## RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

| | | | |
|---|---|---|---|
| **AUTORES** | Jordan Jessua Mora Ballesteros<br>Jorge Eduardo Sanabria Alvernia | | |
| **FACULTAD** | Ingenierías | | |
| **PLAN DE ESTUDIOS** | Ingeniería Civil | | |
| **DIRECTOR** | Mag (c). Nelson Leonardo Quintero Becerra | | |
| **CODIRECTOR** | N/A | | |
| **TÍTULO DE LA TESIS** | Comportamiento físico mecánico del concreto reforzado con fibra de coco | | |
| **TITULO EN INGLES** | Physical mechanical behavior of concrete reinforced with coconut fiber | | |


**RESUMEN**
**(70 palabras)**

En la presente monografía se evaluó la influencia de la fibra de coco en las propiedades mecánicas del concreto. La dosificaciones (0%, 0.5%, 1% y 1.5%) en la densidad, absorción de agua, resistencia a la flexión y compresión del concreto, cual es la absorción aumenta, la resistencia a la flexión mejora en 9,60% con una dosificación del 1,5% y la comprensión muestra un comportamiento no lineal con aumento del 1,5%.

**RESUMEN EN INGLES**

In this monograph, the influence of coconut fiber on the mechanical properties of concrete was evaluated. The dosages (0%, 0.5%, 1% and 1.5%) in the density, water absorption, flexural strength and compression of the concrete, which is the absorption increases, the flexural strength improves by 9.60% with a dosage of 1.5% and the compression shows a non-linear behavior with an increase of 1.5%.


| | |
|---|---|
| **PALABRAS CLAVES** | Asociación, reserva, ambiente, acueducto, comunidad. |
| **PALABRAS CLAVES EN INGLES** | Association, reserve, environment, aqueduct, community. |

**CARACTERÍSTICAS**

| | | | |
|---|---|---|---|
| PÁGINAS: 77 | PLANOS: | ILUSTRACIONES: | CD-ROM: |

# Comportamiento físico mecánico del concreto reforzado con fibra de coco

**Jordan Jessua Mora Ballesteros**

**Jorge Eduardo Sanabria Alvernia**

**Facultad de Ingenierías, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña**

**Ingeniería civil**

**Mag (c). Nelson Leonardo Quintero Becerra**

**24 Febrero de 2025**

# Índice

Capítulo 1. Comportamiento físico mecánico del concreto reforzado con fibra de coco 11

1.1 Planteamiento del problema 11

1.2 Formulación del problema 12

1.3 Objetivos 12

1.3.1 General 12

1.3.2 Específicos 12

1.4 Justificación 13

1.5 Delimitaciones 14

1.5.1 Geográficas 14

1.5.2 Temporales 15

1.5.3 Conceptuales 15

Capítulo 2. Marco referencial 16

2.1 Generalidades del concreto 16

2.2 Componentes del concreto 16

2.2.1 Cemento 16

2.2.2 Agregados 17

2.2.3 Agua 17

2.3 Materiales compuestos 18

2.3.1 Materiales compuestos de matriz polimérica 19

2.3.2 Materiales compuestos de matriz metálica 20

2.3.3 Materiales compuestos de matriz cerámica 21

2.3.4 Materiales compuestos de matriz cementicia 21

2 3.5 Aplicaciones de los materiales compuestos de matriz cementicia en la construcción 23

2.3.6 Investigación y desarrollo en materiales compuestos de matriz cementicia 24

Capítulo 3. Diseño metodológico 26

3.1 Metodología 26

3.1.1 Diseño de la mezcla 26

3.1.2 Preparación de las muestras 27

3.1.3 Ensayos 28

Capítulo 4. Presentación de resultados 32

4.1 Analisis mediante una revisión bibliográfica científica y técnica 32

4.2 Validación experimentalmente la influencia de diferentes dosificaciones 39

4.3 Evaluación mediante ensayos de densidad, capacidad de absorción de agua, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión 42

Capítulo 5. Conclusiones 51

Capítulo 6. Recomendaciones 53

Referencias 54

Apéndices 60

## Lista de figuras

Figura 1 Tendencia creciente 33

Figura 2 Concreto reforzado con fibras naturales 34

Figura 3 Análisis áreas temáticas 35

Figura 4 Análisis del concreto reforzado con fibras naturales en diferentes países 37

Figura 5 Viabilidad técnica y económica del concreto reforzado con fibras 39

Figura 6 Preparación de la fibra de coco 40

Figura 7 Preparación de la fibra de coco con NaOH 41

Figura 8 Probetas sumergidas en agua para el ensayo de absorción durante 24 hora 43

Figura 9 Ensayo de flexión en probeta de concreto reforzado con fibra de coco durante la prueba de resistencia 45

Figura 10 Máquina universal utilizada en los ensayos de compresión de probetas de concreto reforzado con fibra de coco 47

Figura 11 Máquina universal utilizada en los ensayos de compresión de probetas de concreto reforzado con fibra de coco 49

# Lista de tablas

Tabla 1 Densidad del concreto con fibra de coco 42

Tabla 2 Absorción de agua del concreto con fibra de coco 44

Tabla 3 Resistencia a la flexión del concreto con fibra de coco 46

Tabla 4 Resistencia a la compresión del concreto con fibra de coco 48

Tabla 5 Resistencia a la tracción del concreto con fibra de coco 50

## Lista de apéndices

Apéndice A. Tracción en concreto 61

Apéndice B. Flexión concreto 65

Apéndice C. Comprensión en concreto 69

## Resumen

Esta investigación se centra en evaluar experimentalmente la influencia de la adición de fibra de coco en las propiedades mecánicas del concreto. Se analizan los efectos de diferentes dosificaciones de fibra de coco (0%, 0.5%, 1% y 1.5%) en la densidad, absorción de agua, resistencia a la flexión y compresión del concreto. Se analiza que la densidad disminuye, la absorción aumenta, la resistencia a la flexión mejora en 9,60% con una dosificación del 1,5% y la comprensión muestra un comportamiento no lineal con aumento del 1,5%. Los resultados experimentales revelan que la adición de fibra de coco disminuye la densidad del concreto, lo que puede ser beneficioso para reducir el peso de las estructuras.

La absorción de agua muestra una tendencia a disminuir ligeramente con el incremento en la dosificación de fibra de coco. Sin fibra, la absorción es de un 4.43%, mientras que con un 0.5% de fibra disminuye a 4.03%, con un 1% a 3.44%, y con un 1.5% de fibra baja aún más a 3.24%. Esta reducción en la absorción de agua podría indicar que la incorporación de fibra de coco, en las proporciones estudiadas, mejora la resistencia a la penetración de agua.

Esto puede tener implicaciones positivas para la durabilidad del concreto, ya que una menor absorción de agua reduce la susceptibilidad a la entrada de agentes químicos agresivos, mejorando su desempeño en entornos con alta exposición a humedad o contaminantes.

# Introducción

El concreto, como material de construcción, ha sido pilar del desarrollo urbano y de infraestructura a nivel global, sin embargo, su producción intensiva en recursos y energía plantea desafíos ambientales que se deben tener en cuenta. La fabricación de cemento, componente esencial del concreto, demanda una cantidad significativa de energía y libera grandes volúmenes de dióxido de carbono (CO2), contribuyendo al calentamiento global(Shobeiri et al., 2024). Además, la extracción de agregados naturales, como arena y grava, ejerce presión sobre los ecosistemas y agota recursos no renovables (Belizario-Silva et al., 2021).

Como respuesta a estos desafíos, la industria de la construcción ha buscado alternativas más sostenibles y eficientes, una de las estrategias prometedoras es la incorporación de fibras naturales como refuerzo en el concreto. Estas fibras, derivadas de fuentes renovables y biodegradables, ofrecen ventajas ambientales y técnicas. Reducen la demanda de materiales de refuerzo convencionales, como el acero, disminuyendo la huella de carbono del concreto (Wang et al., 2024, p. 1). Adicionalmente, las fibras naturales mejoran propiedades mecánicas cruciales del concreto, como la resistencia a la tracción, la tenacidad y la resistencia a la fisuración (X. Wang et al., 2024).

Entre las fibras naturales, la fibra de coco, subproducto abundante de la industria del coco, ha despertado un creciente interés en la investigación y la práctica de la construcción (Alomayri et al., 2023). Esta fibra, caracterizada por su alta resistencia a la tracción, ligereza y disponibilidad, ha mostrado potencial para mejorar el desempeño del concreto en diversas

aplicaciones (Revathi et al., 2023). Sin embargo, su incorporación plantea desafíos técnicos, como la variabilidad de sus propiedades, la necesidad de tratamientos adecuados y la optimización de la dosificación para lograr resultados óptimos (Demirdağ et al., 2024).

Para garantizar la calidad y el desempeño del material compuesto, es esencial seguir normas técnicas que establezcan criterios de diseño, producción y evaluación, en este contexto, la Norma Técnica Colombiana NTC 5541 se presenta como un marco de referencia clave (ICONTEC, 2018). Esta norma regula los aspectos relacionados con la fabricación y uso de concretos reforzados con fibras, proporcionando directrices específicas para asegurar que el material cumpla con los estándares de calidad y seguridad exigidos en la industria de la construcción.

Esta investigación se adentra en el estudio del comportamiento físico-mecánico del concreto reforzado con fibra de coco, a través de una rigurosa metodología experimental, se evaluará la influencia de diferentes dosificaciones de fibra de coco en propiedades clave del concreto, como densidad, absorción de agua, resistencia a la flexión y compresión. Este estudio no solo busca cuantificar las mejoras potenciales en el desempeño del concreto, sino también comprender los mecanismos subyacentes que rigen la interacción entre la fibra de coco y la matriz cementicia.

Los resultados de esta investigación proporcionarán información valiosa para la comunidad científica y la industria de la construcción, contribuyendo al desarrollo de materiales de construcción más sostenibles, eficientes y resilientes. El uso de fibra de coco como refuerzo

en el concreto representa una oportunidad para reducir el impacto ambiental de la construcción, fomentar la economía circular y promover el uso de recursos locales y renovables.

# Capítulo 1. Comportamiento físico mecánico del concreto reforzado con fibra de coco

## 1.1 Planteamiento del problema

La industria de la construcción es un pilar fundamental del desarrollo económico y social, siendo el concreto uno de los materiales más utilizados a nivel global (Van Damme, 2018). Sin embargo, su producción genera impactos ambientales significativos, principalmente debido a la alta demanda energética y las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la fabricación del cemento Portland (Li et al., 2022). Además, la extracción de agregados naturales contribuye al agotamiento de recursos no renovables, implicando también el impacto del proceso extractivo de estos y el gasto energético (Ferrández et al., 2023).

En este mismo sentido, la búsqueda de alternativas para la construcción se ha convertido en una prioridad, y es aquí en donde el uso de fibras naturales como refuerzo en el concreto surge como una opción prometedora, ya que estos materiales son renovables, biodegradables y requieren menos energía para su producción (Dash et al., 2023). En el caso particular de la fibra de coco, un subproducto abundante de la industria del coco, ha mostrado potencial para mejorar las propiedades mecánicas del concreto y reducir la fisuración (W. Wang et al., 2023).

No obstante, la incorporación de fibra de coco en el concreto también presenta algunos desafíos, variabilidad de sus propiedades, su alta absorción de agua y su durabilidad en ambientes alcalinos son aspectos que requieren una investigación exhaustiva para garantizar un desempeño óptimo del material compuesto(Demirdağ et al., 2024). Además, la falta de

normativas específicas sobre el uso de fibra de coco en concreto dificulta su adopción generalizada en la industria de la construcción.

## 1.2 Formulación del problema

¿Cómo afecta la adición de fibra de coco en diferentes proporciones al comportamiento físico-mecánico del concreto, y cuáles son las implicaciones de su uso para la construcción sostenible?

## 1.3 Objetivos

### *1.3.1 General*

Evaluar experimentalmente la influencia de la adición de fibra de coco en las propiedades mecánicas del concreto, mediante ensayos de laboratorio, para determinar la dosificación que permita mejorar la resistencia del concreto en aplicaciones de construcción.

### *1.3.2 Específicos*

Revisar bibliográficas científica y técnica, las propiedades mecánicas del concreto y los efectos de la incorporación de fibra de coco en su resistencia a la compresión, para establecer un referente teórico de la investigación.

Validar experimentalmente la influencia de diferentes dosificaciones de fibra de coco (0%, 0.5%, 1% y 1.5%) en la resistencia a la compresión del concreto, cumpliendo con las normas técnicas pertinentes, para asegurar la calidad y consistencia de los resultados.

Evaluar mediante ensayos de densidad, absorción de agua, compresión y flexión de las probetas de concreto diseñadas, para analizar los resultados obtenidos y determinar la dosificación de fibra de coco que mejore las propiedades mecánicas del concreto.

## 1.4 Justificación

La presente monografía se justifica por la necesidad de explorar alternativas sostenibles y eficientes para mejorar las propiedades mecánicas del concreto, un material esencial en la industria de la construcción. La fibra de coco, un residuo agrícola abundante y de bajo costo, ha demostrado potencial como material de refuerzo para el concreto, mejorando su resistencia, durabilidad y ductilidad (Adesina, 2022; Crucho et al., 2023; Lu et al., 2024).

El uso de fibra de coco en el concreto no solo representa una opción ecológica y económica, sino que también puede contribuir a la reducción de la huella de carbono de la industria de la construcción, al disminuir la demanda de materiales de refuerzo tradicionales como el acero. Además, la incorporación de fibra de coco puede mejorar la resistencia del concreto a la fisuración, la segregación y la retracción, lo que se traduce en estructuras más seguras y duraderas (Ali et al., 2022).

Esta investigación es relevante para el sector de la construcción, ya que proporciona información valiosa sobre la dosificación óptima de fibra de coco para maximizar la resistencia a la compresión del concreto. Los resultados de este estudio pueden ser utilizados por ingenieros, arquitectos y constructores para diseñar y construir estructuras más eficientes, sostenibles y resistentes, utilizando un material de refuerzo natural y abundante.

Además, esta monografía contribuye al conocimiento científico sobre el uso de fibras naturales en el concreto y sienta las bases para futuras investigaciones en este campo. Al explorar las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibra de coco, se abren nuevas posibilidades para el desarrollo de materiales de construcción más innovadores y respetuosos con el medio ambiente.

## 1.5 Delimitaciones

### *1.5.1 Geográficas*

El alcance de esta investigación se centra en la evaluación experimental de la influencia de la adición de fibra de coco en las propiedades mecánicas del concreto, esto se realizó en los laboratorios de la Universidad Francisco de Paula Santander en Ocaña Norte de Santander.

### *1.5.2 Temporales*

El tiempo disponible para la investigación fue limitado, lo que podría restringir la profundidad del análisis y la cantidad de datos recopilados. Se proyecta que para el trabajo de grado se utilizaran 8 semanas.

### *1.5.3 Conceptuales*

La investigación se centró en la evaluación experimental de la influencia de la adición de fibra de coco en las propiedades mecánicas del concreto. El desarrollo de esta abarcará los conceptos de Resistencia a la compresión y flexión; materiales compuestos entre otros conceptos.

# Capítulo 2. Marco referencial

## 2.1 Generalidades del concreto

El concreto es un material de construcción compuesto por una matriz de pasta de cemento hidratado que une agregados de diferentes tamaños. La pasta de cemento se forma al mezclar cemento Portland con agua, lo que desencadena una reacción química llamada hidratación. Esta reacción produce compuestos que se entrelazan y endurecen, dando al concreto su resistencia característica (Bortoletto et al., 2023).

Los agregados, que constituyen la mayor parte del volumen del concreto, proporcionan resistencia, estabilidad dimensional y otras propiedades deseables. La relación agua-cemento es un factor crítico que influye en la resistencia, durabilidad del concreto.

## 2.2 Componentes del concreto

### *2.2.1 Cemento*

Es un conglomerante hidráulico, es decir, un material inorgánico finamente molido que, al mezclarse con agua, forma una pasta que fragua y endurece debido a reacciones químicas de hidratación. El cemento más comúnmente utilizado en la construcción es el cemento Portland, compuesto principalmente por silicatos de calcio, aluminatos de calcio y ferritoaluminato de

calcio. Estos compuestos reaccionan con el agua para formar productos hidratados que proporcionan resistencia y durabilidad al concreto (Bortoletto et al., 2023).

### *2.2.2 Agregados*

Los agregados son materiales granulares inertes, de origen natural o artificial, que se clasifican en agregado fino, el cual generalmente es arena natural o artificial, con un tamaño de partícula que pasa por un tamiz de 4.75 mm (No. 4) y se retiene en un tamiz de 0.075 mm (No. 200), y agregado grueso, que generalmente es grava o piedra triturada, con un tamaño de partícula mayor a 4.75 mm (No. 4).

Los agregados constituyen la mayor parte del volumen del concreto aproximadamente de 60 a 75% de este y contribuyen a la resistencia, estabilidad dimensional, durabilidad y economía (Ferrández et al., 2023).

### *2.2.3 Agua*

Es un componente esencial del concreto, ya que inicia y mantiene la reacción de hidratación del cemento. El agua también proporciona trabajabilidad a la mezcla fresca, facilitando su colocación y compactación. La calidad del agua utilizada en el concreto es importante, ya que las impurezas pueden afectar negativamente las propiedades del concreto

## 2.3 Materiales compuestos

Los materiales compuestos surgen como una alternativa innovadora y prometedora en la industria de la construcción, ofreciendo soluciones que superan las limitaciones de los materiales tradicionales. Un material compuesto se define como la combinación de dos o más materiales constituyentes con propiedades físicas y químicas diferentes, que, al unirse interactúan sinérgicamente para generar un nuevo material con características mejoradas.

La relevancia de los materiales compuestos en la construcción radica en su capacidad para proporcionar propiedades superiores a las de sus componentes individuales. Estas propiedades mejoradas incluyen una mayor resistencia mecánica, durabilidad, ligereza, resistencia a la corrosión y a los agentes ambientales, así como una mayor versatilidad en cuanto a diseño y aplicaciones (Sewar et al., 2024).

En el ámbito de la construcción, los materiales compuestos han encontrado aplicaciones en una amplia gama de elementos, desde refuerzos estructurales y elementos prefabricados hasta fachadas y revestimientos. Su versatilidad permite adaptarlos a diferentes necesidades y requisitos, ofreciendo soluciones personalizadas para cada proyecto.

Además de sus ventajas técnicas, los materiales compuestos también contribuyen a la sostenibilidad en la construcción. Su ligereza reduce la carga estructural y, por ende, el consumo de energía en el transporte y la instalación. Asimismo, su durabilidad y resistencia a la

degradación prolongan la vida útil de las estructuras, disminuyendo la necesidad de reparaciones y reemplazos frecuentes.

### *2.3.1 Materiales compuestos de matriz polimérica*

Los materiales compuestos de matriz polimérica, son aquellos que utilizan una resina polimérica como matriz y fibras de refuerzo, como vidrio, carbono, aramida entre otros. Estos materiales se caracterizan por su alta resistencia, ligereza, resistencia a la corrosión y facilidad de fabricación.

En la construcción, los materiales compuestos de matriz polimérica se utilizan principalmente como refuerzo estructural, para aumentan la capacidad de carga de elementos de hormigón armado o pretensado, mejorando su resistencia a flexión, cortante y torsión; como elementos prefabricados para la elaboración de paneles, vigas, columnas y otros componentes estructurales ligeros y resistentes; estos materiales compuestos también se utilizan para la rehabilitación de estructuras y permiten reparar y fortalecer las estructuras existentes dañadas por corrosión, fatiga o sobrecargas.

Diversos estudios han demostrado la eficacia de los materiales compuestos de matriz polimérica en la mejora del desempeño estructural de edificios y puentes. Investigaciones realizadas por (Molina et al., 2012) han demostrado que el refuerzo con materiales compuestos de matriz polimérica puede aumentar significativamente la resistencia a flexión y cortante de vigas de hormigón armado.

Sin embargo, los materiales compuestos de matriz polimérica también presentan desafíos, como su sensibilidad a la temperatura, la degradación por radiación ultravioleta y la necesidad de técnicas de diseño y aplicación adecuadas (Sajan & Philip Selvaraj, 2021).

### *2.3.2 Materiales compuestos de matriz metálica*

Los materiales compuestos de matriz metálica consisten en una matriz metálica, como aluminio, magnesio o titanio, reforzada con fibras o partículas cerámicas. Estos materiales ofrecen una combinación única de propiedades, como alta resistencia específica, rigidez y resistencia a la fatiga y al desgaste (Liu et al., 2024).

En la construcción, los materiales compuestos de matriz metálica se utilizan principalmente en fachadas, en donde proporcionan una estética moderna y atractiva, además de ligereza y resistencia a la intemperie; en estructuras ligeras para la construcción de cubiertas, marquesinas y otros elementos que requieren una alta relación resistencia/peso.

Estudios como el de (Martin et al., 2024) han investigado el uso de materiales compuestos de matriz metálica en la fabricación de paneles sándwich para fachadas, demostrando su potencial para mejorar el aislamiento térmico y acústico de los edificios.

No obstante, los materiales compuestos de matriz metálica también tienen limitaciones, como su costo relativamente elevado y la necesidad de técnicas de fabricación especializadas.

### *2.3.3 Materiales compuestos de matriz cerámica*

Los materiales compuestos de matriz cerámica están formados por una matriz cerámica, como carburo de silicio o nitruro de silicio, reforzada con fibras cerámicas o metálicas. Estos materiales destacan por su alta resistencia a temperaturas extremas, resistencia a la corrosión y al desgaste, y baja densidad.

En la construcción, los materiales compuestos de matriz cerámica se aplican en revestimientos resistentes al fuego para proteger estructuras de acero y hormigón del fuego, aumentando su resistencia y durabilidad; en aislamiento térmico en aplicaciones de alta temperatura, como hornos y chimeneas, para reducir la pérdida de calor.

Investigaciones como la de (Spirrett et al., 2024, p. 6) han explorado el uso de materiales compuestos de matriz cerámica en la fabricación de paneles aislantes para edificios, demostrando su capacidad para mejorar la eficiencia energética y reducir el consumo de energía.

### *2.3.4 Materiales compuestos de matriz cementicia*

Los materiales compuestos de matriz cementicia representan una evolución significativa en el campo de los materiales de construcción. Estos compuestos innovadores combinan la matriz cementicia tradicional, como el hormigón o el mortero, con fibras de refuerzo, como fibras de acero, vidrio, carbono o polímeros. Esta combinación sinérgica da lugar a un material

con propiedades mecánicas y de durabilidad superiores a las del hormigón convencional(M. Zhang et al., 2024).

Los materiales compuestos de matriz cementicia se clasifican en dos categorías principales microcompuestos y macrocompuestos. Los microcompuestos contienen fibras cortas y dispersas en la matriz cementicia, mejorando la resistencia a tracción, la tenacidad y la resistencia al agrietamiento; mientras que los macrocompuestos incorporan fibras largas y continuas, como mallas o tejidos, que aumentan significativamente la resistencia a flexión y cortante (M. Zhang et al., 2024).

Aplicación. La matriz cementicia es un componente fundamental en muchos materiales de construcción. Concreto reforzado, morteros y revoques, paneles prefabricados, tuberías y conductos, sistemas de aislamiento.

Investigación. El desarrollo de compuestos de matriz cementicia ha avanzado significativamente en los últimos años, especialmente en el campo de los materiales compuestos reforzados con fibras (FRCM).

Innovaciones en Fibras Reforzantes. Se han investigado y utilizado diversas fibras vegetales como lino, cáñamo, sisal y algodón. Estas fibras son sostenibles, biodegradables y ofrecen una excelente relación costo-resistencia.

Tratamientos de Fibras. Para mejorar la interacción entre las fibras y la matriz cementicia, se aplican tratamientos como el uso de poliéster. Esto aumenta la adherencia y mejora las propiedades mecánicas del compuesto.

Pretensado de Tejidos. Un enfoque reciente es el pretensado de los tejidos antes de su integración en la matriz cementicia. Esto ha demostrado aumentar la resistencia a la fisuración y la rigidez a tracción en más del 30%.

Aplicaciones Prácticas. Los FRCM se utilizan para reforzar estructuras de mampostería y hormigón, rehabilitar edificios antiguos y mejorar la resistencia al fuego.

### *2.3.5 Aplicaciones de los materiales compuestos de matriz cementicia en la construcción*

Los materiales compuestos de matriz cementicia han encontrado una amplia gama de aplicaciones en la construcción que van desde refuerzo de estructuras existentes hasta aplicaciones innovadoras en procesos constructivos.

*Refuerzo de estructuras existentes.* Los materiales compuestos de matriz cementicia se utilizan para fortalecer elementos estructurales de hormigón armado o pretensado, como vigas, columnas y losas, mejorando su capacidad de carga y resistencia a las acciones externas (K. Zhang et al., 2023).

*Elementos prefabricados*. Los materiales compuestos de matriz cementicia se emplean en la fabricación de paneles, vigas, tuberías y otros componentes prefabricados, ofreciendo ventajas como ligereza, alta resistencia y durabilidad.

*Rehabilitación y reparación*. Los materiales compuestos de matriz cementicia son ideales para reparar y fortalecer estructuras dañadas por corrosión, incendios o desastres naturales, gracias a su capacidad de adherencia y resistencia a la tracción.

*Nuevas aplicaciones innovadoras*. Los materiales compuestos de matriz cementicia se están utilizando en aplicaciones emergentes, como la construcción de puentes peatonales, estructuras de contención y elementos arquitectónicos de diseño (K. Zhang et al., 2023).

### *2.3.6 Investigación y desarrollo en materiales compuestos de matriz cementicia*

La investigación en el campo de los materiales compuestos de matriz cementicia está en constante evolución, con el objetivo de desarrollar nuevos materiales y técnicas de aplicación que optimicen su rendimiento y amplíen sus posibilidades. Algunas de las áreas de investigación más relevantes incluyen:

*Desarrollo de nuevas fibras.* Se están investigando fibras de alto rendimiento, como las fibras de carbono y las fibras de basalto, para mejorar aún más las propiedades de los MCC.

*Optimización de la matriz cementicia.* Se están estudiando nuevas formulaciones de hormigón y mortero que mejoren la compatibilidad y la adherencia con las fibras de refuerzo.

*Técnicas de diseño y modelado.* Se están desarrollando herramientas de diseño y modelado numérico para predecir el comportamiento de los MCC bajo diferentes condiciones de carga y ambientales.

*Evaluación de la durabilidad.* Se están llevando a cabo estudios a largo plazo para evaluar la durabilidad de los MCC en diferentes entornos y condiciones de exposición.

*los materiales compuestos con fibras naturales*. Los materiales compuestos con fibras naturales son aquellos que combinan una matriz (generalmente un polímero) con fibras naturales para mejorar sus propiedades mecánicas y físicas. Las fibras naturales pueden provenir de diversas fuentes vegetales, como el lino, el yute, el cáñamo y el coco.

# Capítulo 3. Diseño metodológico

## 3.1 Metodología

La presente investigación se enmarco dentro de un enfoque experimental cuantitativo, cuyo propósito fundamental es establecer la relación causal entre la dosificación de fibra de coco como variable independiente y la densidad, capacidad de absorción de agua, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión del concreto como variables dependientes. La manipulación controlada de la dosificación de fibra de coco en la elaboración de probetas de concreto, seguida de los ensayos, permitirá cuantificar el impacto de este material en las propiedades mecánicas del concreto.

El análisis de los resultados obtenidos, mediante herramientas estadísticas, posibilita no solo determinar si la incorporación de fibra de coco mejora las propiedades mecánicas del concreto, sino también identificar la dosificación que maximiza estas propiedades. Este conocimiento es fundamental para la mejora de mezclas de concreto reforzado con fibra de coco, con el objetivo de mejorar su desempeño estructural en aplicaciones constructivas.

### *3.1.1 Diseño de la mezcla*

El diseño de la mezcla de concreto reforzado con fibra de coco se realizó utilizando una proporción volumétrica de 1 parte de cemento, 2 partes de arena, 3 partes de grava y 0.5 partes de agua, manteniendo una relación agua/cemento de 0.55; se establecieron cuatro dosificaciones

de fibra de coco (0%, 0.5%, 1.0% y 1.5% del peso del cemento) para evaluar su efecto en el concreto. Los materiales fueron cuidadosamente medidos y preparados, mezclando primero el cemento, la arena y la grava en seco hasta lograr una mezcla homogénea. Posteriormente, se añadió el agua de manera gradual mientras se mezclaba, asegurando una distribución uniforme.

Lo anterior se logró por medio de un ensayo de compresión: Este ensayo mide la resistencia a la compresión del concreto y es uno de los más importantes para determinar su calidad. Se preparan cilindros o cubos de concreto, que se someten a una carga de compresión hasta que se fracturan.

Las fibras de coco se incorporaron a las mezclas específicas, garantizando su dispersión homogénea en la matriz del concreto. Finalmente, se continuó mezclando hasta obtener la consistencia deseada, asegurando una mezcla uniforme y lista para los ensayos de evaluación.

### *3.1.2 Preparación de las muestras*

Se elaboraron probetas cilíndricas de 150 mm de diámetro y 300 mm de altura aproximadamente para cada dosificación de fibra de coco, siguiendo las normas técnicas NTC 550, establece los procedimientos para la elaboración y curado de especímenes de concreto fresco y NTC 722, este método de ensayo abarca la determinación de la resistencia a la tensión indirecta de especímenes cilíndricos de concreto, tales como los cilindros moldeados y núcleos extraídos. La Norma Técnica Colombiana NTC 396 es un método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto hidráulico. Esta norma fue ratificada el 10 de abril de 2024. Las

probetas fueron manualmente apisonadas con una varilla liza de diámetro de 16 mm y 600 mm de longitud y mediante golpes con martillo de goma se aseguró la eliminación de burbujas de aire y la adecuada compactación del concreto. Posteriormente, se curaron en condiciones controladas, garantizando un proceso de fraguado y endurecimiento antes de someterlas a los ensayos de resistencia a la compresión, flexión y tracción indirecta
(ICONTEC, 2021; ICONTEC, 2020).

### *3.1.3 Ensayos*

Se llevaron a cabo diversos ensayos para evaluar las propiedades físicas y mecánicas del concreto reforzado con fibra de coco. Los ensayos realizados incluyeron densidad, capacidad de absorción de agua, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y resistencia a la tracción indirecta. Para todos estos ensayos, se utilizó una máquina universal de ensayos, aplicando una carga constante hasta la falla de las probetas y registrando la carga máxima soportada por cada una.

***Ensayo de Densidad.*** El ensayo de densidad se realizó para determinar la masa por unidad de volumen del concreto. Este ensayo es fundamental para entender la compactación y la estructura interna del material. Se pesaron las probetas secas y se midió su volumen, calculando la densidad mediante la fórmula:

$$Densidad = \frac{Masa}{Volumen}$$

***Ensayo de Capacidad de Absorción de Agua.*** La capacidad de absorción de agua se evaluó para medir la cantidad de agua que el concreto puede absorber, lo cual es indicativo de su porosidad y durabilidad. Las probetas fueron sumergidas en agua durante un tiempo específico, luego se secaron superficialmente y se pesaron. La capacidad de absorción se calculó como:

$$Capasidad\ de\ absorción(\%) = \frac{Masa\ húmeda - Masa\ seca}{Masa\ seca} \times 100$$

Este ensayo prevé el comportamiento del concreto en ambientes húmedos y su resistencia al deterioro.

***Ensayo de Compresión.*** La resistencia a la compresión de las probetas se evaluó conforme a la Norma Técnica Colombiana NTC 673, esta describe el procedimiento estándar para realizar ensayos de compresión en probetas de concreto hidráulico (ICONTEC, 2020; ICONTEC, 2021). El ensayo se realizó una máquina universal de ensayos, aplicando una carga axial hasta la falla de las probetas, y registrando la carga máxima soportada, las características de la prueba son las siguientes:

**Tipo de mezcla:** Concreto hidráulico

**Velocidad de carga:** 0.25 MPa/s

**Diámetro de las probetas:** 153.5 mm

**Altura de las probetas:** 310.6 mm

**Área transversal de las probetas:** 18,505.732 mm²

La fórmula aplicada para la resistencia a compresión es:

$$\sigma_c = \frac{P}{A}$$

Donde:

- $\sigma_c$ es la resistencia a compresión
- $P$ es la carga máxima aplicada a la probeta durante el ensayo (N o kN)
- $A$ es el área de la sección transversal de la probeta (mm²)

***Ensayo de Flexión.*** La resistencia a la flexión se determinó siguiendo los lineamientos de la Norma Técnica Colombiana NTC 2871, que establece el método de ensayo para flexión con cuatro apoyos (ICONTEC, 2018). Este ensayo permitió evaluar la capacidad del concreto reforzado con fibra de coco para resistir cargas de flexión según la formula.

$$MR = \frac{3PL}{2bd^2}$$

Donde:

- $MR$ es el módulo de rotura (MPa)
- $P$ es la carga máxima aplicada (N)
- $L$ es la distancia entre los apoyos (mm)
- $b$ es el ancho de la muestra (mm)
- $d$ es la altura de la muestra (mm)

Las características del ensayo para flexión con cuatro apoyos son las siguientes:

***Velocidad de ensayo:*** 0.1 MPa/s

***Dimensiones de las probetas:***

**Ancho (b):** 157 mm

**Altura (d):** 157 mm

***Distancia entre apoyos (l):*** 490 mm

***Área transversal efectiva:*** 7897.74 mm²

***Ensayo de Tracción Indirecta.*** Para medir la resistencia a la tracción indirecta, se utilizó el método descrito en la Norma Técnica Colombiana NTC 722, este ensayo consiste en aplicar una carga diametral en cilindros de concreto, evaluando así la capacidad del material para resistir tensiones de tracción indirecta (ICONTEC, 2020; ICONTEC, 2021).

$$\sigma_t = \frac{2P}{\pi dL}$$

Donde:

$\sigma_t$ es la resistencia a la tracción indirecta (MPa o kPa)

$P$ es la carga máxima aplicada (N o kN)

$d$ es el diámetro de la probeta (mm)

$L$ es la longitud de la probeta (mm)

Las características del ensayo para el ensayo de tracción indirecta son las siguientes:

***Velocidad de ensayo:*** 1.25 kN/s

***Dimensiones de las probetas:***

Diámetro (d): 153.5 mm

Altura (h): 310.6 mm

***Área transversal:*** 74891 mm²

# Capítulo 4. Presentación de resultados

En este capítulo se presentan los resultados de las pruebas realizadas con el análisis del aporte en las propiedades físicas del concreto al adicionarle fibra de coco. En las propiedades físicas del concreto se analizaron diversas dosificaciones de fibra de coco (0%, 0.5%, 1% y 1.5% en peso de cemento) y se compararon con un concreto de referencia sin fibras.

## 4.1 Analisis mediante una revisión bibliográfica científica y técnica

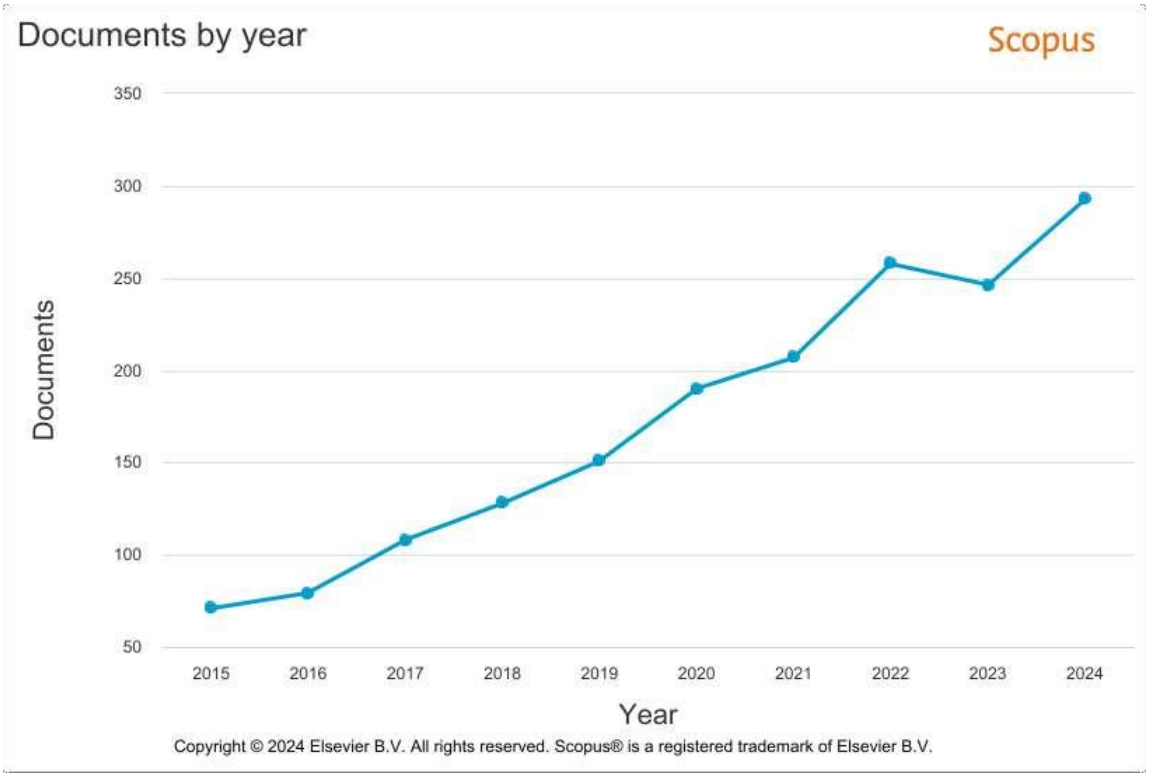
El análisis bibliográfico basado en el código de búsqueda TITLE-ABS-KEY (concrete AND reinforced AND with AND natural AND fibers ) AND ( LIMIT-TO ( SUBJAREA , "ENGI" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "MATE" ) en la base de datos Scopus se permitió explorar la investigación relacionada con el concreto reforzado con fibras naturales, específicamente en las áreas de ingeniería y ciencias de materiales. Este enfoque busca identificar patrones, tendencias y vacíos en la literatura para comprender mejor cómo estas fibras afectan las propiedades del concreto, especialmente su resistencia mecánica.

El análisis incluyo datos sobre publicaciones por año, fuentes de publicación, áreas temáticas, contribuciones por país, y distribución global, lo que brinda un panorama integral de la investigación en esta área. A continuación, se presenta un desglose de los resultados obtenidos.

La siguiente gráfica muestra una tendencia creciente en el número de publicaciones relacionadas con el tema, entre los años 2015 y 2024, alcanzando un pico en los años recientes. Este incremento refleja el interés creciente en el uso de fibras naturales en el concreto, impulsado por la necesidad de materiales sostenibles en la construcción, los años 2023 y 2024 destacan como los más productivos, lo que sugiere un enfoque continuo en esta área.

**Figura 1**

*Tendencia creciente*



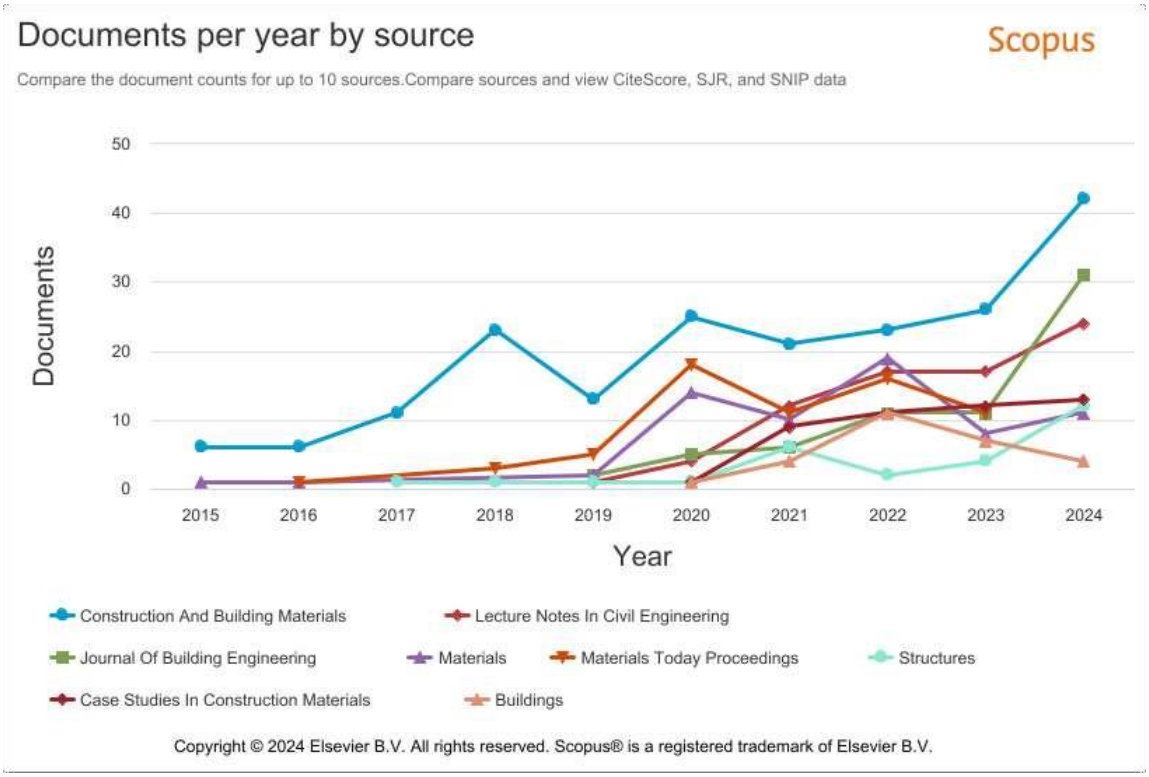

*Nota*. La figura muestra la tendencia creciente

Entre las principales fuentes se encuentran las revistas *Construction and Building Materials* y *Journal of Building Engineering*, estas concentran la mayoría de los documentos de

alta relevancia en el campo de la ingeniería civil y los materiales. Esto indica que la investigación sobre concreto reforzado con fibras naturales se publica predominantemente en revistas especializadas, destacando la calidad y el rigor técnico de los estudios.

**Figura 2**

*Concreto reforzado con fibras naturales*



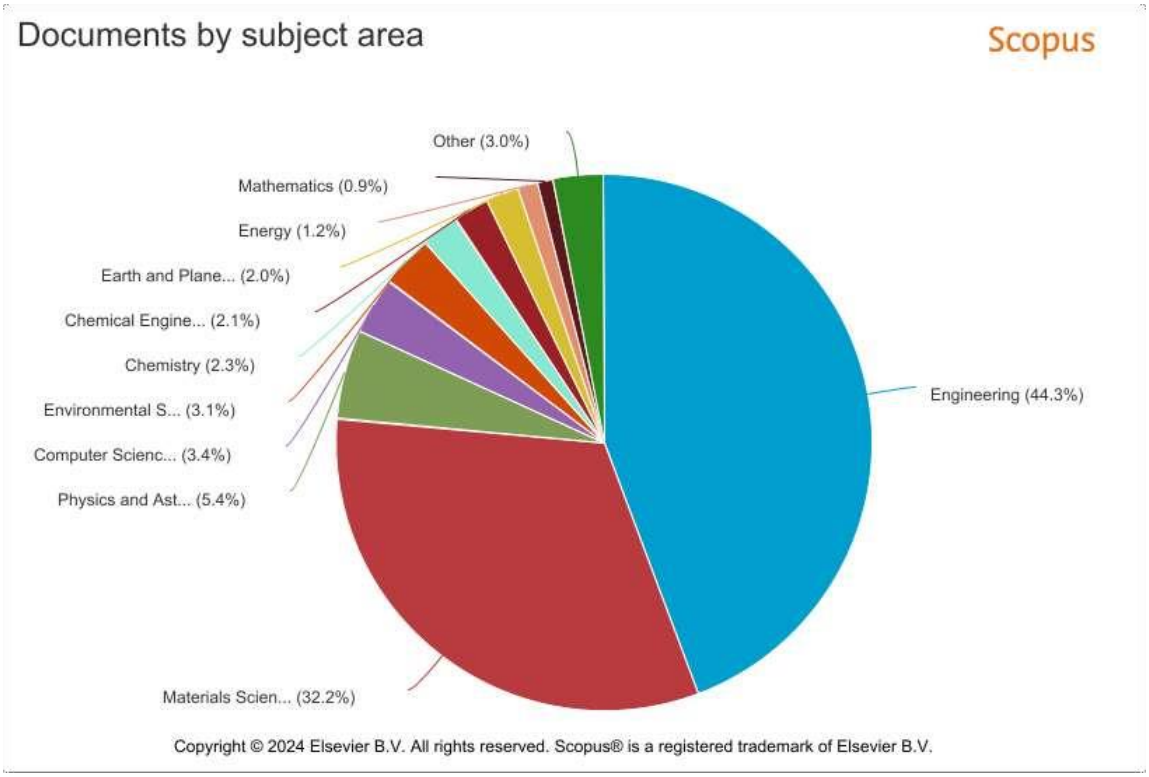

*Nota.* La figura muestra el concreto reforzado con fibras naturales

El análisis realizado por área temática muestra que el 44.3% de los documentos pertenecen al área de ingeniería, seguido por ciencias de materiales con un 32.2%. Otras áreas como física, ciencias ambientales y química tienen contribuciones menores. La concentración en ingeniería y materiales subraya el enfoque técnico de las investigaciones, mientras que la

presencia de áreas como medioambiente refleja la relevancia del tema en términos de sostenibilidad.

**Figura 3**

*Análisis áreas temáticas*




*Nota*. La figura muestra el análisis de las áreas temáticas

China, India y Estados Unidos lideran la investigación sobre concreto reforzado con fibras naturales, reflejando sus prioridades estratégicas en sostenibilidad e innovación tecnológica. En el caso de China, su enfoque está impulsado por una política agresiva de modernización de infraestructura y desarrollo sostenible, respaldada por una vasta disponibilidad de fibras naturales como el bambú y el coco; esta disponibilidad, junto con la alta inversión en

investigación científica, ha permitido a China posicionarse como el mayor contribuyente en este campo. India, por su parte, aprovecha su abundancia de residuos agrícolas, como la fibra de coco, integrando estas fibras en soluciones de construcción sostenibles.

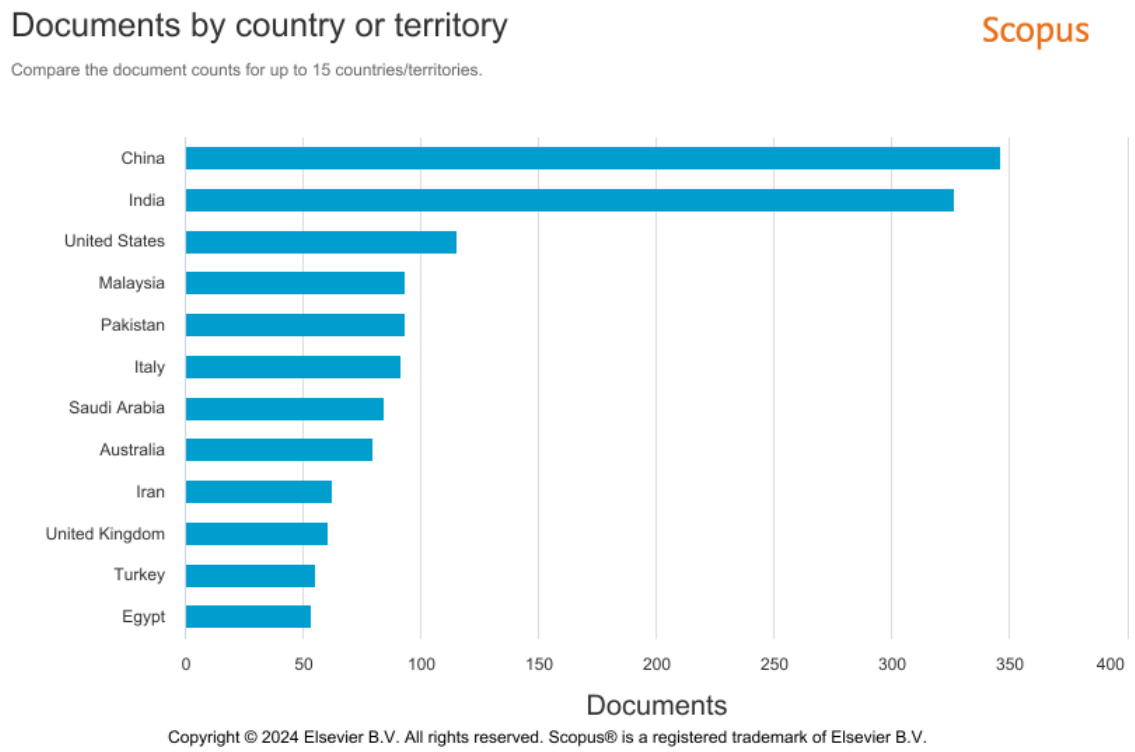
El interés en abordar desafíos locales, como la urbanización acelerada y la necesidad de materiales asequibles y ecológicos, ha llevado a un aumento significativo en las publicaciones científicas del país. Ambos países están alineados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, destacando la importancia de utilizar recursos naturales renovables para reducir el impacto ambiental de la construcción.

En contraste, Estados Unidos se enfoca en el desarrollo de tecnologías avanzadas para mejorar el desempeño del concreto en aplicaciones específicas, como su resistencia estructural ante terremotos. Este enfoque está respaldado por un sistema académico robusto y colaboraciones internacionales que permiten aprovechar recursos y conocimientos globales.

Además, el país lidera investigaciones que integran estrictos estándares medioambientales, buscando alternativas innovadoras que combinen eficiencia estructural con sostenibilidad. La predominancia de estos tres países refleja no solo sus capacidades tecnológicas y científicas, sino también sus respuestas a necesidades locales y globales en términos de materiales de construcción sostenibles. Estos avances, aunque originados en contextos geográficos y económicos distintos, establecen un camino claro hacia el desarrollo de alternativas más ecológicas y eficientes en la industria de la construcción.

**Figura 4**

*Análisis del concreto reforzado con fibras naturales en diferentes países*




*Nota*. La figura muestra el análisis del concreto reforzado con fibras naturales en diferentes países

En América Latina, Brasil lidera significativamente la investigación sobre concreto reforzado con fibras naturales, seguido por países como México, Colombia y Argentina. Este liderazgo brasileño está impulsado por su abundante biodiversidad, que incluye fibras naturales como la de coco, y una industria académica sólida enfocada en la sostenibilidad.

Las investigaciones brasileñas destacan por evaluar el comportamiento mecánico del concreto reforzado, enfocándose en el aumento de la resistencia a la tracción y la compresión, así

como en la reducción de fisuras bajo cargas dinámicas. Además, el uso de fibras naturales se alinea con los objetivos de reducir el impacto ambiental de los materiales de construcción, maximizando el aprovechamiento de residuos agrícolas. México, por su parte, ha priorizado el desarrollo de alternativas sostenibles en construcción, enfocándose en aplicaciones que reduzcan los costos de producción y aumenten la durabilidad, lo que lo posiciona como un actor clave en la región.

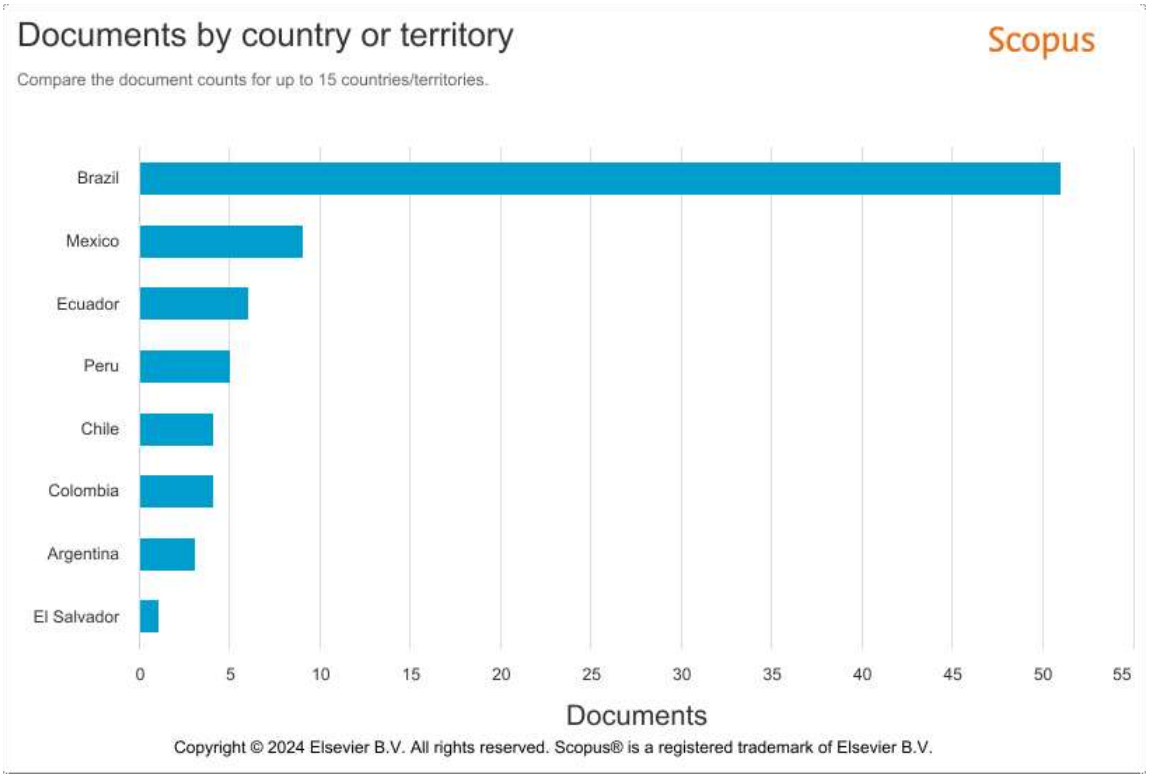
Colombia y Argentina también han contribuido al campo, aunque en menor medida, con investigaciones orientadas a resolver desafíos locales de infraestructura y sostenibilidad. En Colombia, el uso de fibras naturales se asocia frecuentemente con proyectos en zonas rurales y áreas afectadas por conflictos, donde el acceso a materiales tradicionales es limitado.

Estas investigaciones se centran en la viabilidad técnica y económica del concreto reforzado con fibras, destacando la compatibilidad de estos materiales con los recursos disponibles localmente. En Argentina, el enfoque ha estado en la evaluación de mezclas híbridas que combinan fibras naturales y sintéticas, buscando mejorar las propiedades mecánicas y térmicas del concreto.

Estas contribuciones reflejan un interés creciente en América Latina por adoptar tecnologías sostenibles en la construcción, aunque enfrentan limitaciones como la falta de infraestructura técnica y financiamiento continuo para investigación aplicada.

**Figura 5**

*Viabilidad técnica y económica del concreto reforzado con fibras*




*Nota.* La figura muestra la viabilidad técnica y económica del concreto reforzado con fibras

## 4.2 Validación experimentalmente la influencia de diferentes dosificaciones

La preparación de la fibra de coco para su incorporación al concreto requirió un proceso meticuloso que garantizara su calidad y compatibilidad con la matriz cementicia. En primer lugar, se seleccionaron fibras provenientes de cocos maduros o secos, asegurando de que estuvieran libres de impurezas y en óptimas condiciones. Posteriormente, las fibras se cortaron en longitudes de 2 cm para facilitar su manipulación y distribución homogénea en la mezcla de concreto como se muestra en la siguiente figura.

**Figura 6**

*Preparación de la fibra de coco*



*Nota.* La figura muestra la preparación de la fibra de coco

Para mejorar la adherencia de las fibras al cemento, se llevó a cabo un tratamiento químico en varias etapas. Inicialmente, las fibras se sumergieron en una solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 1% en masa, a una temperatura de 25°C, durante un período de 2 horas. Este proceso alcalino tiene como objetivo eliminar componentes orgánicos superficiales y modificar la estructura de la fibra, favoreciendo la interacción con la matriz cementicia (Ramírez Muñoz, 2017).

A continuación, las fibras se sometieron a un riguroso proceso de lavado con abundante agua para eliminar cualquier residuo de NaOH. Posteriormente, se realizó un lavado adicional

con una solución diluida de ácido acético al 1%, seguido de un enjuague final con agua potable. Este paso tiene como propósito neutralizar la alcalinidad residual y preparar las fibras para su secado (Ramírez Muñoz, 2017).

Finalmente, las fibras de coco tratadas se colocaron en un horno a 70°C durante 72 horas. Este proceso de secado garantiza la eliminación completa de la humedad, evitando posibles reacciones indeseadas en la mezcla de concreto y asegurando la estabilidad de las propiedades de las fibras (Ramírez Muñoz, 2017).

Una vez concluido el tratamiento químico y el secado, las fibras de coco estaban listas para ser incorporadas a las mezclas de concreto en las dosificaciones establecidas como se muestra en la siguiente figura.

**Figura 7**

*Preparación de la fibra de coco con NaOH*



*Nota*. La figura muestra la preparación de la fibra de coco con NaOH

## 4.3 Evaluación mediante ensayos de densidad, capacidad de absorción de agua, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión

### *Densidad*

La densidad del concreto disminuye a medida que aumenta la dosificación de fibra de coco, esta reducción en la densidad es esperada debido a la menor densidad de la fibra de coco en comparación con los agregados tradicionales del concreto (tabla 1). Este resultado puede ser beneficioso en aplicaciones donde se busca reducir el peso de las estructuras de concreto.

**Tabla 1**

*Densidad del concreto con fibra de coco*

| Probeta | Peso (Kg) | Densidad (kg/m³) | Dosificación de Fibra de Coco | Valor promedio |
|---|---|---|---|---|
| C1 | 13,032 | 1827,44 | 0% | 1.844 |
| C2 | 13,176 | 1846,68 | 0% | |
| C3 | 13,274 | 1860,35 | 0% | |
| C4 | 13,596 | 1904,69 | 0,50% | 1.873 |
| C5 | 13,198 | 1849,69 | 0,50% | |
| C6 | 13,315 | 1866,23 | 0,50% | |
| C7 | 12,738 | 1785,19 | 1% | 1.819 |
| C8 | 13,043 | 1827,43 | 1% | |
| C9 | 13,167 | 1845,32 | 1% | |
| C10 | 13,173 | 1846,12 | 1,50% | 1.817 |
| C11 | 13,043 | 1827,43 | 1,50% | |
| C12 | 12,699 | 1779,00 | 1,50% | |

*Nota.* La tabla muestra la densidad del concreto con fibra de coco

***Absorción de agua***

De acuerdo con los resultados obtenidos del ensayo de absorción de agua (ver figura 3), la absorción de agua muestra una tendencia a disminuir ligeramente con el incremento en la dosificación de fibra de coco. Sin fibra, la absorción es de un 4.43%, mientras que con un 0.5% de fibra disminuye a 4.03%, con un 1% a 3.44%, y con un 1.5% de fibra baja aún más a 3.24% como se muestra en la tabla 2. Esta reducción en la absorción de agua podría indicar que la incorporación de fibra de coco, en las proporciones estudiadas, mejora la resistencia a la penetración de agua. Esto puede tener implicaciones positivas para la durabilidad del concreto, ya que una menor absorción de agua reduce la susceptibilidad a la entrada de agentes químicos agresivos, mejorando su desempeño en entornos con alta exposición a humedad o contaminantes.

**Figura 8**

*Probetas sumergidas en agua para el ensayo de absorción durante 24 hora*



*Nota.* Probetas sumergidas en agua para el ensayo de absorción durante 24 hora

La fórmula utilizada para calcular el porcentaje de absorción es:

$$Absorción\ de\ agua\ (\%) = \frac{Peso\ a\ las\ 24\ horas\ de\ secado - Peso\ a\ las\ 24\ horas\ sumergido}{Peso\ a\ las\ 24\ horas\ de\ secado} \times 100$$

Dando como resultado los datos mostrados en la siguiente tabla

**Tabla 2**

*Absorción de agua del concreto con fibra de coco*

| REF | % de Fibra | Peso a las 24h Sumergido (kg) | Peso a las 24h de Secado (kg) | Peso a los 28 días de Fraguado (kg) | Absorción de Agua (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| **C2** | 0% | 13.262 | 12.700 | 13.336 | 4.43% |
| **C5** | 0.5% | 13.311 | 12.795 | 13.390 | 4.03% |
| **C8** | 1% | 13.135 | 12.698 | 13.205 | 3.44% |
| **C12** | 1.5% | 12.762 | 12.362 | 12.818 | 3.24% |

*Nota.* La tabla muestra la absorción de agua del concreto con fibra de coco

***Resistencia a la flexión***

Los ensayos de resistencia a la flexión realizados en probetas de concreto reforzadas con fibra de coco permitieron evaluar cómo este material influye en la capacidad del concreto para soportar cargas de flexión. Las probetas sin fibra presentaron una resistencia base de aproximadamente 2.74 MPa, lo que sirvió como referencia para las mezclas con fibra.

**Figura 9**

*Ensayo de flexión en probeta de concreto reforzado con fibra de coco durante la prueba de resistencia*



*Nota.* La figura muestra el ensayo de flexión en probeta de concreto reforzado con fibra de coco durante la prueba de resistencia

Sin embargo, al incrementar la dosificación de fibra de 0,5% a 1.5%, se observó una variabilidad en los resultados, ya que las probetas alcanzaron el valor máximo de resistencia a la flexión de 3.55 MPa, lo que representa un aumento significativo en comparación con la mezcla sin fibra, puesto que las fibras se entrelazan entre si y generan una mayor disipación de la energía. Por otro lado, las probetas con 1.5% de fibra registraron un valor porcentual de 3.55 MPa, este aumento sugiere que la fibra de coco contribuye a mejorar la resistencia a la flexión, ya que en ambos casos aumento tanto en el 1.5 y el 1%, aunque se debe decir que en 0,5 hubo

una pequeña variación ya que paso de 2,74 a 2,7MPa, siendo esto poco representativo, ya que el porcentaje de la fibra es bajo.

**Tabla 3**

*Resistencia a la flexión del concreto con fibra de coco*

| Ref | % de Fibra | Carga Máxima (kN) | Módulo de Rotura (MPa) | Porcentaje |
|---|---|---|---|---|
| **C1** | 0% | 21.60 | 2.74 | 0% |
| **C4** | 0.5% | 21.30 | 2.70 | -1.46% |
| **C7** | 1% | 22.10 | 2.80 | 2.19% |
| **C10** | 1.5% | 28.00 | 3.55 | 29.61% |

*Nota.* La tabla muestra la resistencia a la flexión del concreto con fibra de coco

El estudio de la adición de fibra de coco al concreto muestra una tendencia interesante en cómo esta afecta la resistencia a la compresión y la carga máxima soportada. Los resultados indican que las probetas sin fibra (0%) presentan una variabilidad notable: mientras que la muestra "Cliente 3" alcanza una resistencia máxima de 21.2 MPa y una carga de 392.3 kN, la muestra 2 presenta una resistencia significativamente menor de 9.27 MPa y una carga de 171.5 kN. Esto sugiere que, sin la adición de fibras, el concreto puede exhibir comportamientos muy dispares, probablemente influenciados por factores como la homogeneidad de la mezcla o las condiciones de curado.

La fórmula para calcular el módulo de ruptura es fcr=0,7√fck N/mm2

**Figura 10**

*Máquina universal utilizada en los ensayos de compresión de probetas de concreto reforzado con fibra de coco*



*Nota.* La figura muestra la máquina universal utilizada en los ensayos de compresión de probetas de concreto reforzado con fibra de coco

Por otro lado, al añadir fibra de coco en porcentajes crecientes (0.5%, 1% y 1.5%), se observa que la resistencia a la compresión no sigue una tendencia lineal. Por ejemplo, con un 0.5% de fibra, la resistencia alcanza hasta 17.32 MPa (Cliente 6) pero disminuye a 11.84 MPa en otra muestra (Cliente 5).

El aumento al 1% muestra una ligera mejora en la resistencia (13.84 MPa y 14.4 MPa para los Clientes 8 y 9, respectivamente), mientras que al 1.5%, la variabilidad vuelve a notarse con una muestra que alcanza los 17.79 MPa (Cliente 11) y otra con solo 11.51 MPa (Cliente 12). Estos resultados sugieren que, aunque la adición de fibra de coco puede mejorar la resistencia en algunos casos, también puede llevar a una disminución en otros, lo que indica que la proporción de fibra, junto con otros factores de mezcla, deben ser optimizados para obtener un efecto beneficioso consistente en la resistencia del concreto.

**Tabla 4**

*Resistencia a la compresión del concreto con fibra de coco*

| Ref | % de fibra de coco | Resistencia a 28 días (MPa) | Carga Máxima (kN) | Valor absoluto |
|---|---|---|---|---|
| **C2** | 0% | 9.27 | 171.5 | 0 |
| **C3** | 0% | 21.2 | 392.3 | 0 |
| **C5** | 0.5% | 11.84 | 219.1 | 0,2772 |
| **C6** | 0.5% | 17.32 | 320.5 | 0.183 |
| **C8** | 1% | 13.84 | 256.2 | 0.493 |
| **C9** | 1% | 14.4 | 266.4 | 0.3208 |
| **11** | 1.5% | 17.79 | 329.2 | 0.9191 |
| **12** | 1.5% | 11.51 | 212.9 | 0.4571 |

*Nota.* La tabla muestra la resiliencia a la comprensión del concreto con fibra de coco

***Resistencia a la comprensión***

El análisis de los datos muestra que la adición de fibra de coco al concreto tiene un impacto significativo en su resistencia a la tracción (figura 6), la mezcla sin fibras (0%) alcanzó una resistencia de 2041.63 kPa, sirviendo como base de comparación (tabla5). Al añadir un 0.5% de fibra de coco, se observó una ligera mejora, con una resistencia de 2066.99 kPa y una mayor capacidad para soportar cargas (371 kN), este resultado sugiere que una pequeña cantidad de fibra puede fortalecer la cohesión interna del concreto, mejorando su resistencia a la tracción sin comprometer su estructura.

**Figura 11**

*Máquina universal utilizada en los ensayos de compresión de probetas de concreto reforzado con fibra de coco*



*Nota.* La figura muestra la máquina universal utilizada en los ensayos de compresión de probetas de concreto reforzado con fibra de coco

***Resistencia a la tracción indirecta***

Sin embargo, al aumentar la proporción de fibra al 1% y 1.5%, la resistencia a la tracción disminuyó a 1896.08 kPa y 1889.41 kPa, respectivamente, esta reducción puede deberse a una distribución menos uniforme de las fibras en la mezcla, lo que podría generar vacíos o defectos internos que debilitan el material. Estos resultados indican que, aunque la fibra de coco puede mejorar ciertas propiedades mecánicas del concreto, su uso óptimo parece limitarse a proporciones bajas, donde se maximiza la resistencia sin comprometer la integridad del material.

**Tabla 5**

*Resistencia a la tracción del concreto con fibra de coco*

| Ref | % de fibra de coco | Resistencia Nominal (MPa) | Carga Máxima (kN) | Resistencia a la Tracción (kPa) | Valor absoluto |
|---|---|---|---|---|---|
| **C1** | 0% | 21 | 267 | 2041.63 | 0 |
| **C4** | 0.5% | 21 | 371 | 2066.99 | 0.0124 |
| **C7** | 1% | 21 | 216 | 1896.08 | 0.0713 |
| **C10** | 1.5% | 21 | 291 | 1889.41 | 0.0746 |

*Nota.* La tabla muestra resistencia a la tracción del concreto con fibra de coco

# Capítulo 5. Conclusiones

Se puede concluir que a partir de la comparación entre la mezcla sin fibras y la que contiene un 0.5% de fibra de coco, se observa un incremento en la resistencia de 2041.63 kPa a 2066.99 kPa, lo que sugiere que incluso una pequeña cantidad de fibra contribuye a mejorar la tracción, este incremento, aunque moderado, es relevante en el contexto de la ingeniería de materiales, ya que implica que la fibra de coco actúa como un refuerzo natural que ayuda a distribuir mejor las tensiones en el concreto. La mayor capacidad de carga (371 kN) también respalda esta conclusión, indicando que la adición de fibra no solo mejora la resistencia a la tracción, sino que también puede influir en la durabilidad.

El análisis de los ensayos de flexión muestra que la incorporación de fibra de coco en los cilindros de concreto está destinada a modificar su comportamiento ante cargas de flexión. La resistencia base de aproximadamente 2.74 MPa obtenida en las sondas sin fibra actúa como un punto de referencia crucial para evaluar los efectos de la adición de la fibra. Por lo tanto, la resistencia de 2.74 MPa en los especímenes sin refuerzo establece una línea base que permite comparar las mejoras o cambios en la resistencia cuando se incorporan fibras de coco. Esto es esencial para determinar la eficacia del refuerzo en términos de comportamiento en la resistencia a flexión.

En cuanto a la resistencia a la tracción, el uso de fibras también mostró efectos positivos, pero solo dentro de ciertos límites, la adición de un 0.5% de fibra de coco incrementó la resistencia a la tracción a 2066.99 kPa, en comparación con los 2041.63 kPa obtenidos en la

mezcla sin fibra. Sin embargo, al aumentar el contenido de fibra a 1% y 1.5%, la resistencia a la tracción disminuyó a 1896.08 kPa y 1889.41 kPa, respectivamente. Estos resultados indican que, aunque las fibras pueden mejorar la capacidad del concreto para soportar esfuerzos de tracción, un exceso de fibras puede llevar a una reducción en su desempeño debido a posibles problemas de compactación y cohesión interna.

Finalmente se puede inferir que la adición de fibra de coco al concreto tiene un potencial considerable para mejorar su resistencia, pero su efectividad depende de una dosificación adecuada. Para maximizar los beneficios sin comprometer la integridad del material, se recomienda limitar la adición de fibra a no más del 0.5% del peso del cemento.

# Capítulo 6. Recomendaciones

Se deben integrar los resultados de los diferentes estudios para formar un marco teórico coherente, al igual que resalta las principales conclusiones y cómo se relacionan con los objetivos de tu investigación, como también mantener la revisión actualizada con los estudios más recientes, incorporando nuevas investigaciones que puedan proporcionar una visión más completa y actual del tema.

Se deben documentar todos los procedimientos y resultados de acuerdo con las normas técnicas pertinentes, esto incluye el uso de formatos de reporte estándar y la inclusión de todos los datos experimentales, al igual, que el analiza los datos obtenidos para determinar cómo la dosificación de fibra de coco afecta la resistencia a la compresión del concreto.

Basándose en los análisis, se concluye cuál es la dosificación óptima de fibra de coco que mejora las propiedades mecánicas del concreto, de igual forma se deben considerar factores adicionales como la trabajabilidad y coste-beneficio para recomendaciones prácticas.

## Referencias

Adesina, A. (2022). Performance of cementitious composites incorporating coconut fibers as reinforcement. In *Advances in Bio-Based Fiber* (pp. 645–660). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824543-9.00005-0

Ali, B., Hawreen, A., Ben Kahla, N., Talha Amir, M., Azab, M., & Raza, A. (2022). A critical review on the utilization of coir (coconut fiber) in cementitious materials. *Construction and Building Materials, 351*, 128957. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.128957

Alomayri, T., Yosri, A. M., Ali, B., Raza, S. S., Yaqub, M., Kurda, R., & Deifalla, A. F. (2023). The influence of coconut fibres and ground steel slag on strength and durability properties of recycled aggregate concrete: sustainable design of fibre reinforced concrete. *Journal of Materials Research and Technology*, *24*, 10027–10039. https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.05.212

Belizario-Silva, F., Galimshina, A., Reis, D. C., Quattrone, M., Gomes, B., Marin, M. C., Moustapha, M., John, V., & Habert, G. (2021). Stakeholder influence on global warming potential of reinforced concrete structure. *Journal of Building Engineering*, *44*, 102979. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102979

Bortoletto, M., Sanches, A. O., Santos, J. A., da Silva, R. G., Tashima, M. M., Payá, J., Soriano, L., Borrachero, M. V., Malmonge, J. A., & Akasaki, J. L. (2023). New insights on

understanding the Portland cement hydration using electrical impedance spectroscopy. *Construction and Building Materials*, *407*, 133566. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133566

Crucho, J., Picado-Santos, L., & Neves, J. (2023). Flexural strength of cement bound granular mixtures using recycled aggregate and coconut fiber. *Transportation Research Procedia*, *72*, 232–239. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.11.399

Dash, B., Prakash Giri, J., Markandeya Raju, P., & Dora, D. T. K. (2023). Simultaneous influence of processed cellulose acetate fiber reinforcement and recycled aggregate replacement on mechanical and durability performances of concrete. *Construction and Building Materials*, *401*, 132950. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.132950

Demirdağ, C., Nodehi, M., Bideci, A., Bideci, Ö. S., Tuncer, M., Gencel, O., & Ozbakkaloglu, T. (2024). The use of natural (coconut) and artificial (glass) fibers in cement – polymer composites: An experimental study. *Construction and Building Materials*, *412*, 134895. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.134895

Ferrández, D., Saiz, P., Zaragoza-Benzal, A., & Zúñiga-Vicente, J. A. (2023). Towards a more sustainable environmentally production system for the treatment of recycled aggregates in the construction industry: An experimental study. *Heliyon*, *9*(6), e16641. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16641

ICONTEC. (2018). *Ntc 5541 Concretos reforzados con fibra*. 1–19.

ICONTEC. (2018). *Ntc 2871 Método de ensayo para determinar la resistencia del concreto a la flexión (utilizando una viga simple con carga en los tercios medios)*. 1–10.

ICONTEC. (2020). *Ntc 550 Concretos. Elaboración y curado de especímenes de concreto en el sitio de trabajo*. 1–25.

ICONTEC. (2021). *Ntc 722 Concretos. Método de ensayo para determinar la resistencia a la tensión indirecta de especímenes cilíndricos de concreto.* 1–12.

Li, Y., Zeng, X., Shi, Y., Yang, K., Zhou, J., Umar, H. A., Long, G., & Xie, Y. (2022). A comparative study on mechanical properties and environmental impact of UHPC with belite cement and portland cement. *Journal of Cleaner Production*, *380*, 135003. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135003

Liu, J., Ding, R., Cao, J., Zhan, K., Li, S., Zhao, B., & Ji, V. (2024). Recent progress in architecture design of nanocarbon-reinforced metal matrix composites and their properties: A review. *Carbon*, *228*, 119382. https://doi.org/10.1016/j.carbon.2024.119382

Lu, Y., Xiao, J., & Li, Y. (2024). 3D printing recycled concrete incorporating plant fibres: A comprehensive review. *Construction and Building Materials*, *425*, 135951. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.135951

Martin, R. G., Johansson, C., Tavares, J. R., & Dubé, M. (2024). Manufacturing of thermoplastic composite sandwich panels using induction welding under vacuum. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, *182*, 108211. https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2024.108211

Molina, M., Cruz, J. J., Oller, S., Barbat, A. H., & Gil, L. (2012). Estudio numérico-experimental de la interfaz hormigón-epoxi-FRP para una estructura reforzada sometida a doble corte. *Revista Internacional de Métodos Numéricos Para Cálculo y Diseño En Ingeniería*, *28*(2), 65–79. https://doi.org/10.1016/j.rimni.2011.11.007

Ramírez Muñoz, S. (2017). *Influencia De La Concentración De Naoh En La Resistencia Mecánica A La Tensión De Un Material Compuesto Reforzado Con Fibra De Bambú*. Universidad Ecci.

Revathi, S., Dinesh, M., & Suba Sri Varsan, S. G. (2023). Mechanical properties of concrete incorporating coconut fibers and copper slag. *Materials Today: Proceedings*. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.02.276

Sajan, S., & Philip Selvaraj, D. (2021). A review on polymer matrix composite materials and their applications. *Materials Today: Proceedings*, *47*, 5493–5498. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.08.034

Sewar, Y., Amran, M., Avudaiappan, S., Gamil, Y., & Rashid, R. S. M. (2024). Bonding strength performance of bamboo-based composite materials: An in-depth insight for sustainable construction applications. *Heliyon*, *10*(13), e32155. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e32155

Shobeiri, V., Bennett, B., Xie, T., & Visintin, P. (2024). Mix design optimization of waste-based aggregate concrete for natural resource utilization and global warming potential. *Journal of Cleaner Production*, *449*, 141756. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141756

Spirrett, F., Oi, A., & Kirihara, S. (2024). Additive manufacturing of composite glass/ceramic structures with self-similar geometries. *Open Ceramics*, *17*, 100509. https://doi.org/10.1016/j.oceram.2023.100509

Van Damme, H. (2018). Concrete material science: Past, present, and future innovations. *Cement and Concrete Research*, *112*, 5–24. https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2018.05.002

Wang, W., Mo, Z., Chouw, N., & Xu, Z. (2023). Impact resistance of flax FRP fully wrapped coconut fibre reinforced concrete beams and shear contribution of FRP. *Construction and Building Materials*, *392*, 131922. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131922

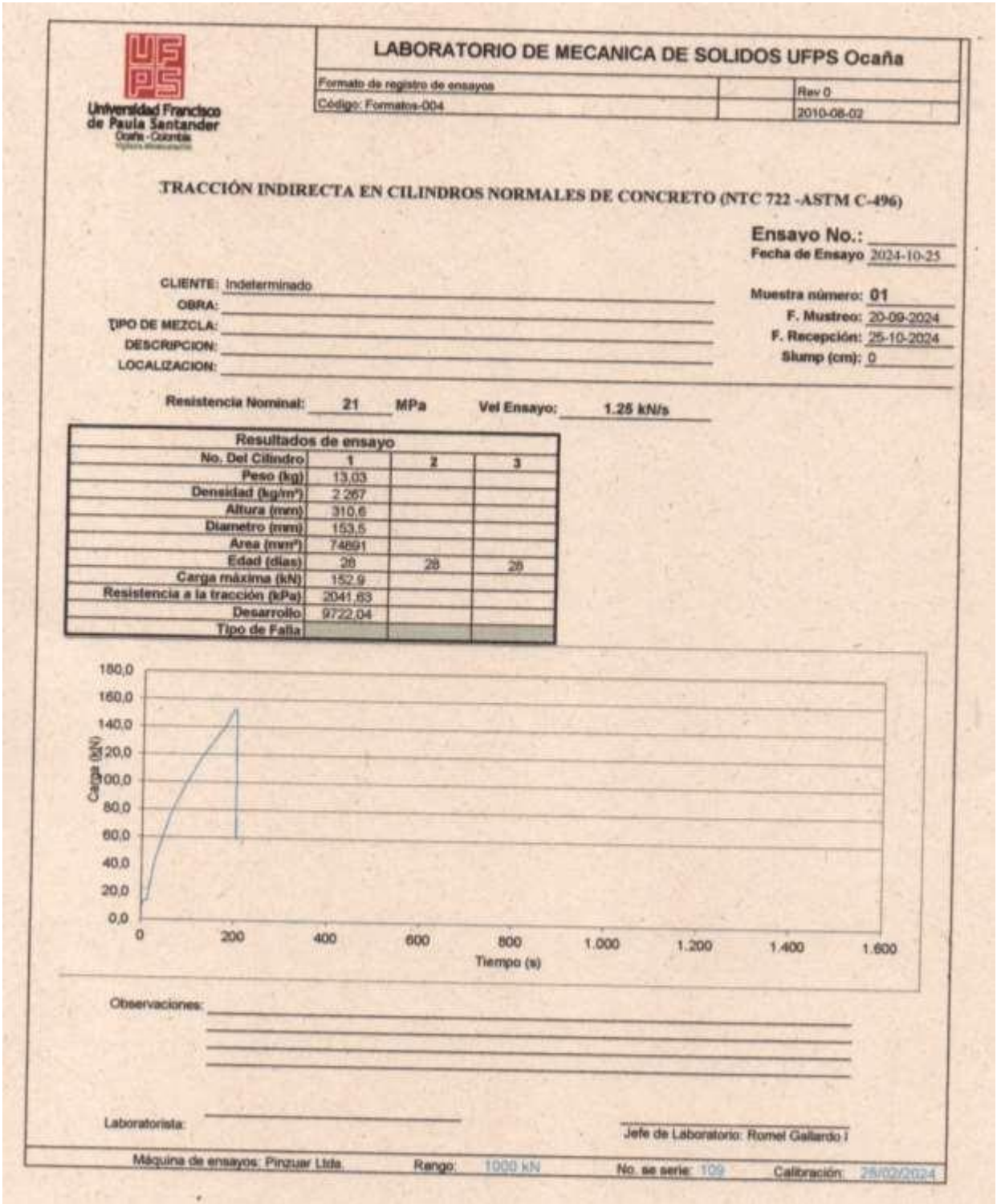
Wang, X., Jin, Y., Ma, Q., & Li, X. (2024). Performance and mechanism analysis of natural fiber-reinforced foamed concrete. *Case Studies in Construction Materials*, *21*, e03476. https://doi.org/10.1016/j.cscm.2024.e03476

Zhang, K., Yuan, Q., Huang, T., Zuo, S., & Yao, H. (2023). Utilization of novel stranded steel fiber to enhance fiber–matrix interface of cementitious composites. *Construction and Building Materials*, *369*, 130525. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.130525

Zhang, M., Luo, Q., Deng, M., & Zhao, S. (2024). Bond behavior between carbon fabric reinforced cementitious matrix (FRCM) composites with added short fibers and concrete substrates. *Construction and Building Materials*, *411*, 134232. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.134232

# Apéndices

## Apéndice A. Tracción en concreto



Universidad Francisco de Paula Santander
Ocaña - Colombia

**LABORATORIO DE MECANICA DE SOLIDOS UFPS Ocaña**

| | | |
|---|---|---|
| Formato de registro de ensayos | | Rev 0 |
| Código: Formatos-004 | | 2010-08-02 |

**TRACCIÓN INDIRECTA EN CILINDROS NORMALES DE CONCRETO (NTC 722 -ASTM C-496)**

**Ensayo No.:**
**Fecha de Ensayo** 2024-10-25

**CLIENTE:** Indeterminado
**OBRA:**
**TIPO DE MEZCLA:**
**DESCRIPCION:**
**LOCALIZACION:**

**Muestra número:** 01
**F. Mustreo:** 20-09-2024
**F. Recepción:** 25-10-2024
**Slump (cm):** 0

**Resistencia Nominal:** 21 **MPa** **Vel Ensayo:** 1.25 kN/s

| Resultados de ensayo | | | |
|---|---|---|---|
| No. Del Cilindro | 1 | 2 | 3 |
| Peso (kg) | 13,03 | | |
| Densidad (kg/m³) | 2.267 | | |
| Altura (mm) | 310,6 | | |
| Diametro (mm) | 153,5 | | |
| Area (mm²) | 74891 | | |
| Edad (días) | 28 | 28 | 28 |
| Carga máxima (kN) | 152,9 | | |
| Resistencia a la tracción (kPa) | 2041,63 | | |
| Desarrollo | 9722,04 | | |
| Tipo de Falla | | | |




Observaciones:

Laboratorista:

Jefe de Laboratorio: Romel Gallardo I

Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda. Rango: 1000 kN No. se serie: 109 Calibración: 28/02/2024

Universidad Francisco de Paula Santander
Ocaña - Colombia

| LABORATORIO DE MECANICA DE SOLIDOS UFPS Ocaña | | |
|---|---|---|
| Formato de registro de ensayos | | Rev 0 |
| Código: Formatoo-004 | | 2010-08-02 |

## TRACCIÓN INDIRECTA EN CILINDROS NORMALES DE CONCRETO (NTC 722 -ASTM C-496)

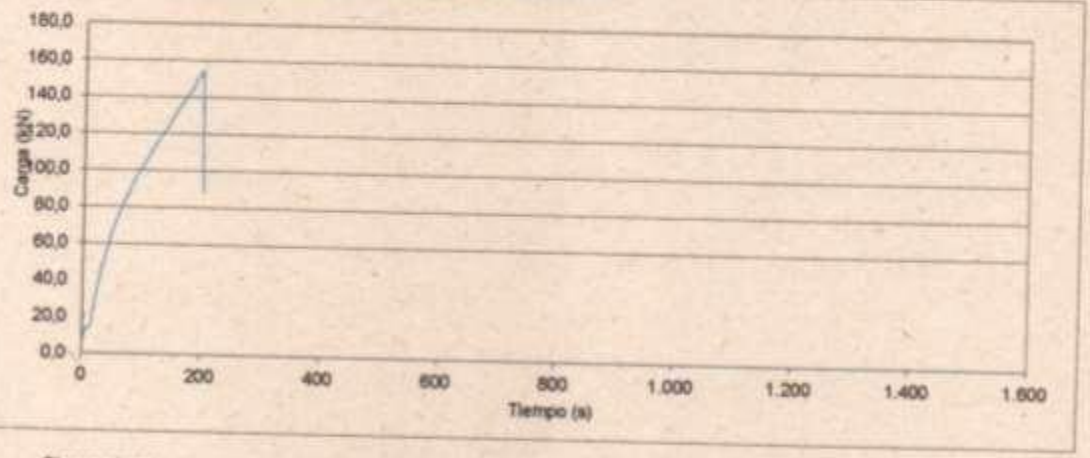
**Ensayo No.:**
**Fecha de Ensayo** 2024-10-25

**CLIENTE:** Indeterminado
**OBRA:**
**TIPO DE MEZCLA:**
**DESCRIPCION:**
**LOCALIZACION:**

**Muestra número:** 04
**F. Mustreo:** 20-09-2024
**F. Recepción:** 25-10-2024
**Slump (cm):** 0

**Resistencia Nominal:** 21 MPa **Vel Ensayo:** 1.25 kN/s

| Resultados de ensayo | | | |
|---|---|---|---|
| No. Del Cilindro | 1 | 2 | 3 |
| Peso (kg) | 13,6 | | |
| Densidad (kg/m³) | 2.371 | | |
| Altura (mm) | 310 | | |
| Diametro (mm) | 153,5 | | |
| Area (mm²) | 74747 | | |
| Edad (días) | 28 | 28 | 28 |
| Carga máxima (kN) | 154,5 | | |
| Resistencia a la tracción (kPa) | 2066,99 | | |
| Desarrollo | 9842,79 | | |
| Tipo de Falla | | | |




Observaciones:

Laboratorista:

Jefe de Laboratorio: Romel Gallardo I

Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda. Rango: 1000 kN No. se serie: 109 Calibración: 09/11/2017

Universidad Francisco de Paula Santander
Ocaña - Colombia

| LABORATORIO DE MECANICA DE SOLIDOS UFPS Ocaña | | |
|---|---|---|
| Formato de registro de ensayos | | Rev 0 |
| Código: Formatos-004 | | 2010-08-02 |

## TRACCIÓN INDIRECTA EN CILINDROS NORMALES DE CONCRETO (NTC 722 -ASTM C-496)

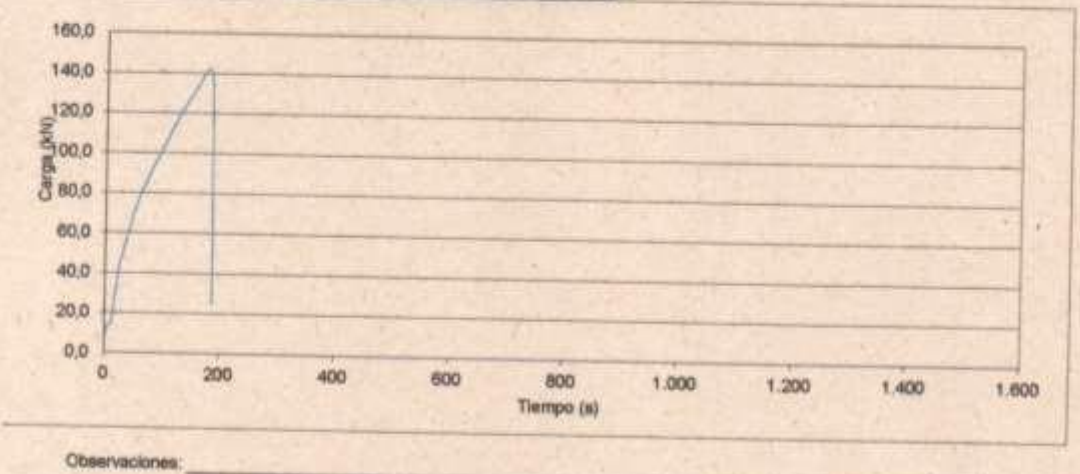
**Ensayo No.:**
**Fecha de Ensayo** 2024-10-25

**CLIENTE:** Indeterminado
**OBRA:**
**TIPO DE MEZCLA:**
**DESCRIPCION:**
**LOCALIZACION:**

**Muestra número:** 7
**F. Mustreo:** 20-09-2024
**F. Recepción:** 25-10-2024
**Slump (cm):** 0

**Resistencia Nominal:** 21 MPa **Vel Ensayo:** 1.25 kN/s

| Resultados de ensayo | | | |
|---|---|---|---|
| No. Del Cilindro | 1 | 2 | 3 |
| Peso (kg) | 12,74 | | |
| Densidad (kg/m³) | 2.216 | | |
| Altura (mm) | 310,6 | | |
| Diametro (mm) | 153,5 | | |
| Area (mm²) | 74891 | | |
| Edad (dias) | 28 | 28 | 28 |
| Carga máxima (kN) | 142,0 | | |
| Resistencia a la tracción (kPa) | 1896,08 | | |
| Desarrollo | 9028,97 | | |
| Tipo de Falla | | | |




Observaciones:

Laboratorista:

Jefe de Laboratorio: Romel Gallardo I

Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda. Rango: 1000 kN No. se serie: 109 Calibración: 09/11/2017

Universidad Francisco de Paula Santander
Ocaña - Colombia

| LABORATORIO DE MECANICA DE SOLIDOS UFPS Ocaña | | |
|---|---|---|
| Formato de registro de ensayos | | Rev:0 |
| Código: Formatos-004 | | 2010-08-02 |

## TRACCIÓN INDIRECTA EN CILINDROS NORMALES DE CONCRETO (NTC 722 -ASTM C-496)

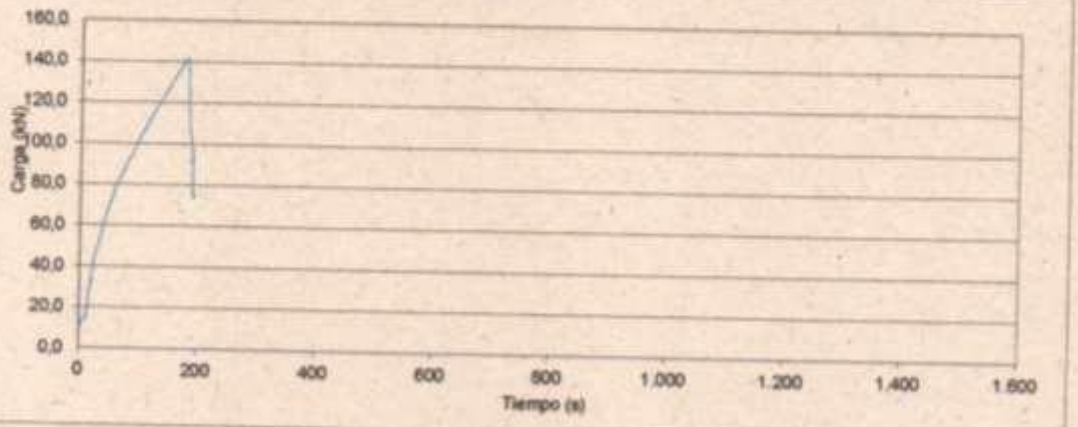
**Ensayo No.:** _____
**Fecha de Ensayo** 2024-10-25

**CLIENTE:** Indeterminado
**OBRA:**
**TIPO DE MEZCLA:**
**DESCRIPCION:**
**LOCALIZACION:**

**Muestra número:** 10
**F. Mustreo:** 20-09-2024
**F. Recepción:** 25-10-2024
**Slump (cm):** 0

**Resistencia Nominal:** 21 **MPa** **Vel Ensayo:** 1.25 kN/s

| Resultados de ensayo | | | |
|---|---|---|---|
| No. Del Cilindro | 1 | 2 | 3 |
| Peso (kg) | 13,17 | | |
| Densidad (kg/m³) | 2.291 | | |
| Altura (mm) | 310,6 | | |
| Diametro (mm) | 153,5 | | |
| Area (mm²) | 74891 | | |
| Edad (días) | 28 | 28 | 28 |
| Carga máxima (kN) | 141,5 | | |
| Resistencia a la tracción (kPa) | 1889,41 | | |
| Desarrollo | 8997,18 | | |
| Tipo de Falla | | | |



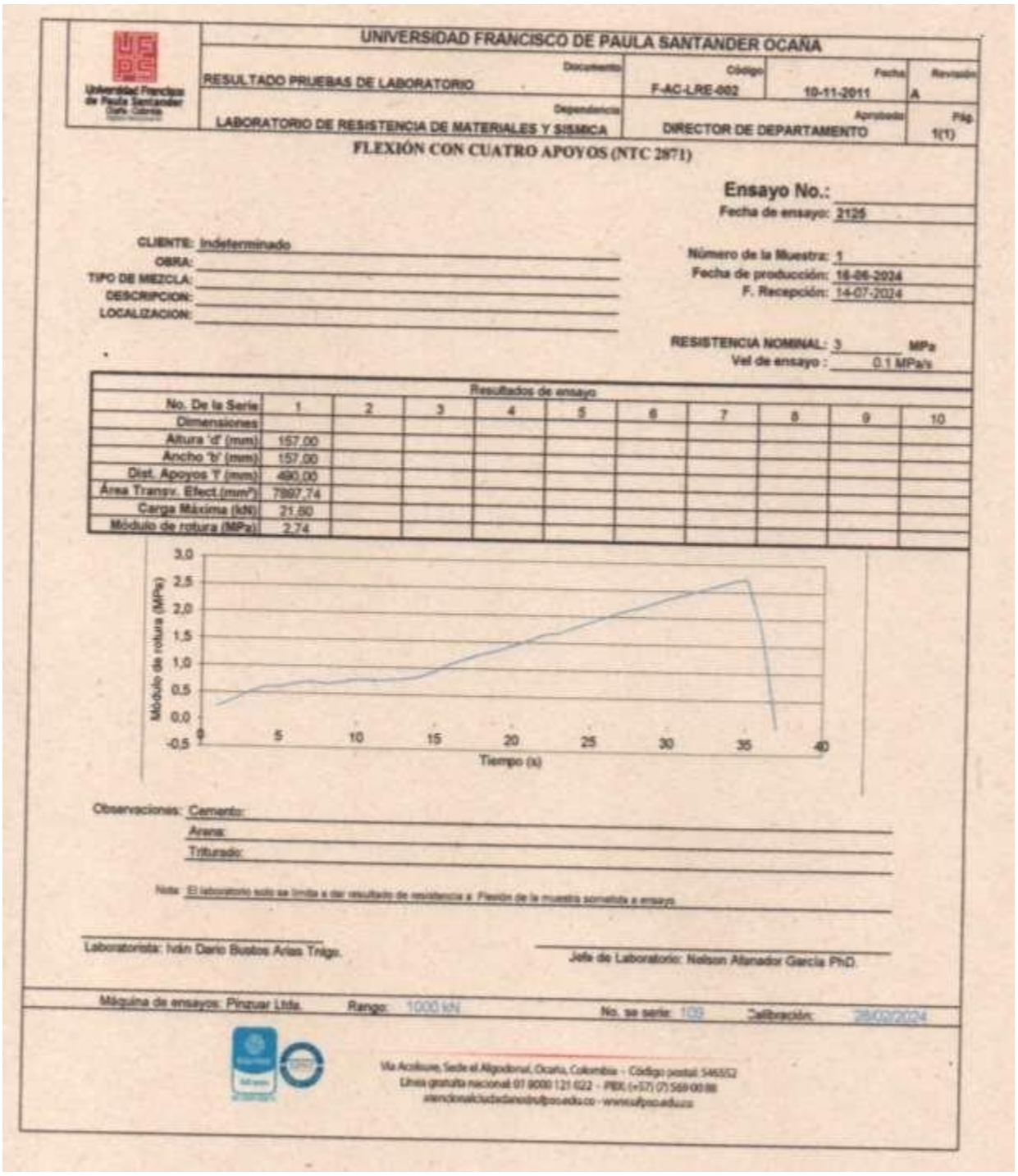

Observaciones: _____

Laboratorista: _____

Jefe de Laboratorio: Romel Gallardo I

Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda. Rango: 1000 kN No. se serie: 109 Calibración: 09/11/2017

## Apéndice B. Flexión concreto



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

| Documento | Código | Fecha | Revisión |
|---|---|---|---|
| RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO | F-AC-LRE-002 | 10-11-2011 | A |
| **Dependencia** | **Aprobado** | | **Pág.** |
| LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA | DIRECTOR DE DEPARTAMENTO | | 1(1) |

**FLEXIÓN CON CUATRO APOYOS (NTC 2871)**

**Ensayo No.:**
Fecha de ensayo: 2126

CLIENTE: Indeterminado
OBRA:
TIPO DE MEZCLA:
DESCRIPCION:
LOCALIZACION:

Número de la Muestra: 1
Fecha de producción: 16-06-2024
F. Recepción: 14-07-2024

RESISTENCIA NOMINAL: 3 MPa
Vel de ensayo : 0.1 MPa/s

| Resultados de ensayo | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| No. De la Serie | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Dimensiones | | | | | | | | | | |
| Altura 'd' (mm) | 157.00 | | | | | | | | | |
| Ancho 'b' (mm) | 157.00 | | | | | | | | | |
| Dist. Apoyos 'l' (mm) | 490.00 | | | | | | | | | |
| Área Transv. Efect.(mm²) | 7897.74 | | | | | | | | | |
| Carga Máxima (kN) | 21.60 | | | | | | | | | |
| Módulo de rotura (MPa) | 2.74 | | | | | | | | | |



Observaciones: Cemento:
Arena:
Triturado:

Nota: El laboratorio solo se limita a dar resultado de resistencia a Flexión de la muestra sometida a ensayo

Laboratorista: Iván Darío Bustos Arias Tnlgo.

Jefa de Laboratorio: Nelson Afanador García PhD.

Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda. Rango: 1000 kN No. se serie: 109 Calibración: 28/02/2024

Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552
Línea gratuita nacional 01 8000 121 022 - PBX (+57) (7) 569 0088
atencionalciudadano@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co

| Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña | UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Documento: RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO | Código: F-AC-LRE-002 | Fecha: 10-11-2011 | Revisión: A |
| | Dependencia: LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA | Aprobado: DIRECTOR DE DEPARTAMENTO | | Pág: 1(1) |

## FLEXIÓN CON CUATRO APOYOS (NTC 2871)

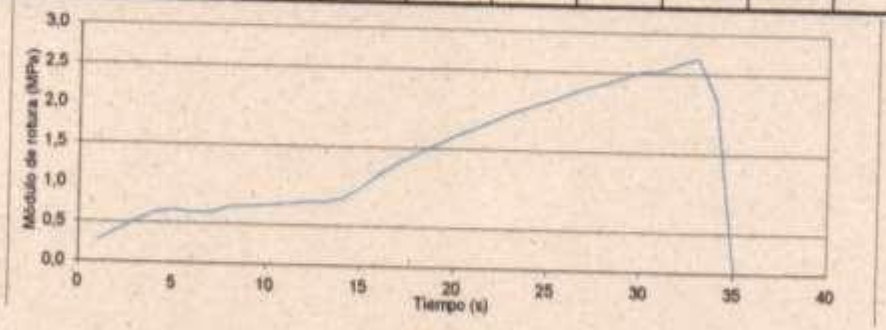
**Ensayo No.:**
Fecha de ensayo: 2124

CLIENTE: Indeterminado
OBRA:
TIPO DE MEZCLA:
DESCRIPCION:
LOCALIZACION:

Número de la Muestra: 2
Fecha de producción: 16-06-2024
F. Recepción: 14-07-2024

RESISTENCIA NOMINAL: 3 MPa
Vel de ensayo : 0.1 MPa/s

| Resultados de ensayo | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| No. De la Serie | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Dimensiones | | | | | | | | | | |
| Altura 'd' (mm) | 157,00 | | | | | | | | | |
| Ancho 'b' (mm) | 157,00 | | | | | | | | | |
| Dist. Apoyos 'l' (mm) | 490,00 | | | | | | | | | |
| Área Transv. Efect.(mm²) | 7897,74 | | | | | | | | | |
| Carga Máxima (kN) | 21,30 | | | | | | | | | |
| Módulo de rotura (MPa) | 2,70 | | | | | | | | | |




Observaciones: Cemento:
Arena:
Triturado:

Nota: El laboratorio solo se limita a dar resultado de resistencia a Flexión de la muestra sometida a ensayo.

Laboratorista: Iván Dario Bustos Arias Tnlgo.

Jefe de Laboratorio: Nelson Alfanador Garcia PhD.

Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda. Rango: 1000 kN No. se serie: 109 Calibración: 28/02/2024

| UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Documento: RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO | Código: F-AC-LRE-002 | Fecha: 10-11-2011 | Revisión: A | |
| Dependencia: LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA | Aprobado: DIRECTOR DE DEPARTAMENTO | | Pág. 1(1) | |

## FLEXIÓN CON CUATRO APOYOS (NTC 2871)

**Ensayo No.:**

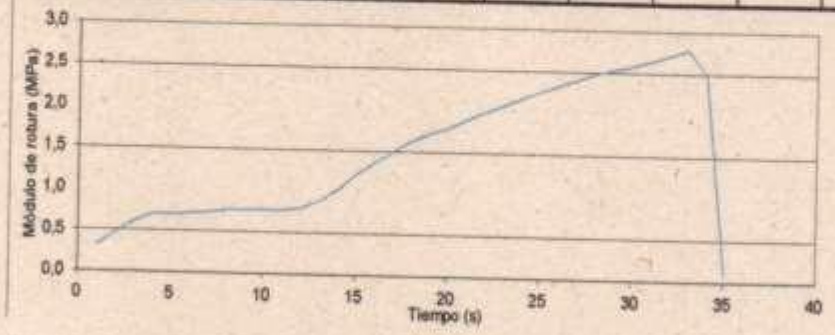
Fecha de ensayo: 2123

CLIENTE: Indeterminado
OBRA:
TIPO DE MEZCLA:
DESCRIPCION:
LOCALIZACION:

Número de la Muestra: 3
Fecha de producción: 16-06-2024
F. Recepción: 14-07-2024

RESISTENCIA NOMINAL: 3 MPa
Vel de ensayo : 0.1 MPa/s

| Resultados de ensayo | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| No. De la Serie | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Dimensiones | | | | | | | | | | |
| Altura 'd' (mm) | 157,00 | | | | | | | | | |
| Ancho 'b' (mm) | 157,00 | | | | | | | | | |
| Dist. Apoyos 'l' (mm) | 490,00 | | | | | | | | | |
| Área Transv. Efect.(mm²) | 7897,74 | | | | | | | | | |
| Carga Máxima (kN) | 22,10 | | | | | | | | | |
| Módulo de rotura (MPa) | 2,80 | | | | | | | | | |




Obeervaciones: Cemento:
Arena:
Triturado:

Nota: El laboratorio solo se limita a dar resultado de resistencia a Flexión de la muestra sometida a ensayo

Laboratorista: Iván Dario Bustos Arias Tnlgo.

Jefe de Laboratorio: Nelson Alarador García PhD.

Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda. Rango: 1000 kN No. se serie: 109 Calibración: 28/02/2024

Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552
Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88
atencionalciudadano@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co

| Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña | UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Documento: RESULTADO PRUEBAS DE LABORATORIO | Código: F-AC-LRE-002 | Fecha: 10-11-2011 | Revisión: A |
| | Dependencia: LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA | Aprobado: DIRECTOR DE DEPARTAMENTO | | Pág. 1(1) |

## FLEXIÓN CON CUATRO APOYOS (NTC 2871)

**Ensayo No.:**

Fecha de ensayo: 2122

CLIENTE: Indeterminado

OBRA:

TIPO DE MEZCLA:

DESCRIPCION:

LOCALIZACION:

Número de la Muestra: 4

Fecha de producción: 16-06-2023

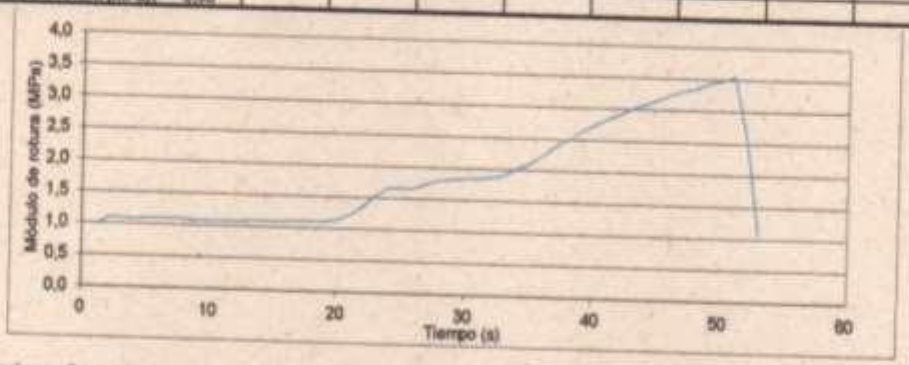
F. Recepción: 14-07-2023

RESISTENCIA NOMINAL: 3 MPa

Vel de ensayo : 0.1 MPa/s

Resultados de ensayo

| No. De la Serie | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Dimensiones | | | | | | | | | | |
| Altura 'd' (mm) | 157,00 | | | | | | | | | |
| Ancho 'b' (mm) | 157,00 | | | | | | | | | |
| Dist. Apoyos 'l' (mm) | 460,00 | | | | | | | | | |
| Área Transv. Efect.(mm²) | 7897,74 | | | | | | | | | |
| Carga Máxima (kN) | 28,00 | | | | | | | | | |
| Módulo de rotura (MPa) | 3,55 | | | | | | | | | |




Observaciones: Cemento:

Arena:

Triturado:

Nota: El laboratorio solo se limita a dar resultado de resistencia a Flexión de la muestra sometida a ensayo

Laboratorista: Iván Dario Bustos Arias Trigo.

Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García PhD.

Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda. Rango: 1000 kN No. se serie: 100 Calibración: 09/09/2021

## Apéndice C. Comprensión en concreto

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

| Documento | Código | Fecha | Revisión |
|---|---|---|---|
| FORMATO DE SERVICIO | F-AC-LRE-001 | 10-11-2011 | A |
| Dependencia | Aprobado | | Pág. |
| LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA | DIRECTOR DE DEPARTAMENTO | | 1(1) |

**COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO HIDRÁULICO (NTC 550-673)**

**Ensayo No.:**
Fecha de Ensayo: 2024-10-25

CLIENTE: Indeterminado
OBRA:
TIPO DE MEZCLA: 1
DESCRIPCION:
LOCALIZACION:

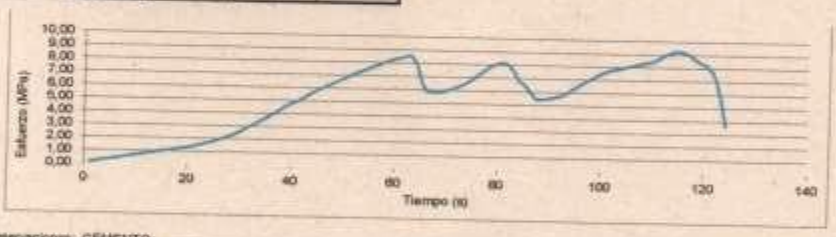
Muestra número: 02
F. Muestreo: 20-09-2024
F. Recepción: 25-10-2024
Slump (cm): 0

Resistencia Esperada: _____ MPa  Vel Ensayo: 0.25 MPa/s

| Resultados de ensayo | | | |
|---|---|---|---|
| No. Del Cilindro | 1 | 2 | 3 |
| Peso (kg) | 13,18 | | |
| Densidad (kg/m³) | 2297,46 | | |
| Altura (mm) | 310,00 | | |
| Diametro (mm) | 153,50 | | |
| Area (mm²) | 18505,73 | | |
| Edad (días) | 28 | | |
| Carga (kN) | 171,5 | | |
| Resistencia Real (MPa) | 9,27 | | |
| Resistencia proyectada a los 28 días (MPa) | | | |
| Resistencia (psi) | 9,27 | | |
| Desarrollo (%) | #¡DIV/0! | | |
| Tipo de Falla | | | |



Tipo de fallas




Observaciones: CEMENTO:
ARENA:
TRITURADO:

Nota: El laboratorio solo se limita a dar resultado de resistencia a la compresion de la muestra sometida a ensayo.

Laboratorista: Iván Dario Bustos Arias Tnlgo.
Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador Garcia Dr.

Maquina de ensayos: Pinzuar Lida  Rango: 1000 kN  No. se serie: 109  Fecha de Calibración: 23/02/2024

Via Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552
Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88
atencionalciudadano@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co

| UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Colombia | Documento: FORMATO DE SERVICIO | Código: F-AC-LRE-001 | Fecha: 10-11-2011 | Revisión: A |
| | Dependencia: LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA | Aprobado: DIRECTOR DE DEPARTAMENTO | | Pag. 1(1) |

## COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO HIDRÁULICO (NTC 550-673)

Ensayo No.: _____
Fecha de Ensayo: 2024-10-25

CLIENTE: Indeterminado
OBRA: _____
TIPO DE MEZCLA: 1
DESCRIPCION: _____
LOCALIZACION: _____

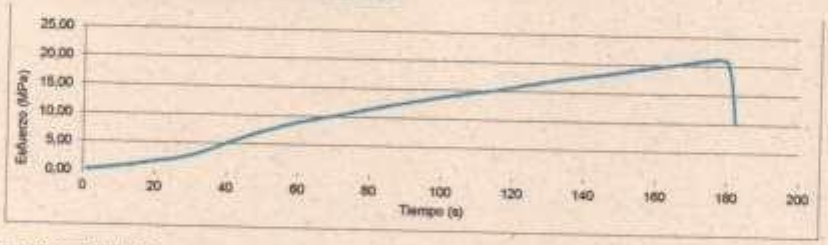
Muestra número: 3
F. Mustreo: 20-09-2024
F. Recepción: 25-10-2024
Slump (cm): 0

Resistencia Esperada: _____ MPa  Vel Ensayo: 0.25 MPa/s

| Resultados de ensayo | | | |
|---|---|---|---|
| No. Del Cilindro | 1 | 2 | 3 |
| Peso (kg) | 13,27 | | |
| Densidad (kg/m³) | 2313,15 | | |
| Altura (mm) | 310,00 | | |
| Diametro (mm) | 153,50 | | |
| Area (mm²) | 18505,73 | | |
| Edad (dias) | 28 | | |
| Carga (kN) | 392,3 | | |
| Resistencia Real (MPa) | 21,20 | | |
| Resistencia proyectada a los 28 dias (MPa) | | | |
| Resistencia (psi) | 21,20 | | |
| Desarrollo (%) | #¡DIV/0! | | |
| Tipo de Falla | | | |



Tipo de fallas




Observaciones: CEMENTO: _____
ARENA: _____
TRITURADO: _____

Nota: El laboratorio solo se limita a dar resultado de resistencia a la compresion de la muestra sometida a ensayo.

Laboratorista: Iván Darío Bustos Arias Tnlgo.
Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador Garcia Dr.

Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda  Rango: 1000 kN  No. se serie: 108  Fecha de Calibración: 23/02/2024

Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552
Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88
atencionalciudadano@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co

| UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA | | | | |
|---|---|---|---|---|
| FORMATO DE SERVICIO (Documento) | | F-AC-LRE-001 (Código) | 10-11-2011 (Fecha) | A (Revisión) |
| LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA (Dependencia) | | DIRECTOR DE DEPARTAMENTO (Aprobado) | | 1(1) (Pág.) |

## COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO HIDRÁULICO (NTC 550-673)

Ensayo No.: _____

Fecha de Ensayo: 2024-10-25

CLIENTE: Indeterminado

OBRA: _____

TIPO DE MEZCLA: 1

DESCRIPCION: _____

LOCALIZACION: _____

Muestra número: 6

F. Muestreo: 20-09-2024

F. Recepción: 25-10-2024

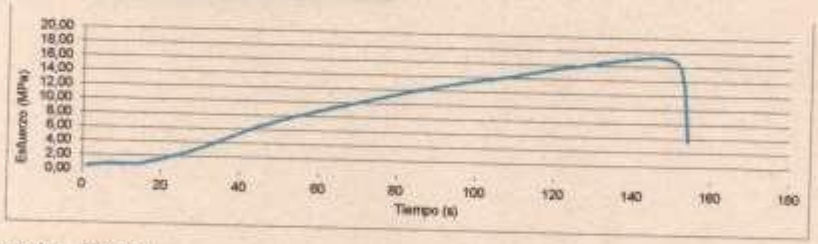
Slump (cm): 0

Resistencia Esperada: _____ MPa  Vel Ensayo: 0.25 MPa/s

| Resultados de ensayo | | | |
|---|---|---|---|
| No. Del Cilindro | 1 | 2 | 3 |
| Peso (kg) | 13,31 | | |
| Densidad (kg/m³) | 2315,64 | | |
| Altura (mm) | 310,60 | | |
| Diametro (mm) | 153,50 | | |
| Area (mm²) | 18505,73 | | |
| Edad (días) | 28 | | |
| Carga (kN) | 320,5 | | |
| Resistencia Real (MPa) | 17,32 | | |
| Resistencia proyectada a los 28 días (MPa) | | | |
| Resistencia (psi) | 17,32 | | |
| Desarrollo (%) | #¡DIV/0! | | |
| Tipo de Falla | | | |



Tipo de fallas




Observaciones: CEMENTO:

ARENA:

TRITURADO:

Nota: El laboratorio solo se limita a dar resultado de resistencia a la compresión de la muestra sometida a ensayo.

Laboratorista: Iván Darío Bustos Arias Tnlgo.

Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García Dr.

Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda  Rango: 1000 kN  No. se serie: 109  Fecha de Calibración: 23/02/2024

| UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña | Documento: FORMATO DE SERVICIO | Codigo: F-AC-LRE-001 | Fecha: 10-11-2011 | Revisión: A |
| | Dependencia: LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA | Aprobado: DIRECTOR DE DEPARTAMENTO | | Pág. 1(1) |

## COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO HIDRÁULICO (NTC 550-673)

Ensayo No.:
Fecha de Ensayo: 2024-10-25

CLIENTE: Indeterminado
OBRA:
TIPO DE MEZCLA: 1
DESCRIPCION:
LOCALIZACION:

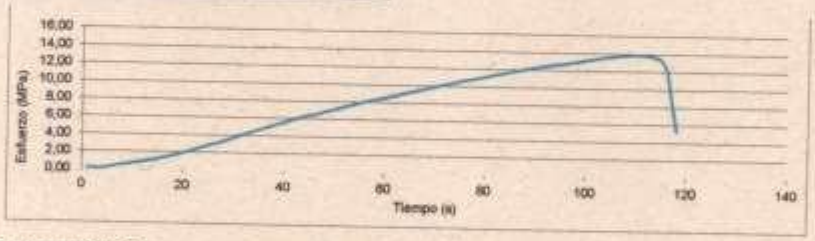
Muestra número: 8
F. Muestreo: 20-09-2024
F. Recepción: 25-10-2024
Slump (cm): 0

Resistencia Esperada: _____ MPa  Vel Ensayo: 0.25 MPa/s

| Resultados de ensayo | | | |
|---|---|---|---|
| No. Del Cilindro | 1 | 2 | 3 |
| Peso (kg) | 13,04 | | |
| Densidad (kg/m³) | 2266,66 | | |
| Altura (mm) | 310,60 | | |
| Diametro (mm) | 153,50 | | |
| Area (mm²) | 18609,73 | | |
| Edad (dias) | 28 | | |
| Carga (kN) | 256,2 | | |
| Resistencia Real (MPa) | 13,84 | | |
| Resistencia proyectada a los 28 dias (MPa) | | | |
| Resistencia (psi) | 13,84 | | |
| Desarrollo (%) | #¡DIV/0! | | |
| Tipo de Falla | | | |



Tipo de fallas




Observaciones: CEMENTO:
ARENA:
TRITURADO:

Nota: El laboratorio solo se limita a dar resultado de resistencia a la compresión de la muestra sometida a ensayo.

Laboratorista: Iván Dario Bustos Arias Tnlgo.
Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador Garcia Dr.

Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda. Rango: 1000 kN No. se serie: 109 Fecha de Calibración: 23/05/2024

Vía Acotsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal 546552
Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 0088
atencionalciudadano@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co

| UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Documento: FORMATO DE SERVICIO | | Codigo: F-AC-LRE-001 | Fecha: 10-11-2011 | Revisión: A |
| Dependencia: LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA | | Aprobado: DIRECTOR DE DEPARTAMENTO | | Pag. 1(1) |

## COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO HIDRÁULICO (NTC 550-673)

**Ensayo No.:**
**Fecha de Ensayo** 2024-10-25

**CLIENTE:** Indeterminado
**OBRA:**
**TIPO DE MEZCLA:** 1
**DESCRIPCION:**
**LOCALIZACION:**

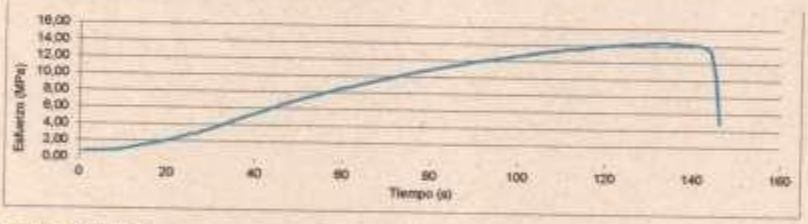
**Muestra número:** 9
**F. Mustreo:** 20-09-2024
**F. Recepción:** 25-10-2024
**Slump (cm):** 0

**Resistencia Esperada:** _____ MPa **Vel Ensayo:** 0.25 MPa/s

| Resultados de ensayo | | | |
|---|---|---|---|
| No. Del Cilindro | 1 | 2 | 3 |
| Peso (kg) | 13,17 | | |
| Densidad (kg/m³) | 2291,26 | | |
| Altura (mm) | 310,60 | | |
| Diametro (mm) | 153,50 | | |
| Area (mm²) | 18505,73 | | |
| Edad (dias) | 28 | | |
| Carga (kN) | 266,4 | | |
| Resistencia Real (MPa) | 14,40 | | |
| Resistencia proyectada a los 28 dias (MPa) | | | |
| Resistencia (psi) | 14,40 | | |
| Desarrollo (%) | #¡DIV/0! | | |
| Tipo de Falla | | | |



Tipo de fallas




Observaciones: CEMENTO:
ARENA:
TRITURADO:

Nota: El laboratorio solo se limita a dar resultado de resistencia a la compresion de la muestra sometida a ensayo.

**Laboratorista:** Iván Dario Bustos Arias Tnlgo.
**Jefe de Laboratorio:** Nelson Afanador Garcia Dr.

Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda. Rango: 1000 kN. No. se serie: 109 Fecha de Calibración: 23/01/2024

Via Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552
Línea gratuita nacional 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88
atencionalciudadano@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co

| UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA | | | | |
|---|---|---|---|---|
| FORMATO DE SERVICIO | Documento | Código: F-AC-LRE-001 | Fecha: 10-11-2011 | Revisión: A |
| LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA | Dependencia | Aprobado: DIRECTOR DE DEPARTAMENTO | | Pág.: 1(1) |

## COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO HIDRÁULICO (NTC 550-673)

**Ensayo No.:**
**Fecha de Ensayo:** 2024-10-25

**CLIENTE:** Indeterminado
**OBRA:**
**TIPO DE MEZCLA:** 1
**DESCRIPCION:**
**LOCALIZACION:**

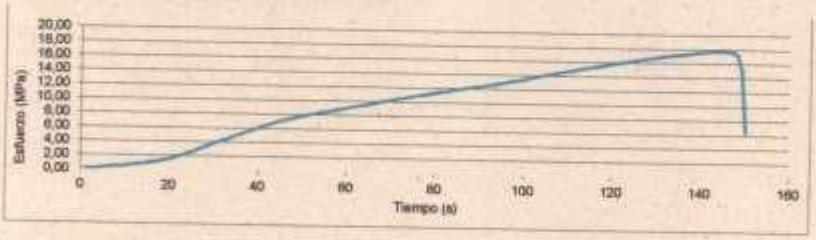
**Muestra número:** 11
**F. Muestreo:** 20-09-2024
**F. Recepción:** 25-10-2024
**Slump (cm):** 0

**Resistencia Esperada:** _____ MPa **Vel Ensayo:** 0.25 MPa/s

| Resultados de ensayo | | | |
|---|---|---|---|
| No. Del Cilindro | 1 | 2 | 3 |
| Peso (kg) | 13,04 | | |
| Densidad (kg/m³) | 2268,66 | | |
| Altura (mm) | 310,60 | | |
| Diametro (mm) | 153,50 | | |
| Area (mm²) | 18506,73 | | |
| Edad (días) | 28 | | |
| Carga (kN) | 329,2 | | |
| Resistencia Real (MPa) | 17,79 | | |
| Resistencia proyectada a los 28 días (MPa) | | | |
| Resistencia (psi) | 17,79 | | |
| Desarrollo (%) | #¡DIV/0! | | |
| Tipo de Falla | | | |



Tipo de fallas




Observaciones: CEMENTO:
ARENA:
TRITURADO:

Nota: El laboratorio solo se limita a dar resultado de resistencia a la compresión de la muestra sometida a ensayo.

**Laboratorista:** Iván Dario Bustos Arias Tnlgo.
**Jefe de Laboratorio:** Nelson Añanador Garcia Dr.

Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda. Rango: 1000 kN No. se serie: 109 Fecha de Calibración: 23/02/2024

Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552
Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88
atencionalciudadano@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co

| UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Documento: FORMATO DE SERVICIO | Codigo: F-AC-LRE-001 | Fecha: 10-11-2011 | Revisión: A |
| Dependencia: LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA | Aprobado: DIRECTOR DE DEPARTAMENTO | | Pag. 1(1) |

## COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO HIDRÁULICO (NTC 550-673)

Ensayo No.:
Fecha de Ensayo: 2024-10-25

CLIENTE: Indeterminado
OBRA:
TIPO DE MEZCLA: 1
DESCRIPCION:
LOCALIZACION:

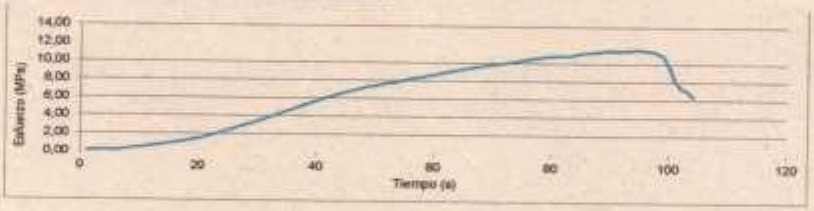
Muestra número: 12
F. Muestreo: 20-09-2024
F. Recepción: 25-10-2024
Slump (cm): 0

Resistencia Esperada: _____ MPa  Vel Ensayo: 0.25 MPa/s

| Resultados de ensayo | | | |
|---|---|---|---|
| No. Del Cilindro: | 1 | 2 | 3 |
| Peso (kg) | 12.70 | | |
| Densidad (kg/m³) | 2206.51 | | |
| Altura (mm) | 310.60 | | |
| Diametro (mm) | 153.50 | | |
| Area (mm²) | 18505.73 | | |
| Edad (días) | 28 | | |
| Carga (kN) | 212.9 | | |
| Resistencia Real (MPa) | 11.51 | | |
| Resistencia proyectada a los 28 días (MPa) | | | |
| Resistencia (psi) | 11.51 | | |
| Desarrollo (%) | #¡DIV/0! | | |
| Tipo de Falla | | | |



Tipo de fallas




Observaciones: CEMENTO:
ARENA:
TRITURADO:

Nota: El laboratorio solo se limita a dar resultado de resistencia a la compresion de la muestra sometida a ensayo.

Laboratorista: Iván Darío Bustos Arias Tnlgo.
Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador Garcia Dr.

Máquina de ensayos: Pirunar Ltda. Rango: 1000 kN No. de serie: 109 Fecha de Calibración: 23/02/2024

| UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA | | | | |
|---|---|---|---|---|
| FORMATO DE SERVICIO | Documento | Código: F-AC-LRE-001 | Fecha: 10-11-2011 | Revisión: A |
| LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA | Dependencia | Aprobado: DIRECTOR DE DEPARTAMENTO | | Pág. 1(1) |

## COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO HIDRÁULICO (NTC 550-673)

Ensayo No.: _____
Fecha de Ensayo: 2024-10-25

CLIENTE: Indeterminado
OBRA: _____
TIPO DE MEZCLA: 1
DESCRIPCION: _____
LOCÁLIZACION: _____

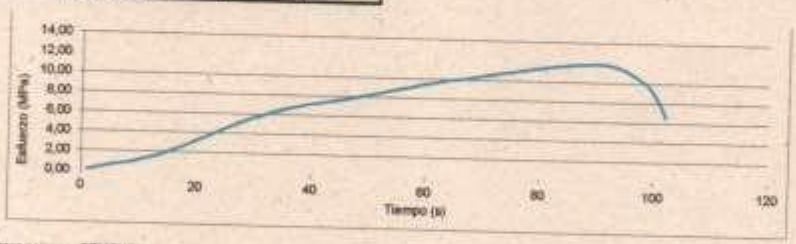
Muestra número: c5
F. Muestreo: 20-09-2024
F. Recepción: 25-10-2024
Slump (cm): 0

Resistencia Esperada: _____ MPa  Vel Ensayo: 0.25 MPa/s

| Resultados de ensayo | | | |
|---|---|---|---|
| No. Del Cilindro | 1 | 2 | 3 |
| Peso (kg) | 13,20 | | |
| Densidad (kg/m³) | 2296,50 | | |
| Altura (mm) | 310,60 | | |
| Diametro (mm) | 153,50 | | |
| Area (mm²) | 18505,73 | | |
| Edad (días) | 28 | | |
| Carga (kN) | 219,1 | | |
| Resistencia Real (MPa) | 11,84 | | |
| Resistencia proyectada a los 28 días (MPa) | | | |
| Resistencia (psi) | 11,84 | | |
| Desarrollo (%) | #¡DIV/0! | | |
| Tipo de Falla | | | |



Tipo de fallas




Observaciones: CEMENTO:
ARENA:
TRITURADO:

Nota: El laboratorio solo se limita a dar resultado de resistencia a la compresión de la muestra sometida a ensayo.

Laboratorista: Iván Darío Bustos Artes Trigo.
Jefe de Laboratorio: Nelson Afanador García Dr.

Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda  Rango: 1000 kN  No. se serie: 109  Fecha de Calibración: 23/02/2024

Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546553
Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88
atencionalciudadanoa@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co