



**FACULTAD DE INGENIERIA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**Uso de fibras naturales para mejorar las
propiedades mecánicas del concreto: Una revisión
literaria**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER
EN INGENIERÍA CIVIL**

Autores

Huaman Marcelo Jhon Denis

<https://orcid.org/0009-0002-7695-3994>

Vega Julca Milin Kely

<https://orcid.org/0009-0002-0283-2014>

Asesor

MSc. Muñoz Perez Socrates Pedro

<https://orcid.org/0000-0003-3182-8735>

Línea de Investigación

**Tecnología e Innovación en el Desarrollo de la Construcción y la
Industria en un Contexto de Sostenibilidad**

Sublínea de Investigación

**Innovación y Tecnificación en Ciencia de los Materiales, Diseño e
Infraestructura**

Pimentel – Perú

2025



DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quienes suscribimos la **DECLARACIÓN JURADA**, somos **egresados** del Programa de Estudios de la **Escuela Profesional de Ingeniería civil** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaramos bajo juramento que somos autores del trabajo titulado:

Uso de fibras naturales para mejorar las propiedades mecánicas del concreto: Una revisión literaria

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán (CIEI USS) conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación a las citas y referencias bibliográficas, respetando al derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y auténtico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Huaman Marcelo Jhon Denis	DNI: 75446230	
Vega Julca Milin Kely	DNI: 73698618	

Pimentel, 11 de enero de 2025




12% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Fuentes principales

- 11%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 3%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Dedicatoria

Este trabajo de investigación está dedicado con todo nuestro agradecimiento a nuestras familias, quienes han sido un apoyo incondicional a lo largo de todo este proceso. De igual manera, lo hacemos extensivo a los profesores que, con su enseñanza y orientación, jugaron un papel clave en nuestra formación y en el logro de esta meta académica, ayudándonos a convertirnos en profesionales capacitados.

Huaman Marcelo Jhon Denis

Vega Julca Milin Kely

Agradecimientos

En primer lugar, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a Dios, quien me ha dado la fortaleza necesaria para seguir adelante a pesar de los obstáculos y ha sido mi guía en el camino hacia la consecución de mis metas. A mi familia, por su apoyo inquebrantable y por estar siempre a mi lado, especialmente a mi madre, por su respaldo constante y sus sabios consejos, que me han impulsado a no rendirme y me han recordado que con esfuerzo y perseverancia es posible lograr grandes cosas.

Huaman Marcelo Jhon Denis

Estoy enormemente agradecida con Dios por darme la sabiduría y la fortaleza para recorrer este valioso camino, proporcionándome la claridad necesaria para enfrentar y superar los desafíos. A mis padres, quienes han sido un apoyo constante y un ejemplo de trabajo duro, dedicación y honestidad. Sus valores y su compromiso han sido una fuente constante de motivación, y su orientación ha sido fundamental para completar este proyecto de investigación.

Vega Julca Milin Kely

Índice

Dedicatoria.....	4
Agradecimientos	5
Resumen	7
Abstract	8
I. INTRODUCCIÓN	9
1.1. Realidad problemática.....	9
1.2. Formulación del problema	11
1.3. Hipótesis	11
1.4. Objetivos.....	11
1.5. Teorías relacionadas al tema	12
II. METODO DE INVESTIGACIÓN	13
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
IV. CONCLUSIONES.....	14
REFERENCIAS	16

Resumen

Las fibras naturales FN son una fuente abundante de desecho, lo que provoca tanto contaminación ambiental como el desperdicio de una biomasa con un gran potencial. El objetivo del trabajo de investigación presente es de verificar el uso de fibras naturales en la elaboración de concreto en las propiedades mecánicas. El método utilizado es de revisión literaria de artículos científicos de revistas indexadas en base de datos confiables de Scopus y ScienceDirect. Los resultados nos aseguraron que existe aumentos en la resistencia a la compresión (RC) de 2, 8, 6.97 y 0.69% con 0.3, 0.5, 1 y 3% respectivamente de FN, para la resistencia a la tracción (RT) aumentos de 0.3, 0.5, 1 y 3% con 12, 9.5, 5.69 y 12.79% respectivamente de FN, para la resistencia a la flexión (RF) existe aumentos de 22, 12 y 36.04% con 0.3, 0.5 y 3% respectivamente de FN y para el módulo de elasticidad (ME) aumentos de 3.62 y 19.26% con 0.25 y 4% respectivamente de FN. Finalmente, se concluyó que las FN presentan mejoras en las propiedades mecánicas del concreto.

Palabras Clave: fibras naturales, concreto, propiedades mecánicas, contaminación

Abstract

Natural fibers (NF) are an abundant source of waste, causing both environmental pollution and the waste of a biomass with great potential. The objective of the present research work is to verify the use of natural fibers in the production of concrete in terms of mechanical properties. The method used is a literary review of scientific articles from journals indexed in reliable databases such as Scopus and ScienceDirect. The results assured us that there are increases in the compressive strength (CS) of 2, 8, 6.97 and 0.69% with 0.3, 0.5, 1 and 3% respectively of NF, for the tensile strength (TS) increases of 0.3, 0.5, 1 and 3% with 12, 9.5, 5.69 and 12.79% respectively of NF, for the flexural strength (FS) there are increases of 22, 12 and 36.04% with 0.3, 0.5 and 3% respectively of NF and for the modulus of elasticity (ME) increases of 3.62 and 19.26% with 0.25 and 4% respectively of NF. Finally, it was concluded that the NF present improvements in the mechanical properties of concrete.

Keywords: natural fibers, concrete, mechanical properties, pollution

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática.

Los subproductos derivados de las FN son una de las principales causas de problemas ambientales [1]; en este contenido es considerablemente elevado, variando entre el 40% y el 45%, lo cual es mucho más alto en comparación con otras biomásas [2]; además, las FN son una fuente celulósica abundante, sin embargo, gran parte de ellas se desechan, lo que provoca tanto contaminación ambiental como el desperdicio de una biomasa con un gran potencial [3]; a su vez, las FN provienen de productos ampliamente cultivados, cuyos desechos, en muchos casos, se queman o se eliminan como basura en las plantas productoras, en las calles o en los vertederos [4]; este impacto ambiental ha llevado a los investigadores a adoptar las FN como una opción para reforzar el concreto, dado que estas proporcionan un material de construcción versátil y sostenible [5].

Al mismo tiempo, con una producción anual de grandes volúmenes, las FN se han convertido en una fuente importante de contaminación ambiental, ya que sus residuos se acumulan sin un uso adecuado [6]; además, los desechos agrícolas derivados de las FN suelen ser eliminados mediante la quema al aire libre, lo que genera la emisión de gases tóxicos perjudiciales tanto para la salud humana como para el medio ambiente [7]; a pesar de que muchos países tropicales producen FN en grandes cantidades, la falta de aprovechamiento de estos subproductos provoca que se conviertan en materiales de desecho de escaso valor [8]; en este contexto, la reutilización y el reciclaje de estos residuos de FN presentan una opción amigable con el medio ambiente [9]; de hecho, la incorporación de FN en el concreto no solo mejora su rendimiento, sino que también aborda los problemas de gestión de residuos, ofreciendo una solución sostenible para la producción de concreto verde [10].

Además, la escasez de recursos naturales ha llevado a la exploración de nuevas tecnologías para enfrentar los desafíos relacionados, ya que la alta demanda de estos recursos genera un desequilibrio ecológico [11, 12]; en este contexto, el concreto reforzado

con FN ha ganado popularidad en la industria de la construcción, ya que mejora la resistencia al agrietamiento al generar una cierta unión entre las fibras y el concreto [13, 14]; la sostenibilidad ambiental se ha vuelto esencial en la industria de la construcción tanto en el presente como en el futuro, siendo las fibras naturales un ejemplo de una solución sostenible en el entorno edificado [15]; de este modo, el uso de las FN en concreto aporta beneficios técnicos, ecológicos, sociales y económicos, ya que su eliminación inadecuada representa un gran desperdicio de recursos naturales [16]; por lo tanto, los proyectos de construcción se muestran cada vez más interesados en el uso de materiales innovadores y eficientes que contribuyan a la reducción de emisiones de CO₂ [17].

Finalmente, debido al uso masivo de agregados en la industria de la construcción, se busca encontrar materiales alternativos que puedan ser utilizados en la fabricación de concreto, con el fin de preservar los recursos naturales [18]; en este contexto, el reciclaje de residuos agrícolas, específicamente las FN, en la producción de concreto tiene un gran impacto positivo, contribuyendo significativamente a reducir la huella ambiental [19]; por lo tanto, la morfología de las FN permite utilizarlas como refuerzo para mejorar la resistencia de compuestos a base de cemento o como agregados para optimizar las propiedades del concreto [20]; en otras palabras, la incorporación de residuos de FN en las mezclas de concreto no solo mejora las propiedades relacionadas con el rendimiento, sino que también contribuye a la disminución de la contaminación ambiental [21, 22].

En relación a los antecedentes respecto a las propiedades mecánicas del concreto; Varghese & Unnikrishnan [23] su metodología fue utilizar FN en 0.5, 1, 1.5 y 2%. Sus resultados señalaron como porcentaje óptimo el 0.5% de FN un aumento de 8, 9.5 y 12% en la RC, RT y RF respectivamente.

Revathi et al. [24] su metodología fue utilizar FN en 0.5, 1, 1.5 y 2%. Sus resultados encontrados fueron como porcentaje óptimo el 1% de FN con aumentos de 6.97 y 5.69% en la RC y RT respectivamente.

Bijo & Sujatha [25] su metodología fue utilizar FN en 0.1, 0.2 y 0.3%. Sus resultados encontrados fueron como porcentaje óptimo el 0.3% de FN con aumentos de 2, 12 y 22%

para la RC, RT y RF respectivamente.

Liu et al. [26] su metodología fue utilizar FN en 1.5, 3 y 4.5%. Sus resultados encontrados fueron como porcentaje óptimo el 3% de FN un aumento de 0.69, 12.79 y 36.04% para la RC, RT y RF respectivamente.

Li et al. [27] su metodología fue utilizar FN en 0.25, 0.5 y 0.75%. Sus resultados encontrados fueron como porcentaje óptimo el 0.25% de FN con un aumento de 3.62% en el ME.

Bheel et al. [28] su metodología fue utilizar 5, 10, 15 y 20% de ceniza de paja de arroz (CPA) con 1, 2, 3 y 4% de FN. Sus resultados encontrados fueron como porcentaje óptimo el 20% de CPA y 4% de FN con un aumento de 19.26% en el ME.

La justificación se basa en aspectos teóricos y prácticos relacionados con el uso de FN y su reciclaje. Desde una perspectiva teórica, la incorporación de FN en el concreto provoca cambios en sus propiedades mecánicas, mientras que, desde un enfoque práctico, este análisis explora el uso de FN recicladas para la producción de concreto ecológico. El valor de este estudio radica en comprender el impacto de las FN recicladas en el concreto y sus efectos ambientales, promoviendo la conciencia sobre el reciclaje como una alternativa sostenible en la fabricación de concreto. Esta investigación se centra en la generación de conocimientos que contribuyan a la reducción de la contaminación ambiental, siendo esencial para el avance de la construcción sostenible y la protección del medio ambiente.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la influencia del uso de fibras naturales en la elaboración de concreto en las propiedades mecánicas?

1.3. Hipótesis

El uso de fibras naturales en la elaboración de concreto, mejora las propiedades mecánicas del concreto.

1.4. Objetivos

Objetivo general

Verificar el uso de fibras naturales en la elaboración de concreto en las propiedades mecánicas.

Objetivos específicos

Revisar la resistencia a la compresión al usar fibras naturales.

Revisar la resistencia a la tracción al usar fibras naturales.

Revisar la resistencia a la flexión al usar fibras naturales.

Revisar el módulo de elasticidad al usar fibras naturales.

1.5. Teorías relacionadas al tema

a. Propiedades mecánicas del concreto

La normativa utilizada para evaluar las propiedades mecánicas del concreto se basa en los estándares de la ASTM. La norma ASTM C39M [29] establece que la resistencia a la compresión (RC) se determina aplicando cargas de compresión axial a cilindros moldeados a una velocidad constante hasta alcanzar un límite predeterminado, momento en el cual se produce la falla. Por otro lado, la norma ASTM C496 [30] define la resistencia a la tracción (RT) aplicando una carga de compresión radial de manera uniforme a lo largo de la muestra hasta que esta se rompa.

Seguidamente, la ASTM C78 [31] referente a la RF afirma en que las vigas serán evaluadas, donde se calculará el módulo de rotura justo en el punto de fallo a 1/3 de longitud de la viga o que no sobrepase 5% del claro libre de la misma. La ASTM C469M [32] respecto al ME señala la relación entre la resistencia y la deformación, así como la relación entre la deformación en direcciones lateral y longitudinal en muestras cilíndricas de concretos sujetos a esfuerzos de compresión.

b. Fibra natural

Las FN que se agregan al concreto son materiales orgánicos, como fibras de sisal, yute, coco, bambú, entre otras, que se incorporan para mejorar sus propiedades mecánicas y aumentar su sostenibilidad. Estas fibras ayudan a mejorar la resistencia, flexibilidad y

durabilidad del concreto, además de ser una opción ecológica debido a su origen renovable y su capacidad para ser recicladas [20].

II. METODO DE INVESTIGACIÓN

El método empleado fue de tipo cuantitativo, con una evaluación realizada a través de artículos indexados en las bases de datos Scopus y ScienceDirect, abarcando los últimos 5 años. Se utilizaron términos clave como: fiber, concrete, contamination, mechanical properties para identificar los estudios pertinentes. Se incluyeron únicamente aquellos artículos relacionados con el concreto estructural, excluyendo los que se referían al concreto asfáltico.

III. RESULTADOS

Para la RC, Varghese & Unnikrishnan [23] obtuvieron con 0.5% de FN un aumento de 8%, además, Revathi et al. [24] con 1% de FN obtuvieron un aumento de 6.97%; así mismo, con 0.3% de FN existe un aumento de 2% [25]; también, Liu et al. [26] manifestaron con 3% de FN un aumento de 0.69%, todo respecto al concreto patrón.

Para la RT, Liu et al. [26] obtuvieron con 3% de FN un aumento de 12.79%; también, se obtuvo un aumento de 9.5% con 0.5% de FN [23]; así mismo, Revathi et al. [24] señalaron con 1% de FN un aumento de 5.69%; además, Bijo & Sujatha [25] obtuvieron un aumento de 12% con 0.3% de FN, todo en comparación al concreto patrón.

Para la RF, Varghese & Unnikrishnan [23], obtuvieron con 0.5% de FN un aumento de 12%; así mismo, se obtuvo un aumento de 22% con 0.3% de FN [25]; también, Liu et al. [26] sostuvieron que con 3% de FN existe un aumento de 36.04%, todo respecto al concreto patrón.

Para el ME, Li et al. [27] obtuvieron que el contenido óptimo de FN fue 0.25% con un aumento de 3.62%; así mismo, Bheel et al. [28] sostiene que con 20% de ceniza de paja de arroz (CPA) y 4% de FN existió un aumento de 19.26%, todo en referencia al concreto patrón.

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

Se observa que el uso de FN en diferentes porcentajes muestra incrementos variados en la RC. Mientras que un 0.3% de FN genera una mejora pequeña, porcentajes intermedios como el 0.5% y 1% tienen un impacto más notable. Sin embargo, cuando se incrementa la dosis a un 3%, el aumento es mínimo, lo que sugiere que dosis más altas no siempre producen mejoras lineales y pueden resultar menos eficientes.

En cuanto a la RT, los aumentos son más significativos con mayores concentraciones de FN. El 3% de FN resulta en el mayor incremento, pero incluso con menores proporciones, como el 0.5% y el 1%, se observan mejoras considerables. Esto indica que dosis menores pueden ser suficientes para obtener aumentos relevantes en la RT, aunque los mayores incrementos se logran con concentraciones más altas.

La RF muestra mejoras más pronunciadas con mayores porcentajes de FN. Con un 3%, se obtuvo el mayor aumento, mientras que dosis más bajas también generaron incrementos, aunque a una menor escala. Esto sugiere que la RF responde positivamente a un mayor contenido de FN, siendo más sensible a las dosis altas en comparación con otras propiedades.

En términos de ME, los resultados destacan la importancia de encontrar una dosis óptima de FN. Un 0.25% de FN produce un aumento moderado, mientras que la combinación con otros aditivos como la ceniza de paja de arroz muestra mejoras mucho más significativas. Esto sugiere que la sinergia entre materiales y una correcta dosificación de FN son clave para maximizar los resultados en ME.

4.2. Conclusiones

Al revisar el uso de FN en la RC del concreto, esta mejora se da en porcentajes de 0.3, 0.5, 1 y 3% con aumentos de 2, 8, 6.97 y 0.69% respectivamente.

Al revisar el uso de FN en la RT del concreto, esta mejora se da en porcentajes de 0.3, 0.5, 1 y 3% con aumentos de 12, 9.5, 5.69 y 12.79% respectivamente.

Al revisar el uso de FN en la RF del concreto, esta mejora se da en porcentajes de 0.3, 0.5 y 3% con aumentos de 22, 12 y 36.04% respectivamente.

Al revisar el uso de FN en el ME del concreto, esta mejora se da en porcentajes de 0.25 y 4% con aumentos de 3.62 y 19.26% respectivamente.

REFERENCIAS

- [1] D. K. Trang, C. K. T. Pham, N. H. N. Do, L. T. Nguyen, P. T. Mai, K. A. Le and P. K. Le, "Novel fabrication of coconut pith-based carbon aerogels as green adsorbents for oil and organic solvent removal," *Journal of Porous Materials*, vol. 30, pp. 2023 - 2031, 2023.
- [2] M. Sujatha and A. Roy, "Extraction of Lignin from Agro-Waste Coir Fiber by Mild Alkali Treatment: A Statistical Approach for Process Optimization through Response Surface Methodology," *Asian Journal of Chemistry*, vol. 36, pp. 81 - 86, 2023.
- [3] H. M. Nguyen, K. A. Tran, T. T. Nguyen, N. N. Do, K. A. Le and P. K. Le, "Fabrication of Carbon Aerogels from Coir for Oil Adsorption," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 964, no. 012033, 2022.
- [4] R. O. Farrapeira, Y. B. Andrade, T. Schena, J. K. Schneider, C. Von Muhlen, T. R. Bjerk, L. C. Krause and E. B. Caramão, "Characterization by Fast-GC × GC/TOFMS of the Acidic/Basic/Neutral Fractions of Bio-Oils from Fast Pyrolysis of Green Coconut Fibers," *Industrial and Engineering Chemistry Research*, vol. 61, pp. 9567-9574, 2022.
- [5] M. U. Rahim, F. Ellahi, M. A. Afzaal and S. M. Cheema, "Experimental Comparison of Normal Plain Concrete and Recycled Aggregate Concrete Addition with Coconut Fiber and Chemrite-530 SP," *Ecological Engineering and Environmental Technology*, vol. 24, pp. 186-195, 2023.
- [6] J. A. Y. Susanto, A. J. Widagdo, M. G. Wijanarko, M. Yuliana, S. B. Hartono, S. P. Santoso, G. T. M. Kadja, C. J. Wijaya, A. Ayucitra, E. S.

Retnoningtyas, Hidayat and S. Ismadji, "Twisted-chiral mesoporous silica from coconut husk waste designed for high-performance drug uptake and sustained release," *Microporous and Mesoporous Materials*, vol. 367, no. 112973, 2024.

- [7] S. N. I. H. A. Nadzri, M. T. H. Sultan, A. U. M. Shah, S. N. A. Safri, A. R. A. Talib, M. Jawaid and A. A. Basri, "A comprehensive review of coconut shell powder composites: Preparation, processing, and characterization," *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, vol. 35, pp. 2641-2664, 2022.
- [8] N. M. S. Hasan, M. H. R. Sobuz, N. M. N. Shaurdho, M. A. Basit, S. C. Paul, M. M. Meraz, A. Saha and M. J. Miah, "Investigation of Lightweight and Green Concrete Characteristics Using Coconut Shell Aggregate as a Replacement for Conventional Aggregates," *International Journal of Civil Engineering*, vol. 22, pp. 37-53, 2024.
- [9] H. Husin, F. Nasution, M. Zaki, A. Ahmadi, P. N. Alam, L. Mairiza, A. Azhari and M. L. Yazil, "Potassium oxide rich coconut husk ash for transesterification of Jatropha oil into biodiesel production," *AIP Conference Proceedings*, vol. 3082, no. 040020, 2024.
- [10] N. Bheel, I. M. Chohan, A. A. Ghoto, S. A. Abbasi, E. M. Tag-eldin, H. R. Almujiabah, M. Ahmad, O. Benjeddou and R. A. Gonzalez-Lezcano, "Synergistic effect of recycling waste coconut shell ash, metakaolin, and calcined clay as supplementary cementitious material on hardened properties and embodied carbon of high strength concrete," *Case Studies in Construction Materials*, vol. 20, no. e02980, 2024.
- [11] G. Ramesh and V. Kesavan, "Study of structural properties evaluation on coconut fiber ash mixed concrete," *Materials Today:*

Proceedings, vol. 22, no. 3, pp. 811-816, 2020.

- [12] S. Muñoz, L. Villena, F. Tesen, Y. Coronel, J. Garcia and C. Brast, "Influence of coconut fiber on mortar properties in masonry walls," *Electronic Journal of Structural Engineering*, vol. 23, no. 4, 2023.
- [13] P. Hait, R. Karthik, R. Mitra and R. Haldar, "Natural and Artificial Fibre Reinforced Concrete: A State-of-art Review," *International Journal of Engineering, Transactions A: Basics*, vol. 37, pp. 503-510, 2024.
- [14] Z. Itam, A. Dzar, A. Syamsir, M. Zainoodin and S. Muhammad , "Utilization of coconut shell as a supplementary cementitious material in concrete," *Materials Today: Proceedings*, vol. 66, no. 5, pp. 2818-2823, 2022.
- [15] H. Liu, Q. Li and S. Ni, "Assessment of the engineering properties of biomass recycled aggregate concrete developed from coconut shells," *Construction and Building Materials*, vol. 342, no. Part A, p. 128015, 2022.
- [16] F. R. B. Martinelli, M. G. Pariz, R. de Andrade, S. R. Ferreira, F. A. Marques, S. N. Monteiro and A. R. G. de Azevedo, "Influence of drying temperature on coconut-fibers," *Scientific Reports*, vol. 14, no. 1, p. 6421, 2024.
- [17] N. Chandramohan, S. Loganayagan, S. Sridhar and M. Poornima, "Investigation on Strength of Concrete with Addition of Fly Ash and Natural Fiber," *Materials Research Proceedings*, vol. 23, pp. 133-147, 2022.
- [18] K. S. Natarajan, D. Ramalingasekar, S. Palanisamy and M. Ashokan, "Effect on mechanical properties of lightweight sustainable concrete with the use of waste coconut shell as replacement for coarse aggregate," *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 29, pp. 39421-39426, 2022.

- [19] A. Jayaraman, V. Balaji, S. Sowsuriya, S. Bhuvanesh, Vasudevan and M, "Upcycling agro-waste fibres for cleaner production of concrete – technical feasibility and environmental considerations," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 1258, no. 012012, 2023.
- [20] F. Rosas Díaz, D. G. García Hernández, J. M. Mendoza Rangel, B. T. Terán Torres, S. A. Galindo Rodríguez and C. A. Juárez Alvarado, "Development of a Portland Cement-Based Material with Agave salmiana Leaves Bioaggregate," *Materials*, vol. 15, no. 6000, 2022.
- [21] H. Ali, H. Jamshaid, R. Mishra, V. Chandan, P. Jirku, V. Kolar, M. Muller, S. Nazari and K. Shahzada, "Optimization of seismic performance in waste fibre reinforced concrete by TOPSIS method," *Scientific Reports*, vol. 13, no. 8204, 2023.
- [22] S. H. A. Shah, M. T. Amir, B. Ali and M. H. El Ouni, "Mechanical performance and environmental impact of normal strength concrete incorporating various levels of coconut fiber and recycled aggregates," *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 29, p. 83652, 2022.
- [23] A. Varghese and S. Unnikrishnan, "Mechanical strength of coconut fiber reinforced concrete," *Materials Today: Proceedings*, 2023.
- [24] S. Revathi, M. Dinesh and S. S. S. Varsan, "Mechanical properties of concrete incorporating coconut fibers and copper slag," *Materials Today: Proceedings*, 2023.
- [25] M. Bijo and U. Sujatha, "Mechanical strength and impact resistance of hybrid fiber reinforced concrete with coconut and polypropylene fibers," *Materials Today: Proceedings*, vol. 65, no. Part 2, pp. 1873-1880, 2022.
- [26] C. Liu, F. De'nan, Q. Mo, Y. Xiao and Y. Wang, "Mechanical properties of coconut fiber-reinforced coral concrete," *Structural*

Engineering and Mechanics, vol. 90, no. 2, pp. 107-116, 2024.

- [27] H. Li , Y. Wei, K. Meng, L. Zhao, B. Zhu and B. Wei, "Mechanical properties and stress-strain relationship of surface-treated bamboo fiber reinforced lightweight aggregate concrete," *Construction and Building Materials*, vol. 424, p. 135914, 2024.
- [28] N. Bheel, S. Kumar, M. Serkan Kirgiz, M. Ali, H. R. Almujiabah, M. Ahmad and R. A. Gonzalez Lezcano, "Effect of wheat straw ash as cementitious material on the mechanical characteristics and embodied carbon of concrete reinforced with coir fiber," *Heliyon*, vol. 10, no. 2, p. e24313, 2024.
- [29] ASTM C39M, "Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens," ASTM International, 2023.
- [30] ASTM C496, "Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens," ASTM International, 2017.
- [31] ASTM C78, "Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)," ASTM International, 2010.
- [32] ASTM C469M, "Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression," ASTM International, 2022.