.461
EDAD : 60 días

Muestra N°	Descripción de la Muestra (kg/cm^2)	Edad (Días)	Fecha		Hora		Tiempo (72 ± 2 Horas)	Cara	Penetración máxima (mm)		
			Inicio	Final	Inicio	Final			Unidad	Promedio	Clase de exposición
M-01	Concreto convencional 210 kg/cm^2	60	21/07/2025	24/07/2025	10:00 a. m.	10:00 a. m.	72	A	58.32	42.92	CUMPLE para elementos en masa o armados
								B	53.99		
M-02	Concreto convencional 210 kg/cm^2	60	21/07/2025	24/07/2025	10:00 a. m.	10:00 a. m.	72	A	38.02		
								B	40.69		
M-03	Concreto convencional 210 kg/cm^2	60	21/07/2025	24/07/2025	10:00 a. m.	10:00 a. m.	72	A	34.30		
								B	32.17		

Nota:

Presión aplicada: 500 kPa aplicada desde la base de la probeta.

Observaciones:

Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.

Revisado por:


LUIS DEMER TORO CORONADO
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. 320584


LMSCEACH
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO
 JOSE MIGUEL TORREALBA PARTA
 TIT. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 BÍTEL: 990336658 CORREO: lmsceach@hotmail.com / George3062@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.



UNIVERSIDAD : Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
ESCUELA : Ingeniería Civil
TESISTA : Joel Andamayo Quihui
TESIS : Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a la compresión y la permeabilidad
UBICACIÓN : Ayacucho, Huamanga - Perú
ENSAYO : Concreto endurecido - Parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión.
NORMA : UNE-EN12390-8
CONCRETO : Concreto experimental 1^{era} adición (0.25% FCRP) ($f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)
a/c : 0.582
EDAD : 60 días

Muestra N°	Descripción de la Muestra (kg/cm ³)	Edad (Días)	Fecha		Hora		Tiempo (72 ± 2 Horas)	Cara	Penetración máxima (mm)		
			Inicio	Final	Inicio	Final			Unidad	Promedio	Clase de exposición
M-01	Concreto experimental 1 ^{era} ad. (0.25% FCRP)	60	21/07/2025	24/07/2025	10:00 a. m.	10:00 a. m.	72	A	36.28	39.01	CUMPLE para elementos en masa o armados
								B	38.25		
M-02	Concreto experimental 1 ^{era} ad. (0.25% FCRP)	60	21/07/2025	24/07/2025	10:00 a. m.	10:00 a. m.	72	A	39.05		
								B	37.34		
M-03	Concreto experimental 1 ^{era} ad. (0.25% FCRP)	60	21/07/2025	24/07/2025	10:00 a. m.	10:00 a. m.	72	A	42.63		
								B	40.48		

Nota:

Presión aplicada: 500 kPa aplicada desde la base de la probeta.

Observaciones:

Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.

Revisado por:


LUIS DEHER TORO CORONADO
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. 320564


JORGE LÓPEZ URQUIZA
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. 320564

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 BITEL: 990336658 CORREO: lmsceach@hotmail.com / George3062@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.



UNIVERSIDAD : Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
ESCUELA : Ingeniería Civil
TESISTA : Joel Andamayo Quihui
TESIS : Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a la compresión y la permeabilidad
UBICACIÓN : Ayacucho, Huamanga - Perú
ENSAYO : Concreto endurecido - Parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión.
NORMA : UNE-EN12390-8
CONCRETO : Concreto experimental 2^{da} adición (0.50% FCRP) ($f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)
a/c : 0.582
EDAD : 60 días

Muestra N°	Descripción de la Muestra (kg/cm ³)	Edad (Días)	Fecha		Hora		Tiempo (72 ± 2 Horas)	Cara	Penetración máxima (mm)			Clase de exposición
			Inicio	Final	Inicio	Final			Unidad	Promedio		
M-01	Concreto experimental 2 ^{da} ad. (0.50% FCRP)	60	21/07/2025	24/07/2025	10:00 a. m.	10:00 a. m.	72	A	39.22	36.78	CUMPLE para elementos en masa o armados	
								B	38.27			
M-02	Concreto experimental 2 ^{da} ad. (0.50% FCRP)	60	21/07/2025	24/07/2025	10:00 a. m.	10:00 a. m.	72	A	40.12			
								B	39.56			
M-03	Concreto experimental 2 ^{da} ad. (0.50% FCRP)	60	21/07/2025	24/07/2025	10:00 a. m.	10:00 a. m.	72	A	31.53			
								B	31.99			

Nota:

Presión aplicada: 500 kPa aplicada desde la base de la probeta.

Observaciones:

Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.

Revisado por:


LUIS DEMER TORO CORONADO
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. 320694


LMSCEACH
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO
 JOSÉ SAMUEL TOMAZÁRCAGA SANTA
 TERCERA AV. SUELOS Y PAVIMENTOS

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 BÍTEL: 990336658 CORREO: lmsceach@hotmail.com / George3062@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.



UNIVERSIDAD : Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
ESCUELA : Ingeniería Civil
TESISTA : Joel Andamayo Quihui
TESIS : Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a la compresión y la permeabilidad
UBICACIÓN : Ayacucho, Huamanga - Perú
ENSAYO : Concreto endurecido - Parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión.
NORMA : UNE-EN12390-8
CONCRETO : Concreto experimental 3^{ra} adición (0.75% FCRP) ($f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)
a/c : 0.582
EDAD : 60 días

Muestra N°	Descripción de la Muestra (kg/cm ³)	Edad (Días)	Fecha		Hora		Tiempo (72 ± 2 Horas)	Cara	Penetración máxima (mm)			Clase de exposición
			Inicio	Final	Inicio	Final			Unidad	Promedio		
M-01	Concreto experimental 3 ^{ra} ad. (0.75% FCRP)	60	21/07/2025	24/07/2025	10:00 a. m.	10:00 a. m.	72	A	34.94	35.44	CUMPLE para elementos en masa o armados	
								B	35.57			
M-02	Concreto experimental 3 ^{ra} ad. (0.75% FCRP)	60	21/07/2025	24/07/2025	10:00 a. m.	10:00 a. m.	72	A	38.78			
								B	35.29			
M-03	Concreto experimental 3 ^{ra} ad. (0.75% FCRP)	60	21/07/2025	24/07/2025	10:00 a. m.	10:00 a. m.	72	A	33.48			
								B	34.58			

Nota:

Presión aplicada: 500 kPa aplicada desde la base de la probeta.

Observaciones:

Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.

Revisado por:


LUIS DÉNNER TORO CORONADO
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. 320664


LMSCEACH
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO
 JOSÉ LUIS TORREALBA GARCÍA
 TEG. DE SUELOS Y FUNDACIONES

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 BÍTEL: 990336658 CORREO: lmsceach@hotmail.com / George3062@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.



UNIVERSIDAD : Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
ESCUELA : Ingeniería Civil
TESISTA : Joel Andamayo Quihui
TESIS : Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a la compresión y la permeabilidad
UBICACIÓN : Ayacucho, Huamanga - Perú
REFERENCIA : Comité ACI 211.
ENSAYO : Concreto endurecido - Parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión.
NORMA : UNE-EN12390-8
CONCRETO : Concreto experimental 4^{ta} adición (1.00% FCRP) ($f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)
a/c : 0.583
EDAD : 60 días

Muestra N°	Descripción de la Muestra (kg/cm ³)	Edad (Días)	Fecha		Hora		Tiempo (72 ± 2 Horas)	Cara	Penetración máxima (mm)			Clase de exposición
			Inicio	Final	Inicio	Final			Unidad	Promedio		
M-01	Concreto experimental 4 ^{ta} ad. (1.00% FCRP)	60	21/07/2025	24/07/2025	10:00 a. m.	10:00 a. m.	72	A	32.00	33.16	CUMPLE para elementos en masa o armados	
								B	31.55			
M-02	Concreto experimental 4 ^{ta} ad. (1.00% FCRP)	60	21/07/2025	24/07/2025	10:00 a. m.	10:00 a. m.	72	A	34.71			
								B	32.07			
M-03	Concreto experimental 4 ^{ta} ad. (1.00% FCRP)	60	21/07/2025	24/07/2025	10:00 a. m.	10:00 a. m.	72	A	34.58			
								B	34.07			

Nota:

Presión aplicada: 500 kPa aplicada desde la base de la probeta.

Observaciones:

Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.

Revisado por:


LUIS BENNER TORO CORONADO
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. 320584


LMSCEACH
 S.A.S.
 JORGE MANUEL TOVAR GARCÍA
 TEC. DE SUELOS Y FUNDAMENTOS

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 BITEL: 990336658 CORREO: lmsceach@hotmail.com / George3062@hotmail.com

e) Certificados de laboratorio



CALIBRATEC S.A.C.
LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-F-085-2025

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 4

1. Expediente	0439
2. Solicitante	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO- CHICLAYO E.I.R.L.
3. Dirección	AV. AUGUSTO B. LEGUIA NRO. 287 P.J. SIMON BOLIVAR LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO
4. Instrumento calibrado	MÁQUINA DE ENSAYO UNIAxIAL (Prensa de Concreto)
Marca	FORNEY
Modelo	No indica
N° de serie	1111008
Identificación	No indica
Procedencia	U.S.A.
Intervalo de indicación	0 kgf a 120000 kgf
Resolución	0,1 kgf
Clase de exactitud	No indica
Modo de fuerza	Compresión
Indicador Digital	
Marca	FORNEY
Modelo	No indica
Serie	1111008
Resolución	0,1 kgf
Transductor de Presión	
Marca	GEFRAN
Modelo	No indica
Serie	No indica
5. Fecha de calibración	2024-12-22

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2025-01-02

Jefe de Laboratorio



Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-085-2025

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 4

6. Método de calibración

La calibración se realiza por comparación directa entre el valor de fuerza indicada en el dispositivo indicador de la máquina a ser calibrada y la indicación de fuerza real tomada del instrumento de medición de fuerza patrón siguiendo la PC-032 "Procedimiento para la calibración de máquinas de ensayos uniaxiales" Edición 01 del INACAL - DM.

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos, Emulsiones y Asfalto E.I.R.L. ubicado en Av. Augusto B. Leguía Nro. 287 P.J. Simón Bolívar - Lambayeque - Chiclayo - Chiclayo

8. Condiciones de calibración

	Inicial	Final
Temperatura	27,0 °C	27,0 °C
Humedad relativa	58 %	58 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PUCP	Celda de carga de 150 t con una incertidumbre de 271 kg	INF-LE N° 093-24 B

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- El instrumento a calibrar no indica la clase, sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase 1 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622

☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima

✉ ventascalibratec@gmail.com

🏢 CALIBRATEC SAC

CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-085-2025

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 4

11. Resultados de medición

Indicación de la máquina de ensayo		Indicación del transductor de fuerza patrón					Promedio	Error de medición
		1ra Serie	2da Serie	3ra Serie		4ta Serie Accesorios		
		Ascenso	Ascenso	Ascenso	Descenso	Ascenso		
%	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	
10	10000,0	9946,6	9951,6	9956,6	--	--	9951,6	48,4
20	20000,0	19933,8	19938,8	19933,8	--	--	19935,5	64,5
30	30000,0	29965,3	29970,3	29945,3	--	--	29960,3	39,7
40	40000,0	39956,2	39976,2	39966,2	--	--	39966,2	33,8
50	50000,0	49971,5	49981,5	49961,5	--	--	49971,5	28,5
60	60000,0	59991,1	59971,1	59986,1	--	--	59982,8	17,2
70	70000,0	69975,1	69960,1	69995,1	--	--	69976,8	23,2
80	80000,0	80003,5	80008,5	79983,5	--	--	79998,5	1,5
90	90000,0	90016,2	89976,2	89981,2	--	--	89991,2	8,8
100	100000,0	100013,3	100023,3	100038,3	--	--	100025,0	-25,0

Indicación de la máquina de ensayo		Errores relativos de medición					Incertidumbre de medición relativa
		Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad	Resolución relativa	Error con accesorios	
		q	b	v	a	%	
%	kgf	%	%	%	%	%	
10	10000	0,49	0,10	--	0,00	--	0,95
20	20000	0,32	0,03	--	0,00	--	0,53
30	30000	0,13	0,08	--	0,00	--	0,42
40	40000	0,08	0,05	--	0,00	--	0,36
50	50000	0,06	0,04	--	0,00	--	0,34
60	60000	0,03	0,03	--	0,00	--	0,32
70	70000	0,03	0,05	--	0,00	--	0,31
80	80000	0,00	0,03	--	0,00	--	0,30
90	90000	0,01	0,04	--	0,00	--	0,30
100	100000	-0,02	0,03	--	0,00	--	0,30

Clase de la escala de la máquina de ensayo	Valor máximo permitido (ISO 7500 - 1)				
	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad	Resolución relativa	Cero f0
	q	b	v	a	f0
0,5	± 0,50	0,5	± 0,75	± 0,25	± 0,05
1	± 1,00	1,0	± 1,50	± 0,50	± 0,10
2	± 2,00	2,0	± 3,00	± 1,00	± 0,20
3	± 3,00	3,0	± 4,50	± 1,50	± 0,30

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f₀) 0,00 %

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622

☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima

✉ ventascalibratec@gmail.com

🏢 CALIBRATEC SAC

CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-085-2025

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 4 de 4

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

FIN DEL DOCUMENTO

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622

☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima

✉ ventascalibratec@gmail.com

🏢 CALIBRATEC SAC

CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-0139-2025

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 1 de 5

1. Expediente	0439	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
3. Dirección	AV. AUGUSTO B. LEGUIA NRO. 287 P.J. SIMON BOLIVAR LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO	CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
4. Instrumento calibrado	PIE DE REY (VERNIER)	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Marca	MITUTOYO	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Modelo	530-115	
N° de serie	12236227	
Identificación	No indica	
Procedencia	Japón	
Intervalo de indicación	0 mm a 300 mm	
Resolución	0,05 mm	
Tipo de indicación	Análogica	
5. Fecha de calibración	2024 - 12 - 22	

Fecha de Emisión

2025-01-04

Jefe de Laboratorio



Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622

☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima

✉ ventascalibratec@gmail.com

🏢 CALIBRATEC SAC

CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-0139-2025

Área de Metrología

Laboratorio de Longitud

Página 2 de 5

6. Método de calibración

La Calibración se efectuó por comparación directa entre bloques patrones calibrados y la indicación del instrumento a calibrar tomando como referencia el PC-012, Edición 5^ª Procedimiento de Calibración de Pie de Rey "del SNM-INDECOP".

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos, Emulsiones y Asfalto E.I.R.L. ubicado en Av. Augusto B. Leguía Nro. 287 P.J. Simón Bolívar Lambayeque - Chiclayo - Chiclayo

8. Condiciones de calibración

	Inicial	Final
Temperatura	26,3 °C	26,8 °C
Humedad relativa	62 %	62 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Bloques patrón de Longitud de grado 0	LLA-C-053-2024
ELICROM	Termohigrómetro Digital BOECO	CCP-0102-001-24

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**
- N° de serie grabado en el instrumento.

(* Identificación indicado en el instrumento a calibrar.

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622

☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B. - Comas - Lima - Lima

✉ ventascalibratec@gmail.com

🏢 CALIBRATEC SAC

CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-0139-2025

Área de Metrología

Laboratorio de Longitud

Página 3 de 5

11. Resultados de medición

Error de referencia inicial (I) = 0,00 μm

Error de indicación del pie de rey para medición de exteriores

Valor patrón (mm)	Indicación promedio del Pie de Rey (mm)	Error (μm)
10,001	10,001	0
50,003	50,004	1
100,007	100,008	1
200,015	200,032	17
300,022	300,039	17

Error de contacto de la superficie parcial (E)

Valor patrón (mm)	Error (μm)
200,016	50

Error de repetibilidad (R)

Valor patrón (mm)	Error (μm)
200,016	50

Error de cambio de escala de exteriores a interiores ($S_{e,i}$)

Valor patrón (mm)	Error (μm)
20,001	0

Error de cambio de escala de exteriores a profundidad ($S_{e,p}$)

Valor patrón (mm)	Error (μm)
20,001	0

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622

☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima

✉ ventascalibratec@gmail.com

🏢 CALIBRATEC SAC

CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-0139-2025

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 4 de 5

Error de contacto lineal (L)

Valor patrón (mm)	Error (μm)
10,001	0

Error de contacto de superficie completa (J)

Valor patrón (mm)	Error (μm)
10,001	0

Error por la distancia de cruce de las superficies de medición para interiores (K)

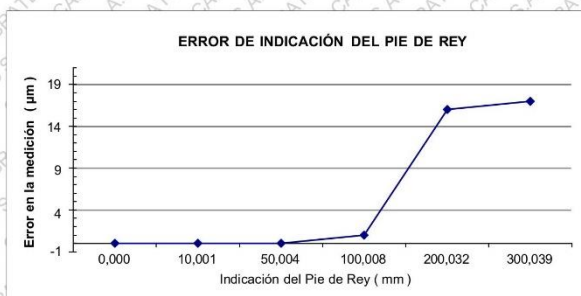
Valor patrón (mm)	Error (μm)
5,000	0

$$\text{Incertidumbre de la medición} = (69,044^2 + 0,09^2 \cdot L^2)^{1/2} \mu\text{m}$$

L : Indicación del pie de rey expresado en milímetros (mm)

Nota 1 : Error de indicación del pie de rey para medición de interiores = Error de indicación de exteriores + Error de cambio de escala de exteriores a interiores.

Nota 2 : Error de indicación del pie de rey para medición de profundidad = Error de indicación de exteriores + Error de cambio de escala de exteriores a profundidad.



Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622

☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima

✉ ventascalibratec@gmail.com

🏢 CALIBRATEC SAC

CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-0139-2025

Área de Metrología

Laboratorio de Longitud

Página 5 de 5

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

FIN DEL DOCUMENTO

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622

☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima

✉ ventascalibratec@gmail.com

🏢 CALIBRATEC SAC

CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

Área de Metrología

Laboratorio de Longitud

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-0159-2025

Página 1 de 3

1. Expediente	0439	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO- CHICLAYO E.I.R.L.	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
3. Dirección	AV. AUGUSTO B. LEGUIA NRO. 287 P.J. SIMON BOLIVAR LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO	CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
4. Equipo calibrado	TAMIZ	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Marca	INDUSTRIAL AMERICA TECNICA	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Número de Serie	0038	
Identificación	No indica	
Procedencia	No indica	
Abertura Nominal	150 µm	
Diámetro de bastidor	8 pulgadas	
Designación alternativa	# 100	
5. Fecha de Calibración	2024-12-25	

Fecha de Emisión

2025-01-04

Jefe de Laboratorio



☎ 977 997 385 - 913 028 622

☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima

✉ ventascalibratec@gmail.com

🏢 CALIBRATEC SAC

CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

Área de Metrología

Laboratorio de Longitud

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-0159-2025

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó empleando el método de comparación directa tomando las medidas de abertura de la malla y el diámetro del alambre, tomando como referencia la norma ASTM E11 - 22 "Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves"

7. Lugar de calibración

En las instalaciones de CALIBRATEC S.A.C. ubicado en Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21,0 °C	21,0 °C
Humedad Relativa	72 %	70 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Reticula de medición con incertidumbre del orden de 1,2 µm a 1,5 µm	LLA-029-2025

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva de **CALIBRADO**.
- Los resultados declarados en el presente certificado, se relacionan solamente con el ítem calibrado indicado en la página 1.
- Ninguna medición supera la máxima variación de abertura.

☎ 977 997 385 - 913 028 622

☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima

✉ ventascalibratec@gmail.com

🏢 CALIBRATEC SAC

CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

Área de Metrología

Laboratorio de Longitud

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-0159-2025

Página 3 de 3

11. Resultados

ABERTURA DEL TAMIZ

Abertura Promedio μm	Abertura Máxima μm	Desviación estándar μm	Incertidumbre μm
155,6	168,0	8,78	4,7

ERRORES MÁXIMOS PERMITIDOS (ASTM E11-22)

Variación de abertura promedio		Máxima variación de abertura μm	Máxima desviación estandar μm
Mínimo μm	Máximo μm		
144	156	188,00	11,86

DIÁMETRO DEL ALAMBRE

Diámetro Promedio μm	Incertidumbre μm	E.M.P. (ASTM E11-22)	
		Máximo μm	Máximo μm
85,7	4,2	85,0	115,0

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

FIN DEL DOCUMENTO

☎ 977 997 385 - 913 028 622

☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima

✉ ventascalibratec@gmail.com

🏢 CALIBRATEC SAC

CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

Área de Metrología

Laboratorio de Longitud

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-0160-2025

Página 1 de 3

1. Expediente	0439	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO- CHICLAYO E.I.R.L.	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
3. Dirección	AV. AUGUSTO B. LEGUIA NRO. 287 P.J. SIMON BOLIVAR LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO	CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
4. Equipo calibrado	TAMIZ	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Marca	ORION	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Número de Serie	No indica	
Identificación	CI-0163 (*)	
Procedencia	No indica	
Abertura Nominal	75 µm	
Diámetro de bastidor	8 pulgadas	
Designación alternativa	# 200	
5. Fecha de Calibración	2024-12-23	

Fecha de Emisión

2025-01-04

Jefe de Laboratorio



☎ 977 997 385 - 913 028 622

☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B. - Comas - Lima - Lima

✉ ventascalibratec@gmail.com

🏢 CALIBRATEC SAC

CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

Área de Metrología

Laboratorio de Longitud

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-0160-2025

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó empleando el método de comparación directa tomando las medidas de abertura de la malla y el diámetro del alambre, tomando como referencia la norma ASTM E11 - 22 "Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves"

7. Lugar de calibración

En las instalaciones de CALIBRATEC S.A.C. ubicado en Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	22,0 °C	22,0 °C
Humedad Relativa	69 %	64 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Reticula de medición con incertidumbre del orden de 1,2 μm a 1,5 μm	LLA-029-2024

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva de **CALIBRADO**.
- Los resultados declarados en el presente certificado, se relacionan solamente con el ítem calibrado indicado en la página 1.
- Ninguna medición supera la máxima variación de abertura.

(*) Código de identificación asignado por CALIBRATEC S.A.C. e indicado en una etiqueta adherida al equipo.

☎ 977 997 385 - 913 028 622

☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima

✉ ventascalibratec@gmail.com

🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-L-0160-2025

Área de Metrología

Laboratorio de Longitud

Página 3 de 3

11. Resultados**ABERTURA DEL TAMIZ**

Abertura Promedio μm	Abertura Máxima μm	Desviación estándar μm	Incertidumbre μm
73,2	84,0	6,18	4,1

ERRORES MÁXIMOS PERMITIDOS (ASTM E11-22)

Variación de abertura promedio		Máxima variación de abertura μm	Máxima desviación estandar μm
Mínimo μm	Máximo μm		
71,3	78,7	101,00	8,04

DIÁMETRO DEL ALAMBRE


Diámetro Promedio μm	Incertidumbre μm	E.M.P. (ASTM E11-22)	
		Máximo μm	Máximo μm
52,2	3,7	43,0	58,0


12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

FIN DEL DOCUMENTO

 977 997 385 - 913 028 622

 913 028 623 - 913 028 624

 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima

 ventascalibratec@gmail.com
 CALIBRATEC SAC

CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

Área de Metrología

Laboratorio de Longitud

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-0162-2025

Página 1 de 3

1. Expediente	0439	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.	
3. Dirección	AV. AUGUSTO B. LEGUIA NRO. 287 P.J. SIMON BOLIVAR LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
4. Equipo calibrado	TAMIZ	
Marca	No indica	
Número de Serie	136284	CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Identificación	No indica	
Procedencia	No indica	
Abertura Nominal	425 µm	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Diámetro de bastidor	8 pulgadas	
Designación alternativa	# 40	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
5. Fecha de Calibración	2024-12-23	

Fecha de Emisión

2025-01-04

Jefe de Laboratorio



☎ 977 997 385 - 913 028 622

☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B. - Comas - Lima - Lima

✉ ventascalibratec@gmail.com

🏢 CALIBRATEC SAC

CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-0162-2025

Área de Metrología

Laboratorio de Longitud

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó empleando el método de comparación directa tomando las medidas de abertura de la malla y el diámetro del alambre, tomando como referencia la norma ASTM E11 - 22 "Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves"

7. Lugar de calibración

En las instalaciones de CALIBRATEC S.A.C. ubicado en Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	23,0 °C	23,0 °C
Humedad Relativa	65 %	65 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Reticula de medición con incertidumbre del orden de 1,2 µm a 1,5 µm	LLA-029-2025

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva de **CALIBRADO**.
- Los resultados declarados en el presente certificado, se relacionan solamente con el ítem calibrado indicado en la página 1.
- Ninguna medición supera la máxima variación de abertura.

☎ 977 997 385 - 913 028 622

☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima

✉ ventascalibratec@gmail.com

🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-L-0162-2025

Área de Metrología

Laboratorio de Longitud

Página 3 de 3

11. Resultados**ABERTURA DEL TAMIZ**

Abertura Promedio μm	Abertura Máxima μm	Desviación estándar μm	Incertidumbre μm
411,0	426,0	13,33	5,9

ERRORES MÁXIMOS PERMITIDOS (ASTM E11 -22)

Variación de abertura promedio		Máxima variación de abertura μm	Máxima desviación estandar μm
Mínimo μm	Máximo μm		
411	439	498,0	22,43

DIÁMETRO DEL ALAMBRE


Diámetro Promedio μm	Incertidumbre μm	E.M.P. (ASTM E11-22)	
		Máximo μm	Máximo μm
293,4	4,9	240,0	320,0


12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

FIN DEL DOCUMENTO

 977 997 385 - 913 028 622

 913 028 623 - 913 028 624

 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima

 ventascalibratec@gmail.com
 CALIBRATEC SAC

CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

Área de Metrología

Laboratorio de Longitud

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-0163-2025

Página 1 de 3

1. Expediente	0439	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
3. Dirección	AV. AUGUSTO B. LEGUIA NRO. 287 P.J. SIMON BOLIVAR LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO	CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
4. Equipo calibrado	TAMIZ	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Marca	No indica	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Número de Serie	No indica	
Identificación	CI-0162 (*)	
Procedencia	No indica	
Abertura Nominal	600 µm	
Diámetro de bastidor	8 pulgadas	
Designación alternativa	# 30	
5. Fecha de Calibración	2024-12-23	

Fecha de Emisión

2025-01-04

Jefe de Laboratorio



☎ 977 997 385 - 913 028 622

☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B. - Comas - Lima - Lima

✉ ventascalibratec@gmail.com

🏢 CALIBRATEC SAC

CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

Área de Metrología

Laboratorio de Longitud

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-0163-2025

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó empleando el método de comparación directa tomando las medidas de abertura de la malla y el diámetro del alambre, tomando como referencia la norma ASTM E11 - 22 "Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves"

7. Lugar de calibración

En las instalaciones de CALIBRATEC S.A.C. ubicado en Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	23,0 °C	23,0 °C
Humedad Relativa	65 %	64 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Reticula de medición con incertidumbre del orden de 1,2 µm a 1,5 µm	LLA-029-2024

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva de **CALIBRADO**.
 - Los resultados declarados en el presente certificado, se relacionan solamente con el ítem calibrado indicado en la página 1.
 - Ninguna medición supera la máxima variación de abertura.
- (*) Código de identificación asignado por CALIBRATEC S.A.C. e indicado en una etiqueta adherida al equipo.

☎ 977 997 385 - 913 028 622

☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima

✉ ventascalibratec@gmail.com

🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-L-0163-2025

Área de Metrología

Laboratorio de Longitud

Página 3 de 3

11. Resultados**ABERTURA DEL TAMIZ**

Abertura Promedio μm	Abertura Máxima μm	Desviación estándar μm	Incertidumbre μm
618,0	659,0	14,51	6,3

ERRORES MÁXIMOS PERMITIDOS (ASTM E11-22)

Variación de abertura promedio		Máxima variación de abertura μm	Máxima desviación estandar μm
Mínimo μm	Máximo μm		
581	619	691,00	28,06

DIÁMETRO DEL ALAMBRE


Diámetro Promedio μm	Incertidumbre μm	E.M.P. (ASTM E11-22)	
		Máximo μm	Máximo μm
418,4	6,2	340,0	460,0


12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

FIN DEL DOCUMENTO

 977 997 385 - 913 028 622

 913 028 623 - 913 028 624

 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima

 ventascalibratec@gmail.com
 CALIBRATEC SAC

CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

Área de Metrología

Laboratorio de Longitud

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-0164-2025

Página 1 de 3

1. Expediente	0439	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
3. Dirección	AV. AUGUSTO B. LEGUIA NRO. 287 P.J. SIMON BOLIVAR LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO	CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
4. Equipo calibrado	TAMIZ	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Marca	SOILTEST	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Número de Serie	No indica	
Identificación	CI-0161 (*)	
Procedencia	U.S.A	
Abertura Nominal	850 µm	
Diámetro de bastidor	8 pulgadas	
Designación alternativa	#20	
5. Fecha de Calibración	2024-12-22	

Fecha de Emisión

2025-01-04

Jefe de Laboratorio



☎ 977 997 385 - 913 028 622

☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima

✉ ventascalibratec@gmail.com

🏢 CALIBRATEC SAC

CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

Área de Metrología

Laboratorio de Longitud

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-0164-2025

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó empleando el método de comparación directa tomando las medidas de abertura de la malla y el diámetro del alambre, tomando como referencia la norma ASTM E11 - 22 "Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves"

7. Lugar de calibración

En las instalaciones de CALIBRATEC S.A.C. ubicado en Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	23,0 °C	23,0 °C
Humedad Relativa	64 %	63 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Reticula de medición con incertidumbre del orden de 1,2 μm a 1,5 μm	LLA-029-2024

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva de **CALIBRADO**.
 - Los resultados declarados en el presente certificado, se relacionan solamente con el ítem calibrado indicado en la página 1.
 - Ninguna medición supera la máxima variación de abertura.
- (*) Código de identificación asignado por CALIBRATEC S.A.C. e indicado en una etiqueta adherida al equipo.

☎ 977 997 385 - 913 028 622

☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima

✉ ventascalibratec@gmail.com

🏢 CALIBRATEC SAC

CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-0164-2025

Área de Metrología

Laboratorio de Longitud

Página 3 de 3

11. Resultados

ABERTURA DEL TAMIZ

Abertura Promedio μm	Abertura Máxima μm	Desviación estándar μm	Incertidumbre μm
874,3	898,0	17,42	7,2

ERRORES MÁXIMOS PERMITIDOS (ASTM E11-22)

Variación de abertura promedio		Máxima variación de abertura μm	Máxima desviación estandar μm
Mínimo μm	Máximo μm		
823,8	876,2	964,0	35,25

DIÁMETRO DEL ALAMBRE

Diámetro Promedio μm	Incertidumbre μm	E.M.P. (ASTM E11-22)	
		Máximo μm	Máximo μm
493,2	6,3	430,0	580,0

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

FIN DEL DOCUMENTO

☎ 977 997 385 - 913 028 622

☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima

✉ ventascalibratec@gmail.com

🏢 CALIBRATEC SAC

CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

Área de Metrología

Laboratorio de Longitud

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-0165-2025

Página 1 de 3

1. Expediente	0439	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
3. Dirección	AV. AUGUSTO B. LEGUIA NRO. 287 P.J. SIMON BOLIVAR LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO	CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
4. Equipo calibrado	TAMIZ	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Marca	SOILTEST	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Número de Serie	No indica	
Identificación	CI-0160 (*)	
Procedencia	U.S.A	
Abertura Nominal	1,18 mm	
Diámetro de bastidor	8 pulgadas	
Designación alternativa	#16	
5. Fecha de Calibración	2024-12-23	

Fecha de Emisión

2025-01-04

Jefe de Laboratorio



☎ 977 997 385 - 913 028 622

☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B. - Comas - Lima - Lima

✉ ventascalibratec@gmail.com

🏢 CALIBRATEC SAC

CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

Área de Metrología

Laboratorio de Longitud

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-0165-2025

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó empleando el método de comparación directa tomando las medidas de abertura de la malla y el diámetro del alambre, tomando como referencia la norma ASTM E11 - 22 "Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves"

7. Lugar de calibración

En las instalaciones de CALIBRATEC S.A.C. ubicado en Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	23,0 °C	23,0 °C
Humedad Relativa	64 %	64 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Reticula de medición con incertidumbre del orden de 1,2 μm a 1,5 μm	LLA-029-2024

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva de **CALIBRADO**.
 - Los resultados declarados en el presente certificado, se relacionan solamente con el ítem calibrado indicado en la página 1.
 - Ninguna medición supera la máxima variación de abertura.
- (*) Código de identificación asignado por CALIBRATEC S.A.C. e indicado en una etiqueta adherida al equipo.

☎ 977 997 385 - 913 028 622

☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima

✉ ventascalibratec@gmail.com

🏢 CALIBRATEC SAC

CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

Área de Metrología

Laboratorio de Longitud

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-0165-2025

Página 3 de 3

11. Resultados

ABERTURA DEL TAMIZ

Abertura Promedio mm	Abertura Máxima mm	Desviación estándar mm	Incertidumbre mm
1,178	1,199	0,019	0,008

ERRORES MÁXIMOS PERMITIDOS (ASTM E11-22)

Variación de abertura promedio		Máxima variación de abertura mm	Máxima desviación estandar mm
Mínimo mm	Máximo mm		
1,144	1,216	1,32	0,045

DIÁMETRO DEL ALAMBRE

Diámetro Promedio mm	Incertidumbre mm	E.M.P. (ASTM E11-22)	
		Máximo mm	Máximo mm
0,647	0,006	0,540	0,720

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

FIN DEL DOCUMENTO

☎ 977 997 385 - 913 028 622

☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima

✉ ventascalibratec@gmail.com

🏢 CALIBRATEC SAC

CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

Área de Metrología

Laboratorio de Longitud

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-0166-2025

Página 1 de 3

1. Expediente	0439	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
3. Dirección	AV. AUGUSTO B. LEGUIA NRO. 287 P.J. SIMON BOLIVAR LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO	CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
4. Equipo calibrado	TAMIZ	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Marca	ELE INTERNACIONAL	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Número de Serie	1217735	
Identificación	No indica	
Procedencia	No indica	
Abertura Nominal	75 µm	
Diámetro de bastidor	8 pulgadas	
Designación alternativa	#200	
5. Fecha de Calibración	2024-12-23	

Fecha de Emisión

2025-01-04

Jefe de Laboratorio



☎ 977 997 385 - 913 028 622

☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima

✉ ventascalibratec@gmail.com

🏢 CALIBRATEC SAC

CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

Área de Metrología

Laboratorio de Longitud

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-0166-2025

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó empleando el método de comparación directa tomando las medidas de abertura de la malla y el diámetro del alambre, tomando como referencia la norma ASTM E11 - 22 "Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves"

7. Lugar de calibración

En las instalaciones de CALIBRATEC S.A.C. ubicado en Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	22,0 °C	22,0 °C
Humedad Relativa	67 %	68 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Reticula de medición con incertidumbre del orden de 1,2 μm a 1,5 μm	LLA-029-2025

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva de **CALIBRADO**.
- Los resultados declarados en el presente certificado, se relacionan solamente con el ítem calibrado indicado en la página 1.
- Ninguna medición supera la máxima variación de abertura.

☎ 977 997 385 - 913 028 622

☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima

✉ ventascalibratec@gmail.com

🏢 CALIBRATEC SAC

CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-0166-2025

Área de Metrología

Laboratorio de Longitud

Página 3 de 3

11. Resultados

ABERTURA DEL TAMIZ

Abertura Promedio μm	Abertura Máxima μm	Desviación estándar μm	Incertidumbre μm
75,2	84,0	6,45	4,1

ERRORES MÁXIMOS PERMITIDOS (ASTM E11-22)

Variación de abertura promedio		Máxima variación de abertura μm	Máxima desviación estandar μm
Mínimo μm	Máximo μm		
71,3	78,7	101,00	8,04

DIÁMETRO DEL ALAMBRE

Diámetro Promedio μm	Incertidumbre μm	E.M.P. (ASTM E11-22)	
		Máximo μm	Máximo μm
46,4	3,9	43,0	58,0

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

FIN DEL DOCUMENTO

☎ 977 997 385 - 913 028 622

☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima

✉ ventascalibratec@gmail.com

🏢 CALIBRATEC SAC

CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

Área de Metrología

Laboratorio de Longitud

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-0167-2025

Página 1 de 3

1. Expediente	0439	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
3. Dirección	AV. AUGUSTO B. LEGUIA NRO. 287 P.J. SIMON BOLIVAR LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO	CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
4. Equipo calibrado	TAMIZ	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Marca	GRANOTEST	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Número de Serie	310	
Identificación	No indica	
Procedencia	Colombia	
Abertura Nominal	2 mm	
Diámetro de bastidor	8 pulgadas	
Designación alternativa	#10	
5. Fecha de Calibración	2024-12-23	

Fecha de Emisión

2025-01-04

Jefe de Laboratorio



☎ 977 997 385 - 913 028 622

☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B. - Comas - Lima - Lima

✉ ventascalibratec@gmail.com

🏢 CALIBRATEC SAC

CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

Área de Metrología

Laboratorio de Longitud

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-0167-2025

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó empleando el método de comparación directa tomando las medidas de abertura de la malla y el diámetro del alambre, tomando como referencia la norma ASTM E11 - 22. "Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves"

7. Lugar de calibración

En las instalaciones de CALIBRATEC S.A.C. ubicado en Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	22,0 °C	21,0 °C
Humedad Relativa	68 %	68 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
KOSSOMET	Pie de rey con incertidumbre de 29 µm	DM23-C-0130

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva de **CALIBRADO**.
- Los resultados declarados en el presente certificado, se relacionan solamente con el ítem calibrado indicado en la página 1.
- Ninguna medición supera la máxima variación de abertura.

☎ 977 997 385 - 913 028 622

☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima

✉ ventascalibratec@gmail.com

🏢 CALIBRATEC SAC

CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

Área de Metrología

Laboratorio de Longitud

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-0167-2025

Página 3 de 3

11. Resultados

ABERTURA DEL TAMIZ

Abertura Promedio mm	Abertura Máxima mm	Desviación estándar mm	Incertidumbre mm
1,990	2,030	0,043	0,038

ERRORES MÁXIMOS PERMITIDOS (ASTM E11-22)

Variación de abertura promedio		Máxima variación de abertura mm	Máxima desviación estandar mm
Mínimo mm	Máximo mm		
1,941	2,059	2,20	0,064

DIÁMETRO DEL ALAMBRE

Diámetro Promedio mm	Incertidumbre mm	E.M.P. (ASTM E11-22)	
		Máximo mm	Máximo mm
0,969	0,036	0,770	1,040

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

FIN DEL DOCUMENTO

☎ 977 997 385 - 913 028 622

☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima

✉ ventascalibratec@gmail.com

🏢 CALIBRATEC SAC

CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

Área de Metrología

Laboratorio de Longitud

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-0168-2025

Página 1 de 3

1. Expediente	0439	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO - CHICLAYO E.I.R.L.	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
3. Dirección	AV. AUGUSTO B. LEGUIA NRO. 287 P.J. SIMON BOLIVAR LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO	CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
4. Equipo calibrado	TAMIZ	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Marca	ORION	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Número de Serie	No indica	
Identificación	CI-0159 (*)	
Procedencia	No indica	
Abertura Nominal	4,75 mm	
Diámetro de bastidor	8 pulgadas	
Designación alternativa	#4	
5. Fecha de Calibración	2024-12-23	

Fecha de Emisión

2025-01-04

Jefe de Laboratorio



☎ 977 997 385 - 913 028 622

☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B. - Comas - Lima - Lima

✉ ventascalibratec@gmail.com

🏢 CALIBRATEC SAC

CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

Área de Metrología

Laboratorio de Longitud

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-0168-2025

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó empleando el método de comparación directa tomando las medidas de abertura de la malla y el diámetro del alambre, tomando como referencia la norma ASTM E11 - 22. "Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves"

7. Lugar de calibración

En las instalaciones de CALIBRATEC S.A.C. ubicado en Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	23,1 °C	23,1 °C
Humedad Relativa	63 %	63 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
KOSSOMET	Pie de rey con incertidumbre de 29 µm	DM23-C-0130

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva de **CALIBRADO**.
 - Los resultados declarados en el presente certificado, se relacionan solamente con el ítem calibrado indicado en la página 1.
 - Ninguna medición supera la máxima variación de abertura.
- (*) Código de identificación asignado por CALIBRATEC S.A.C. e indicado en una etiqueta adherida al equipo.

☎ 977 997 385 - 913 028 622

☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima

✉ ventascalibratec@gmail.com

🏢 CALIBRATEC SAC

CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

Área de Metrología

Laboratorio de Longitud

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-L-0168-2025

Página 3 de 3

11. Resultados

ABERTURA DEL TAMIZ

Abertura Promedio mm	Abertura Máxima mm	Desviación estandar mm	Incertidumbre mm
4,712	5,050	0,111	0,053

ERRORES MÁXIMOS PERMITIDOS (ASTM E11-22)

Variación de abertura promedio		Máxima variación de abertura mm	Máxima desviación estandar mm
Mínimo mm	Máximo mm		
4,615	4,885	5,12	0,118

DIÁMETRO DEL ALAMBRE

Diámetro Promedio mm	Incertidumbre mm	E.M.P. (ASTM E11-22)	
		Máximo mm	Máximo mm
1,628	0,036	1,300	1,900

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

FIN DEL DOCUMENTO

☎ 977 997 385 - 913 028 622

☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima

✉ ventascalibratec@gmail.com

🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-028-2025

 Área de Metrología
 Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 7

1. **Expediente:** 0439
2. **Solicitante:** LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO- CHICLAYO E.I.R.L.
3. **Dirección:** AV. AUGUSTO B. LEGUIA NRO. 287 P.J. SIMON BOLIVAR LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO
4. **Equipo:** HORNO DE SECADO
Marca: MEMMERT
Modelo: U10
N° de serie: 830680
Procedencia: GERMANY
Identificación: NO INDICA
Ubicación: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTO

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Descripción	Dispositivo de control	Instrumento de medición
Intervalo de indicación	0 °C a 200 °C	0 °C a 200 °C
Resolución	1 °C	1 °C
Tipo	DIGITAL	DIGITAL

5. **Fecha de calibración** 2024-12-22

Fecha de Emisión

2025-01-05

Jefe del Laboratorio

Revisión 00

RT03-F01



☎ 977 997 385 - 913 028 621
 ☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B. - Comas - Lima - Lima
 📧 comercial@calibratec.com.pe
 🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-028-2025

 Área de Metrología
 Laboratorio de Temperatura

Página 2 de 7.

6. Método de calibración

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros calibrados que tiene trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT 90), se utilizó el Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con aire como Medio Termostático PC-018 2da edición.

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos, Emulsiones y Asfalto E.I.R.L. Ubicado en Av. Augusto B. Leguía Nro. 287 P.J. Simón Bolívar Lambayeque - Chiclayo - Chiclayo

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	26,7 °C	26,7 °C
Humedad relativa	65,0 %	65,0 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
SAT	Termómetro digital con 10 sensores tipo K (CH01 al CH10) con incertidumbre en el orden de 0,15 °C a 0,16 °C	LT-0417-2025

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.
- Antes de la calibración no se realizó algún tipo de ajuste.
- La tensión eléctrica del equipo es 220,0 V
- La carga para la medición fue de 40 % y consistió de 3 recipientes con muestra de suelo.

Revisión 00

RT03-F01

 ☎ 977 997 385 - 913 028 621
 ☎ 913 028 623 - 913 028 624

 📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
 ✉ comercial@calibratec.com.pe
 🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-028-2025

 Área de Metrología
 Laboratorio de Temperatura

Página 3 de 7

11. Resultados de la medición
 Temperatura ambiente promedio 26,7 °C
 Tiempo de calentamiento y estabilización del equipo 2 horas
 El controlador se seteó en 110 °C
TEMPERATURA DE TRABAJO DE 110 °C ± 5 °C

Tiempo min	Term. del equipo °C	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T. prom °C	T _{max} - T _{min} °C
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	113	112,3	110,7	111,8	112,2	112,4	109,5	109,3	107,2	108,6	108,4	110,2	5,2
02	113	112,1	110,5	111,6	112,0	112,3	109,3	109,3	107,0	108,3	108,2	110,1	5,3
04	113	111,9	110,3	111,3	111,7	112,0	109,1	108,9	106,8	108,1	108,0	109,8	5,2
06	113	111,8	110,2	111,2	111,7	111,9	109,0	108,9	106,7	108,1	107,9	109,7	5,2
08	113	111,8	110,2	111,3	111,7	112,0	109,1	109,0	106,7	108,2	108,1	109,8	5,3
10	113	112,0	110,3	111,4	111,9	112,1	109,3	109,1	106,9	108,3	108,1	109,9	5,2
12	113	112,0	110,3	111,5	111,9	112,2	109,4	109,1	106,9	108,3	108,2	110,0	5,3
14	113	112,0	110,3	111,4	111,9	112,1	109,3	109,1	106,8	108,3	108,2	109,9	5,3
16	113	112,1	110,4	111,4	111,9	112,1	109,3	109,1	106,9	108,3	108,1	110,0	5,2
18	113	112,0	110,4	111,4	111,8	112,1	109,1	109,0	106,8	108,2	108,0	109,9	5,3
20	113	112,0	110,3	111,3	111,8	112,1	109,1	109,1	106,7	108,2	108,0	109,9	5,4
22	113	112,0	110,3	111,4	111,8	112,1	109,1	109,1	106,8	108,3	108,1	109,9	5,3
24	113	112,0	110,3	111,4	111,8	112,1	109,1	109,1	106,8	108,4	108,2	109,9	5,3
26	113	112,1	110,3	111,5	111,9	112,2	109,1	109,1	106,8	108,4	108,2	110,0	5,4
28	113	112,2	110,5	111,6	112,0	112,3	109,1	109,3	107,0	108,3	108,2	110,0	5,3
30	113	112,1	110,4	111,5	111,9	112,2	109,1	109,2	106,9	108,3	108,2	110,0	5,3
32	113	112,0	110,3	111,3	111,8	112,1	109,1	109,0	106,7	108,2	108,1	109,9	5,4
34	113	112,0	110,2	111,3	111,8	112,1	108,9	109,0	106,8	108,2	108,1	109,8	5,3
36	113	112,0	110,3	111,4	111,7	112,0	108,7	108,9	106,7	108,1	107,9	109,8	5,3
38	113	112,0	110,3	111,5	111,8	112,1	108,8	108,9	106,8	108,1	108,1	109,8	5,3
40	113	112,0	110,3	111,5	111,8	112,2	108,8	108,9	106,8	108,1	108,1	109,9	5,4
42	113	112,1	110,4	111,5	111,9	112,1	108,7	109,0	106,9	108,1	108,1	109,9	5,2
44	113	112,0	110,3	111,5	111,8	112,1	108,4	109,0	106,8	108,1	107,8	109,8	5,3
46	113	112,0	110,2	111,4	111,7	112,0	108,3	108,8	106,7	108,1	107,6	109,7	5,3
48	113	112,0	110,2	111,4	111,7	112,0	108,1	109,0	106,6	108,0	107,7	109,7	5,4
50	113	112,0	110,2	111,5	111,7	112,0	108,1	109,0	106,6	108,1	107,7	109,7	5,4
52	113	112,2	110,3	111,4	111,9	112,1	108,3	109,1	106,6	108,2	107,8	109,8	5,6
54	113	112,2	110,3	111,5	111,9	112,2	108,8	109,2	106,6	108,3	108,1	109,9	5,6
56	113	112,1	110,3	111,4	111,9	112,3	109,0	109,1	106,6	108,3	108,0	109,9	5,7
58	113	112,0	110,3	111,3	111,8	112,2	108,9	109,0	106,4	108,2	107,9	109,8	5,8
60	113	111,9	110,1	111,1	111,6	112,0	108,6	108,7	106,2	107,9	107,7	109,6	5,8
T. PROM		112,0	110,3	111,4	111,9	112,1	108,9	109,1	106,7	108,2	108,0	109,9	
Temp. máxima		112,3	110,7	111,8	112,2	112,4	109,5	109,3	107,2	108,6	108,4		
Temp. mínima		111,8	110,1	111,1	111,6	111,9	108,1	108,7	106,2	107,9	107,6		
DTI		0,5	0,6	0,7	0,6	0,5	1,4	0,6	1,0	0,7	0,8		

Revisión 00

RT03-F01

 ☎ 977 997 385 - 913 028 621
 ☎ 913 028 623 - 913 028 624

 📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
 📧 comercial@calibratec.com.pe
 🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-028-2025

 Área de Metrología
 Laboratorio de Temperatura

Página 4 de 7

PARÁMETROS	Valor °C	Incertidumbre °C
Máxima Temperatura medida	112,4	0,3
Mínima Temperatura medida	106,2	0,4
Desviación de Temperatura en el Tiempo	1,4	0,1
Desviación de Temperatura en el Espacio	5,4	0,4
Estabilidad medida	0,7	0,05
Uniformidad medida	5,8	0,4

- T. PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
 T. prom : Promedio de las temperaturas en la diez posiciones de medición para un instante dado.
 T MAX : Temperatura máxima.
 T MIN : Temperatura mínima.
 DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del Medio Isotermo : 0,6 °C

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La Estabilidad es considerada igual a $\pm 1/2$ DTT.

Durante la calibración y bajo las condiciones en que ésta ha sido hecha, el medio isotermo CUMPLE con los límites especificados de temperatura

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
 ☎ 913 028 623 - 913 028 624

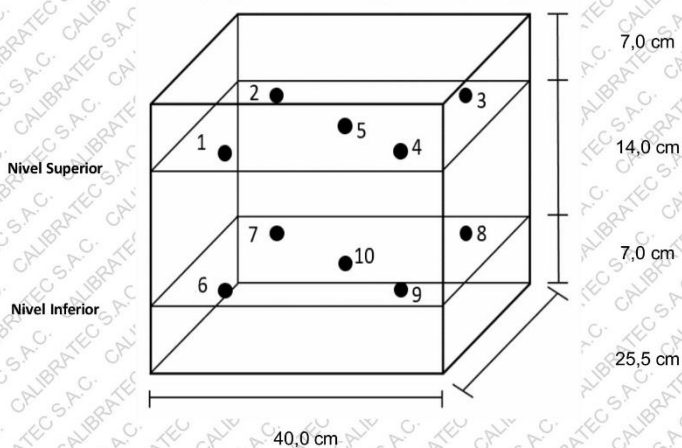
📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
 📧 comercial@calibratec.com.pe
 🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-028-2025

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 5 de 7

DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES DEL EQUIPO



- Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.
- Los sensores del 1 al 5 están ubicados a 8 cm por encima de la parrilla
- Los sensores del 6 al 10 están ubicados a 6 cm por debajo de la parrilla
- Los sensores del 1 al 4 y 6 al 9 están ubicados 4 cm de las paredes laterales y a 5 cm del frente y fondo del equipo.

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

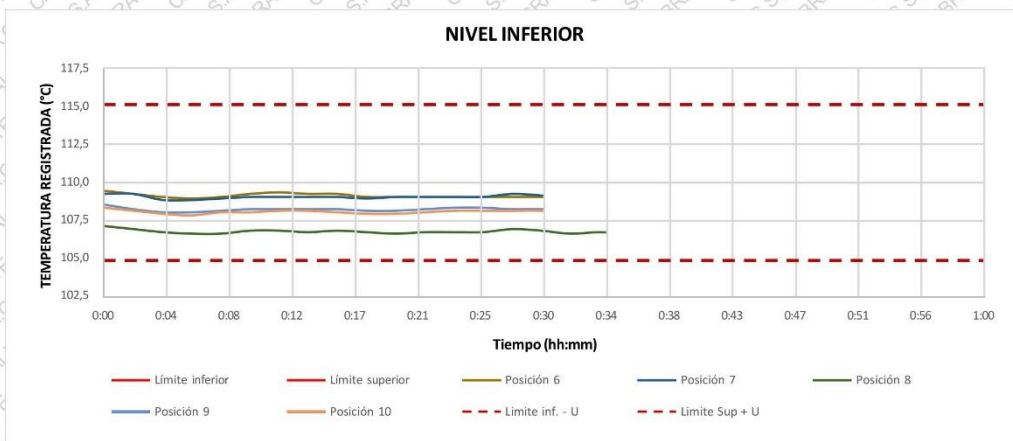
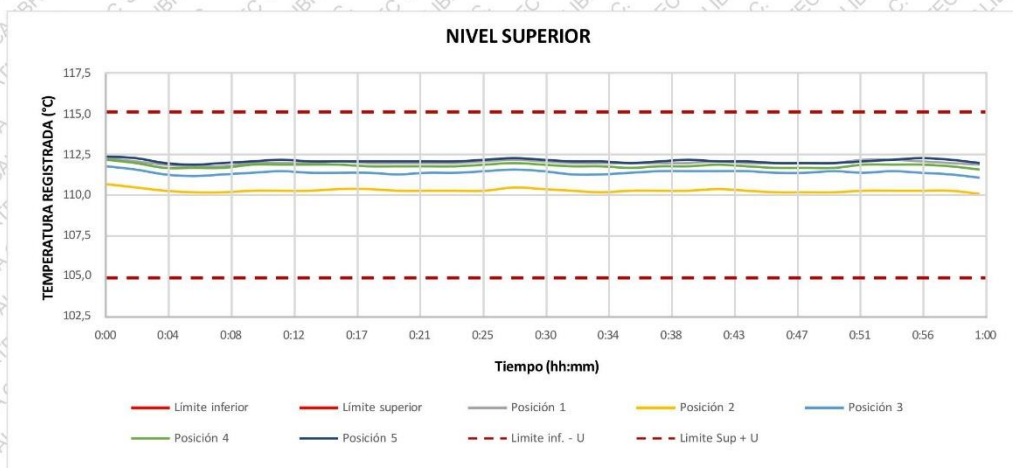
📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-028-2025

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 6 de 7.

TEMPERATURA DE TRABAJO DE 110 °C ± 5 °C



Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CALIBRATEC S.A.C.
LABORATORIO DE METROLOGÍA

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO
N° LC -071



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LT-028-2025

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 7 de 7

FOTOGRAFÍA INTERNA DEL EQUIPO



FIN DEL DOCUMENTO

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-029-2025

 Área de Metrología
 Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 7

1. Expediente: 0439
2. Solicitante: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO- CHICLAYO E.I.R.L.
3. Dirección: AV. AUGUSTO B. LEGUIA NRO. 287 P.J. SIMON BOLIVAR LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO
4. Equipo: **HORNO DE SECADO**
 Marca: QUINCY LAB INC
 Modelo: 20 GC LAB OVEN
 N° de serie: NO INDICA
 Procedencia: NO INDICA
 Identificación: CI-0170 (*)
 Ubicación: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTO

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Descripción	Dispositivo de control	Instrumento de medición
Intervalo de indicación	75 °C a 225 °C	75 °C a 225 °C
Resolución	25,0 °C	25,0 °C
Tipo	ANALOGICO	ANALOGICO

5. Fecha de calibración 2024-12-22

Fecha de Emisión

2025-01-05



Jefe del Laboratorio

Revisión 00

RT03-F01

 ☎ 977 997 385 - 913 028 621
 ☎ 913 028 623 - 913 028 624

 ☎ Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
 ✉ comercial@calibratec.com.pe
 🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-029-2025

 Área de Metrología
 Laboratorio de Temperatura

Página 2 de 7

6. Método de calibración

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros calibrados que tiene trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT 90), se utilizó el Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con aire como Medio Termostático PC-018 2da edición.

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos, Emulsiones y Asfalto E.I.R.L. Ubicado en Av. Augusto B. Leguía Nro. 287 P.J. Simón Bolívar Lambayeque - Chiclayo - Chiclayo

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	27,6 °C	27,6 °C
Humedad relativa	60,0 %	60,0 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
SAT	Termómetro digital con 10 sensores tipo K (CH01 al CH10) con incertidumbre en el orden de 0,15 °C a 0,16 °C	LT-0417-2024

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.
- Antes de la calibración no se realizó algún tipo de ajuste.
- La tensión eléctrica del equipo es 220,0 V
- La carga para la medición fue de 40 % y consistió de 6 recipientes con muestra de suelo.
- Se dejó marcada la posición del dispositivo de control analógico con una etiqueta

Revisión 00

RT03-F01

 ☎ 977 997 385 - 913 028 621
 ☎ 913 028 623 - 913 028 624

 📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
 ✉ comercial@calibratec.com.pe
 🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-029-2025

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 3 de 7

11. Resultados de la medición

Temperatura ambiental promedio 27,6 °C
Tiempo de calentamiento y estabilización del equipo 2 horas
El controlador se seteó en 203 °C

TEMPERATURA DE TRABAJO DE 110 °C ± 5 °C

Tiempo min	Term. del equipo °C	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T. prom °C	T _{máx} - T _{mín} °C
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	203	114,7	117,9	105,8	114,0	113,8	113,2	119,0	111,8	112,1	113,7	113,6	13,2
02	203	114,5	117,6	105,5	113,8	113,6	113,3	118,2	111,9	112,1	113,7	113,4	12,7
04	203	114,7	117,8	105,5	113,7	113,7	113,2	118,7	111,8	112,2	113,5	113,5	13,2
06	203	114,6	117,7	105,9	113,8	113,7	113,5	118,2	112,0	112,2	113,8	113,5	12,3
08	203	114,6	117,8	105,5	113,6	113,4	113,1	118,5	111,7	112,2	113,6	113,4	13,0
10	203	114,7	118,5	105,8	114,1	113,7	113,3	118,5	111,7	112,3	113,6	113,6	12,7
12	203	114,7	118,4	105,9	113,9	113,7	113,1	118,1	111,7	112,2	113,7	113,5	12,5
14	203	114,6	118,0	105,4	113,7	113,5	112,7	118,4	111,6	112,1	113,4	113,3	13,0
16	203	114,4	117,2	105,6	113,7	113,5	113,0	118,3	111,5	112,0	113,4	113,3	12,7
18	203	114,6	118,0	105,8	114,0	113,8	113,1	117,8	111,6	112,0	113,7	113,4	12,2
20	203	114,2	117,0	105,5	113,6	113,4	112,9	117,8	111,6	111,9	113,6	113,1	12,3
22	203	114,3	116,5	105,2	113,3	113,2	112,7	117,7	111,6	111,7	113,2	112,9	12,5
24	203	114,5	118,2	105,7	113,7	113,6	113,0	118,3	111,6	111,9	113,6	113,4	12,6
26	203	114,2	117,6	105,6	113,8	113,6	113,0	117,8	111,9	111,9	113,7	113,3	12,2
28	203	113,8	116,8	105,5	113,3	113,2	112,5	118,3	111,8	111,4	113,2	113,0	12,8
30	203	114,4	117,5	105,5	113,5	113,4	112,8	118,8	112,0	111,7	113,3	113,3	13,3
32	203	114,5	117,5	105,6	113,6	113,6	113,0	118,2	111,8	111,8	113,5	113,3	12,6
34	203	114,3	117,2	105,2	113,2	113,3	112,6	118,5	111,8	111,6	113,1	113,1	13,3
36	203	114,5	117,2	105,1	113,4	113,4	112,8	117,9	111,5	111,9	113,2	113,1	12,8
38	203	114,1	118,3	105,9	113,9	113,7	113,2	118,2	111,9	111,8	113,7	113,5	12,4
40	203	114,0	116,9	105,0	113,3	113,1	112,6	117,6	111,3	111,8	113,2	112,9	12,6
42	203	114,8	118,7	106,3	114,4	114,0	113,1	118,6	111,6	112,4	114,1	113,8	12,4
44	203	114,3	118,6	106,0	114,1	113,8	113,0	119,0	111,9	112,1	113,9	113,7	13,0
46	203	114,5	118,2	106,0	114,1	113,9	112,8	118,4	111,8	112,0	113,6	113,5	12,4
48	203	114,9	118,5	106,7	114,5	113,9	113,2	118,4	111,8	112,5	114,2	113,9	11,8
50	203	114,5	117,6	106,1	114,1	113,6	112,7	118,6	111,8	112,3	113,7	113,5	12,5
52	203	114,3	117,3	105,9	114,0	113,5	112,6	118,4	111,4	112,2	113,4	113,3	12,5
54	203	114,8	117,7	106,4	114,5	114,0	113,6	118,4	112,1	112,5	114,1	113,8	12,0
56	203	114,5	117,8	106,2	114,3	113,9	113,1	118,3	112,0	112,3	114,0	113,6	12,1
58	203	114,0	117,3	105,4	113,8	113,6	112,9	118,6	112,2	111,5	113,2	113,2	13,2
60	203	114,1	117,4	105,8	114,3	114,0	113,4	119,2	112,6	111,1	113,2	113,5	13,4
T. PROM		114,4	117,7	105,7	113,8	113,6	113,0	118,4	111,8	112,0	113,6	113,4	
Temp. máxima		114,9	118,7	106,7	114,5	114,0	113,6	119,2	112,6	112,5	114,2		
Temp. mínima		113,8	116,5	105,0	113,2	113,1	112,5	117,6	111,3	111,1	113,1		
DTI		1,2	2,2	1,7	1,3	0,9	1,1	1,6	1,3	1,5	1,1		

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-029-2025

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 4 de 7

PARÁMETROS	Valor °C	Incertidumbre °C
Máxima Temperatura medida	119,2	0,3
Mínima Temperatura medida	105,0	0,4
Desviación de Temperatura en el Tiempo	2,2	0,1
Desviación de Temperatura en el Espacio	12,7	0,4
Estabilidad medida	1,1	0,05
Uniformidad medida	13,4	0,4

- T. PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
 T. prom : Promedio de las temperaturas en la diez posiciones de medición para un instante dado.
 T_{MAX} : Temperatura máxima.
 T_{MIN} : Temperatura mínima.
 DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del Medio Isotermo : 14,4 °C

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La Estabilidad es considerada igual a $\pm 1/2$ DTT.

Durante la calibración y bajo las condiciones en que ésta ha sido hecha, el medio isotermo NO CUMPLE con los límites especificados de temperatura

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
 ☎ 913 028 623 - 913 028 624

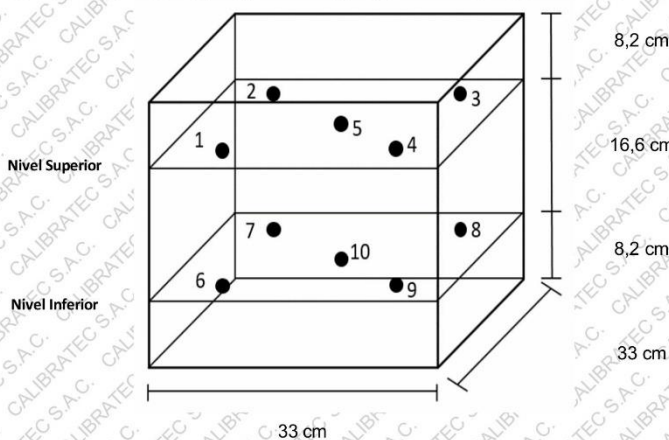
📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
 📧 comercial@calibratec.com.pe
 🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-029-2025

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 5 de 7

DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES DEL EQUIPO



- Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.
- Los sensores del 1 al 5 están ubicados a 8 cm por encima de la parrilla superior
- Los sensores del 6 al 10 están ubicados a 1,5 cm por debajo de la parrilla inferior
- Los sensores del 1 al 4 y 6 al 9 están ubicados 7,5 cm de las paredes laterales y a 7,5 cm del frente y fondo del equipo.

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

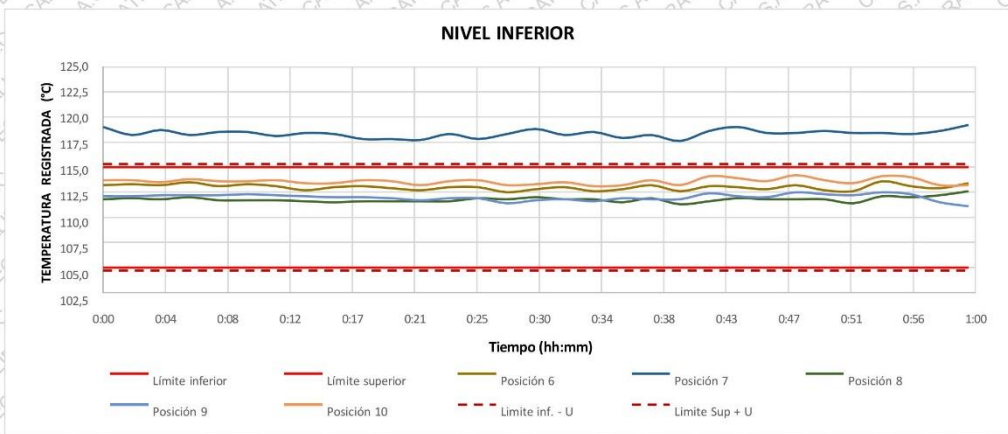
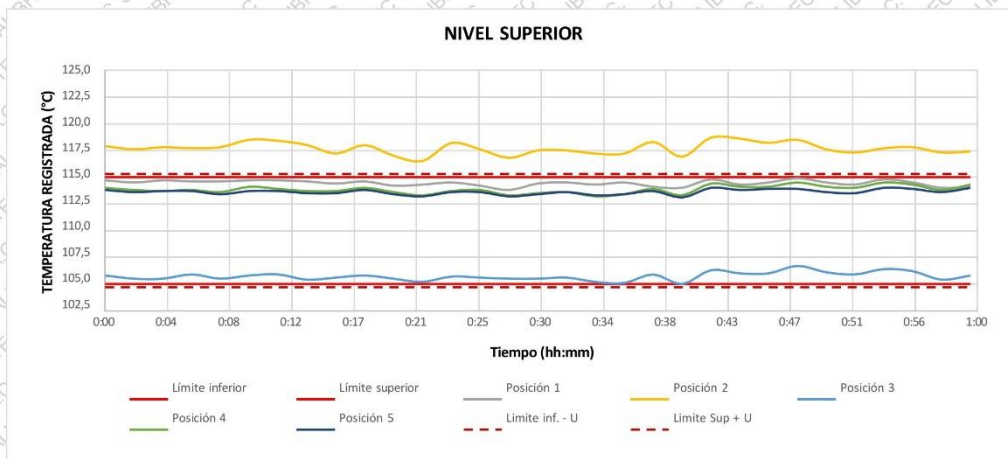
📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-029-2025

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 6 de 7

TEMPERATURA DE TRABAJO DE 110 °C ± 5 °C



Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-029-2025

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 7 de 7

FOTOGRAFÍA INTERNA DEL EQUIPO



FIN DEL DOCUMENTO

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LMP - 020-2025

Página 1 de 2

Fecha de Emisión : 2025-01-26
Expediente : 203

- 1.- Solicitante : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO- CHICLAYO E.I.R.L.
Dirección : AV. AUGUSTO B. LEGUIA NRO. 287 P.J. SIMON BOLIVAR LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO
- 2.- Instrumento de medición : MANÓMETRO DE DEFORMACIÓN ELASTICA
Marca : FORNEY
Modelo : 800 - 367 - 6397
Número de serie : 2609 (*)
Procedencia : USA
Código : NO INDICA
Intervalo de Indicación : 0 psi a 15 psi
Resolución : 5 psi
- 3.- Fecha de calibración : 2025-01-26
- 4.- Lugar de Calibración : En las instalaciones de CALIBRACIONES PERU S.A.C
- 5.- Método de Calibración : Método de comparación directa; el cual consiste en comparar la indicación del instrumento bajo calibración contra la indicación de presión de un patrón, ambos conectados en línea a una fuente de generación de presión.
- 6.- Procedimiento de Calibración : Referencia PC-004: "Procedimiento de Calibración de Manómetros, Vacuómetros y Manovacúmetros de deformación elástica". Edición 03. 2019. INACAL. INACAL - Tercera edición - Agosto 2019

7.- TRAZABILIDAD


Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	LP001 (+)	1AP-3688-2022

8.- CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	19,9	19,9
Humedad Relativa (%)	60	60


 Leonel Palomino Nuñez
 Jefe de Laboratorio de Metrología




 Ing. Karen Vanessa Izarra Tupia.
 Gerente General
 C.I.P.: 221730

CALIBRACIONES PERU S.A.C. - RUC: 20600820959
 Jr. Pasco N° 3312 San Martín De Porres, Lima - Perú
 Telf.: (01) 397 8754 Cel.: 949 985 016

E-mail: ventas@calibracionesperu.pe
laboratorio@calibracionesperu.pe
www.calibracionesperu.pe



**CALIBRACIONES
PERU S.A.C.**

LABORATORIO DE METROLOGÍA

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de
Medición Industriales y de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LMP • 020-2025

Página 2 de 2

9.- RESULTADOS

RESULTADOS DE CALIBRACIÓN

Indicación de Instrumento a Calibrar		Indicación de Instrumento Patrón Corregido		Error			Incertidumbre
		Ascenso (psi)	Descenso (psi)	de Indicación		de Histéresis	
(k Pa)	(psi)	(psi)	(psi)	Ascenso (psi)	Descenso (psi)	(psi)	(psi)
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9
34,5	5,0	4,9	4,9	0,1	0,1	0,0	2,9
68,9	10,0	10,0	10,0	0,0	0,0	0,0	2,9
103,4	15,0	14,9	14,9	0,1	0,1	0,0	2,9

Máximo error absoluto de indicación: 0,0 psi

Máximo error absoluto de histéresis: 0,0 psi

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

10.- OBSERVACIONES

- a.- Se colocó una etiqueta adhesiva con la indicación "CALIBRADO".
- b.- (*) Número de serie indicada en el instrumento.
- c.- Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.
- d.- Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.
- e.- CALIBRACIONES PERU S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
- f.- El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de CALIBRACIONES PERU S.A.C.


Fin del Certificado de Calibración




CALIBRACIONES PERU S.A.C. - RUC: 20600820959
Jr. Pasco N° 3312 San Martín De Porres, Lima - Perú
Telf.: (01) 397 8754 Cel.: 949 985 016

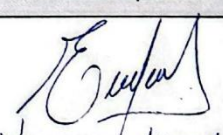
E-mail: ventas@calibracionesperu.pe
laboratorio@calibracionesperu.pe
www.calibracionesperu.pe




f) Validación de instrumentos por juicio de expertos

Criterios	Indicadores	Inaceptable						Mínimamente aceptable			Aceptable			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. Claridad	Su redacción es comprensible													X
2. Objetividad	Está adecuado a las normas												X	
3. Actualidad	Está de acuerdo a las necesidades reales de su investigación													X
4. Organización	Existe una correlación adecuada													X
5. Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos													X
6. Internacionalidad	Están adecuados para valorar las variables de la hipótesis													X
7. Consistencia	Está de acuerdo a los fundamentos científicos													X
8. Coherencia	Hay coherencia entre los problemas, objetivos e hipótesis												X	
9. Metodología	Su estrategia responde una adecuada metodología													X
10. Pertinencia	Los instrumentos son de acuerdo al método científico													X
Aportes y/o sugerencia: Presenta suficiencia el presente documento para ejecutar la investigación, siendo este de condición APTO.														
Promedio de validación										Nombre del especialista				
Luego de revisar el instrumento										 Adolfo Luaces Flores DNI 28595452 CIP: 74754 Ingeniero Civil				
Procedo su aplicación					Confirme.									
Debo corregir					No.									

Criterios	Indicadores	Inaceptable					Mínimamente aceptable			Aceptable				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. Claridad	Su redacción es comprensible													X
2. Objetividad	Está adecuado a las normas													X
3. Actualidad	Está de acuerdo a las necesidades reales de su investigación													X
4. Organización	Existe una correlación adecuada												X	
5. Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos											X		
6. Internacionalidad	Están adecuados para valorar las variables de la hipótesis													X
7. Consistencia	Está de acuerdo a los fundamentos científicos													X
8. Coherencia	Hay coherencia entre los problemas, objetivos e hipótesis													X
9. Metodología	Su estrategia responde una adecuada metodología													X
10. Pertinencia	Los instrumentos son de acuerdo al método científico													X
Aportes y/o sugerencia: Presenta suficiencia el presente documento para ejecutar la investigación, Siendo este de condición APTO														
Promedio de validación												Nombre del especialista		
Luego de revisar el instrumento												 DNI: 70762552		
Procedo su aplicación		conforme												
Debo corregir		NO												

CIP: 3418677
 Pavel Junior Canchari Arestegui
 Ingeniero Civil

Criterios	Indicadores	Inaceptable					Mínimamente aceptable			Aceptable				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. Claridad	Su redacción es comprensible											X		
2. Objetividad	Está adecuado a las normas											X		
3. Actualidad	Está de acuerdo a las necesidades reales de su investigación											X		
4. Organización	Existe una correlación adecuada												X	
5. Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos											X		
6. Internacionalidad	Están adecuados para valorar las variables de la hipótesis											X		
7. Consistencia	Está de acuerdo a los fundamentos científicos											X		
8. Coherencia	Hay coherencia entre los problemas, objetivos e hipótesis											X		
9. Metodología	Su estrategia responde una adecuada metodología											X		
10. Pertinencia	Los instrumentos son de acuerdo al método científico											X		
Aportes y/o sugerencia: Presenta suficiencia el presente documento para ejecutar la investigación, siendo este de condición APTO.														
Promedio de validación										Nombre del especialista				
Luego de revisar el instrumento														
Procedo su aplicación					conforme.					 Demerson Lizarbe Alarcón Ingeniero Civil DNI: 43582533 CIP: 122138				
Debo corregir					NO									

Ficha de validación								
Título				Autor				
Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a compresión y la permeabilidad				Joel Andamayo Quihui				
Variables empleadas	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Validez del juicio de expertos				
				Ingeniero N° 1	Ingeniero N° 2	Ingeniero N° 3		
VI: Uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo en el concreto	Dosificación (% respecto al peso del cemento)	Proporción de fibra (%)	Ficha técnica de dosificación	0.95	0.95	0.90		
	Forma de incorporación (seca, prehumedecida)	Preparación del aditivo	Hoja de control de mezcla	0.95	0.95	0.90		
VD1: Resistencia a la compresión del concreto	Capacidad mecánica	f'c a 7, 14, 21 y 28 días (kg/cm ²)	Prensa hidráulica según NTP 339.034 o ASTM C39	1	1	0.90		
VD2: Resistencia a la flexión del concreto	Capacidad mecánica	f'c a 7, 14, 21 y 28 días (kg/cm ²)	Prensa hidráulica según NTP 339.034 o ASTM C39	1	1	0.90		
VD3: Permeabilidad del concreto	Capacidad de absorción/penetración de agua	Tasa de permeabilidad o absorción (%) a los 60 días	Ensayo de permeabilidad (ASTM C1202), ensayo de absorción por inmersión, etc.	1	1	0.90		
Interpretación del valor de la validez			Sumatoria	4.90	4.90	4.5		
Valor de la validez obtenida		Interpretación	Sumatoria/(N° de instrumentos)	0.98	0.98	0.9		
0.00 a 0.60		Inaceptable	Promedio de la validez obtenida	0.953				
> 0.60, ≤ 0.70		Deficiente						
> 0.70, ≤ 0.80		Aceptable						
> 0.80, ≤ 0.90		Buena						
> 0.90		Excelente						
 Ingeniero N° 1 Adolfo Zúñiga Flores Ingeniero Civil CIP N° 74754			 Ingeniero N° 2 Pavel Junior Canchari Arestegui Ingeniero Civil CIP N° 348677			 Ingeniero N° 3 Hemesen Lizarbe Alarcón Ingeniero Civil CIP N° 122138		

Partida	1.1.5		CONCRETO EXPERIMENTAL (4 ^{ta} adición) PARA COLUMNA f _c = 210 kg/cm ²			
Rendimiento	m ³ /DÍA	11.5000	EQ. 11.5000	Costo unitario directo por: m ³		570.41
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.2000	0.1391	30.40	4.23
0147010002	OPERARIO	hh	2.0000	1.3913	27.64	38.45
0147010003	OFICIAL	hh	2.0000	1.3913	21.75	30.26
0147010004	PEÓN	hh	8.0000	5.5652	19.69	109.57
						182.51
Materiales						
0205000004	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m3		1.0618	60.00	63.71
0205010004	ARENA GRUESA	m3		0.9435	48.00	45.29
0221000000	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		9.9012	24.60	243.57
0239050000	AGUA	m3		0.2476	3.00	0.74
0337010001	FIBRA DE CELULOSA DE PAPEL RECICLADO	kg		4.3000	0.30	1.29
						354.60
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	182.51	5.48
0348010007	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 11 P3-18 HP	hm	1.0000	0.6957	20.00	13.91
0349070001	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.35"	hm	1.0000	0.6957	20.00	13.91
						33.30

h) Análisis de costos unitarios en concretos para viga (f'c = 210 kg/cm²)

Partida	2.1.1		CONCRETO CONVENCIONAL PARA VIGA f _c = 210 kg/cm ²			
Rendimiento	m ³ /DÍA	13.5000	EQ. 13.5000	Costo unitario directo por: m ³		582.00
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.2000	0.1185	30.40	3.60
0147010002	OPERARIO	hh	2.0000	1.1852	27.64	32.75
0147010003	OFICIAL	hh	2.0000	1.1852	21.75	25.78
0147010004	PEÓN	hh	8.0000	4.7407	19.69	93.34
						155.47
Materiales						
0205000004	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m3		1.0340	60.00	62.04
0205010004	ARENA GRUESA	m3		0.8377	48.00	40.21
0221000000	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		12.0000	24.60	295.20
0239050000	AGUA	m3		0.2352	3.00	0.71
						398.16
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	155.47	4.66
0348010007	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 11 P3-18 HP	hm	1.0000	0.5926	20.00	11.85
0349070001	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.35"	hm	1.0000	0.5926	20.00	11.85
						28.37

Partida 1.1.5 CONCRETO EXPERIMENTAL (4^{ta} adición) PARA VIGA $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Rendimiento $\text{m}^3/\text{DÍA}$ 13.5000 EQ. 13.5000 Costo unitario directo por: m^3 **538.44**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.2000	0.1185	30.40	3.60
0147010002	OPERARIO	hh	2.0000	1.1852	27.64	32.75
0147010003	OFICIAL	hh	2.0000	1.1852	21.75	25.78
0147010004	PEÓN	hh	8.0000	4.7407	19.69	93.34
						155.47
Materiales						
0205000004	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m3		1.0618	60.00	63.71
0205010004	ARENA GRUESA	m3		0.9435	48.00	45.29
0221000000	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		9.9012	24.60	243.57
0239050000	AGUA	m3		0.2476	3.00	0.74
0337010001	FIBRA DE CELULOSA DE PAPEL RECICLADO	kg		4.3000	0.30	1.29
						354.60
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	155.47	4.66
0348010007	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 11 P3-18 HP	hm	1.0000	0.5926	20.00	11.85
0349070001	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.35"	hm	1.0000	0.5926	20.00	11.85
						28.37



UNSCH

FACULTAD DE
INGENIERÍA
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 055-2025-FIMGC

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

En la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga de la ciudad de Ayacucho, en cumplimiento a la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 437-2025-FIMGC-D**, a los **veintiséis días del mes de noviembre de 2025**, siendo las **10:00 a.m.**, reunidos en el **Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil**, bajo la presidencia del **MSc. Ing. José Ernesto ESTRADA CARDENAS**, y los miembros: **MSc. Ing. Hemerson LIZARBE ALARCÓN**; **Mg. Ing. Edward LEON PALACIOS** y **Mg. Ing. Moisés Nico BARBARÁN ORIUNDO**, actuando como secretario docente el **Ing. Saul Walter RETAMOZO FERNÁNDEZ**, para proceder a la sustentación de tesis para optar el **Título Profesional de Ingeniero Civil**, del bachiller:

JOEL ANDAMAYO QUIHUI

Quien presentó la tesis denominada:

Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a compresión y la permeabilidad

Los señores miembros del jurado, luego de expuesta la tesis y absueltas las preguntas, deliberaron y declararon:

Aprobado con Dieciséis (16)

Siendo las **12:00 p.m.** del día **26 de noviembre de 2025**, culmina el acto de sustentación de tesis, y en conformidad con lo actuado, los miembros del jurado firman al pie del presente.

MSc. Ing. José Ernesto ESTRADA CÁRDENAS
Presidente

MSc. Ing. Hemerson LIZARBE ALARCON
Miembro

Mg. Ing. Edward LEON PALACIOS
Miembro

Mg. Ing. Moisés Nico BARBARÁN ORIUNDO
Miembro - Asesor

Mg. Ing. Saul Walter RETAMOZO
FERNÁNDEZ
Secretario docente de la FIMGC

FACULTAD DE INGENIERÍA
DE MINAS Y CIVIL
Av. Independencia S/N
Ciudad Universitaria
Central Tel. 066 312510
Anexo 151



UNSCH

FACULTAD DE
INGENIERÍA
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL



"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana "

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTANCIA N° 031-2025-FIMGC/ASIH

El que suscribe; responsable verificador de originalidad de trabajos de tesis de pregrado con el software Turnitin, de la Escuelas Profesional de **Ingeniería Civil** de la **Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil**; en cumplimiento a la **Resolución de Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU**, Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga y **Resolución Decanal N° 697-2024-FIMGC-UNSCH-D**, dejo constancia de originalidad de trabajo de investigación, que el/la Sr./Srta.

Apellidos y Nombres : Joel ANDAMAYO QUIHUI
Escuela Profesional : INGENIERÍA CIVIL
Título de la Tesis : Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a compresión y la permeabilidad
Evaluación de la Originalidad : 16 % Índice de Similitud
Identificador de la entrega : 2852090999

Por tanto, según los Artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, es **PROCEDENTE** otorgar la **Constancia de Originalidad** para los fines que crea conveniente.

En señal de conformidad y verificación se firma la presente constancia

Ayacucho, 31 de diciembre del 2025



UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil

Mg. Ing. Alex Sander IRCANAUPA HUAMANT
Verificador de Originalidad de Trabajos de Tesis de Pregrado
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil

Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a compresión y la permeabilidad

por Joel ANDAMAYO QUIHUI

Fecha de entrega: 31-dic-2025 01:26p. m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2852090999

Nombre del archivo: Tesis_Joel_Andamayo_Quihui.pdf (8.84M)

Total de palabras: 27271

Total de caracteres: 149346

Evaluación del uso de fibras de celulosa reciclada de papel como aditivo sostenible en el concreto: efecto en la resistencia a compresión y la permeabilidad

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%	18%	6%	7%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	4%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	2%
4	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
5	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	fdocuments.ec Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	repositorio.uandina.edu.pe Fuente de Internet	<1%
10	vsip.info Fuente de Internet	<1%

11	Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.unamba.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	Vargas Soler, Erika Julieth González Jiménez, Ana Jessyca. "Análisis de las Mezclas de Concreto Elaboradas con Agua Residual Proveniente de Procesos de Teñido Textil Conforme a sus Características Mecánicas", Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Colombia) Publicación	<1 %
16	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	Submitted to Universidad Nacional de Ingeniería Trabajo del estudiante	<1 %
19	Submitted to Universidad Tecnológica de los Andes Trabajo del estudiante	<1 %
20	Submitted to Universidad Nacional de Trujillo Trabajo del estudiante	<1 %
21	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

22	Fuente de Internet	<1 %
23	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1 %
24	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
25	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
26	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
27	Submitted to uncedu Trabajo del estudiante	<1 %
28	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	<1 %
29	repositorio.uct.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
30	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 30 words

Excluir bibliografía

Activo