

Ce-CoCo, diseño exploratorio de celosías modulares de fibras de coco para construcción sostenible

Luisa Paulina Vargas-Aguilar¹

¹ Universidad La Salle, Facultad Mexicana de Arquitectura, Diseño y Comunicación. Ciudad de México.

luisa.vargas@lasallistas.org.mx

Resumen. México es el sexto productor mundial de coco, con una producción anual de aproximadamente 236,000 toneladas, según datos del Servicio de Información Agroalimentaria y pesquera (SIAP,2023). Tras la extracción de la parte comestible, las cáscaras y fibras de coco se convierten en residuos que normalmente son tirados o quemados, lo que genera contaminación ambiental. No obstante, estas fibras cuentan con propiedades como durabilidad, ligereza y resistencia, lo que las hace aptas para aprovecharse. Por otro lado, el sector de la construcción continúa dependiendo de materiales como el cemento, el plástico y el metal, los cuales requieren altos consumos energéticos y un alto impacto ambiental. Ante la problemática, se desarrolló una celosía modular fabricada con biomaterial de residuos de coco. Se diseñó Ce-CoCo, una celosía elaborada con materiales naturales y biodegradables, que permite ensamblar muros divisorios o entradas de luz y ventilación sin necesidad de adhesivos. Durante el desarrollo del proyecto, se experimentó y desarrolló un biomaterial a base de fibras de coco, el cual ofrece una alternativa ecológica a los materiales convencionales, además de utilizar un residuo agroindustrial para construcción sostenible. Ce-CoCo no solo cumple con sus funciones estéticas y prácticas, sino que también representa una nueva forma de concebir los materiales: desde lo local, lo natural y lo sostenible.

Palabras Clave: Celosía, fibras de coco, construcción sostenible.

1 Descripción de la problemática prioritaria abordada

El Impacto ambiental que genera el sector de la construcción hoy en día es una de las preocupaciones más importantes dentro del desarrollo sostenible. Según con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA,2022), este sector es el responsable del 39% de las emisiones globales de dióxido de Carbono (CO₂), de las cuales el 11% son emitidas por la fabricación de materiales como el cemento, el acero y el vidrio. Estos materiales son los más utilizados en construcción y no solo requieren de altos niveles de energía para producirse, sino que, además, al llegar al fin de su vida útil contribuyen a la contaminación del suelo y del agua. A pesar de los esfuerzos actuales por incorporar prácticas más sostenibles, aún hay muchas áreas de oportunidad para encontrar alternativas que sean viables y que ayuden a reducir el impacto ambiental de la construcción.

Bajo este contexto, uno de los recursos naturales que cuenta con gran potencial para su aprovechamiento es el residuo del cultivo de la agroindustria del coco. México ocupa el sexto lugar a nivel mundial en producción de coco, con aproximadamente 236,000 toneladas al año, según datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP,2023). Este cultivo se da en regiones costeras y al sur del país, como en Guerrero, Chiapas, Veracruz y Colima. Sin embargo, tras extraer la parte comestible del coco, las cáscaras y fibras se desechan o queman, lo que genera contaminación del aire y acumulación de desechos orgánicos sin aprovecharse.

Aunque el residuo del coco se ha estudiado en diferentes industrias como la textil, la agrícola e incluso en la automotriz, su incorporación en la construcción sigue siendo limitada. Las fibras de coco tienen propiedades como ligereza, resistencia, son biodegradables, naturalmente resistentes a la humedad y a los hongos. Estas características las convierten en el material ideal para el desarrollo de componentes no estructurales dentro de la construcción, como lo son los acabados, recubrimientos o muros divisorios.

Dicha Iniciativa se alinea directamente con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) propuestos por la Agenda 2020 de las Naciones Unidas. Se alinea con el objetivo 12 Producción y consumo responsable, ya que, promueve la reutilización y aprovechamiento de un residuo natural y generación de un nuevo material con bajo impacto ambiental. De igual manera, se alinea con el objetivo 11 Ciudades y comunidades sostenibles, ya que, fomenta prácticas de construcción sostenible, prácticas responsables y accesibles adaptadas a contextos locales.

La problemática de este proyecto se deriva de la dependencia de materiales contaminantes dentro del sector de la construcción, así como la falta de aprovechamiento de residuos orgánicos como la fibra de coco. A través del desarrollo de Ce-CoCo una celosía modular sostenible, se propone una alternativa que responde a las necesidades funcionales y ambientales, esto abre el camino hacia la construcción sostenible.

2 Objetivo

Desarrollar y explorar el diseño de una celosía modular elaborada a partir de biomasa de fibras de cascara de coco como alternativa sostenible en la construcción, aprovechando un residuo agroindustrial local.

3 Propuesta teórico-metodológica

A partir del objetivo y los requerimientos se procedió a la conceptualización de la celosía. A partir de las siguientes etapas.

1.- Investigación: Se realizó una investigación sobre las celosías, los tipos, los materiales con los que se producen, dimensiones, normativas de construcción, procesos de fabricación, productores de celosías y materiales con alternativas sostenibles. Para el biomaterial se realizó una investigación sobre los residuos del coco, la producción en México, los ciclos de vida del coco, y los materiales adicionales.

2.- Modelos análogos: Se investigaron y analizaron diferentes modelos de celosías que cumplieran con alguno de los parámetros planteados en los objetivos. A partir de ese caso análogo, se obtuvieron dimensiones, materiales y costos, ya que se busca que las celosías entren en las dimensiones normalizadas para construcción y cumplan con la resistencia.

3.- Parámetros de diseño: En base a los objetivos planteados en un inicio se establecieron parámetros como resistencia estructural, durabilidad, resistencia a la corrosión, resistencia al fuego, mantenimiento mínimo y uso de biomaterial de fibras de coco. También se establecieron lineamientos como acabado natural, patrones estéticos y modularidad.

4.- Bocetaje: Una vez analizados los parámetros se comenzaron a bocetar los posibles patrones y sistemas de modularidad. Los bocetos se analizaron y modificaron hasta encontrar un sistema adecuado de construcción (Figura 1).

5.- Experimentación: Se realizó la experimentación para encontrar la formula adecuada para el biomaterial. Se hicieron distintas pruebas con distintos materiales para encontrar la resistencia adecuada y la consistencia deseada para la celosía. Los materiales finales para la formula son fibra de coco: que tienen cualidades de refuerzo, resistencia a la humedad y resistencia al impacto, ceniza de cáscara de arroz: que tiene cualidades ignífugas y antifúngicas, aceite de linaza natural: con cualidades aglutinantes e impermeabilizantes, arcilla roja: con cualidades de resistencia, ignífugas y estructurales, yeso: con cualidades de resistencia y dureza y agua para activar los compuestos.

Por celosía de 5 cm de ancho, 15 cm de largo y 15 cm de alto se utilizaron 400 gramos de la formula.

Para garantizar que el biomaterial cumpla con standards de calidad aplicables para productos para la construcción, se tomaron como referencia las siguientes normativas. NMX-C-038-ONNCCE-20113- Industrias de la construcción- Mampostería- Determinación de dimensiones de bloques, tabiques, ladrillos y tabicones- Método de ensayo: utilizada como base para verificar precisión dimensional de las celosías y garantizar su repetibilidad y modularidad dentro del sistema

constructivo. NMX-SAA-14040-IMNC-2008- Gestión ambiental- Análisis del ciclo de vida- Principios y marco de referencia (ISO 1404:2006, IDT): Esa norma evalúa el impacto ambiental del producto a lo largo de su ciclo de vida, lo cual es clave para que se demuestre la sustentabilidad y carácter ecológico frente a materiales convencionales. ASTM D1037- Standard Test Methods For Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials: Esta norma evalúa propiedades físicas y mecánicas, como resistencia a la flexión, tracción, impacto, hinchamiento por humedad, densidad, lo que es importante para validar el comportamiento del biomaterial.

6.- Propuesta final (figura 2): Se realizaron modelos 3D, planos, impresiones 3D. Se realizaron impresiones 3D a escala 1:3 para verificar los patrones y uno 1:1 para verificar dimensiones y el sistema modular. Una vez aprobado por completo se realizó un molde con impresión 3D para el vaciado de la fórmula de biomaterial. En total de la fórmula se utilizaron 400 gramos por celosía.

7.- Pruebas (figura 3): se comprobó el sistema modular con las celosías de biomasa, su reducción al secarse, su durabilidad y resistencia. El sistema modular funciona y la reducción del material es +/- 1mm, lo que es adecuado. Cuando la pieza se seca por completo adquiere resistencia básica y estable.

Es importante el mencionar que las pruebas fueron de carácter empírico, pruebas enfocadas en evaluar un diseño modular viable y la estabilidad inicial del material. No constituyen ensayos técnicos formales para determinar parámetros estructurales, resistencia a compresión, flexión o desempeño sísmico. Estos aspectos quedan planteados como parte de futuras investigaciones para garantizar el uso del biomaterial en construcciones con exigencias mayores.

4 Discusión de resultados

Los resultados obtenidos de la elaboración del prototipo de la celosía de biomaterial de fibras de coco resultaron satisfactorios. Su diseño modular, con rieles y ensambles que permiten una construcción rápida. El biomaterial de fibras de coco demostró que al secarse adquiere resistencia inicial, estructura básica, estabilidad y cierta tolerancia a la humedad. Los resultados son a nivel de experimentación exploratorio. Es necesario realizar pruebas de laboratorio para medir de manera cuantitativa su resistencia, durabilidad y comportamiento frente a distintos ambientes. El aspecto estético y el acabado son un área de oportunidad que podrían mejorarse para una mejor aceptación comercial. La propuesta tiene potencial en regiones productoras de coco en México, donde las cáscaras son tratadas como un desecho. Al transformar el residuo se reducen impactos ambientales y se generan oportunidades económicas locales. En cuanto a los usuarios, Ce-CoCo puede beneficiar a constructores locales, comunidades rurales y urbanas que busquen soluciones sostenibles y arquitectos interesados en materiales alternativos. Se vincula con los Objetivos de Desarrollo Sostenible 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) por su aplicación en construcción y al 12 (Producción y consumo responsable) por reutilizar residuos naturales y reducir la dependencia de la industria de la construcción a materiales contaminantes.

5 Conclusiones y perspectivas futuras

En conclusión, se logró desarrollar una celosía funcional, modular, con fácil ensamble y fabricada con biomaterial de fibras de coco, arcilla, yeso, ceniza de cáscara de arroz, fécula de maíz y agua. El material demostró resistencia básica, estabilidad, cumple con las dimensiones, se alinea a las ODS 11 Y 12 de la agenda 2030, ya que se incorpora un residuo agroindustrial y se promueven prácticas sostenibles. El diseño modular permite flexibilidad y eficiencia al instalarse.

Uno de los retos detectados es el de estandarizar los procesos de secado y mejorar su durabilidad frente a distintas condiciones climáticas. Se deberían realizar estudios bajo las normativas NMX-C-038 y ATSM D1037, investigar sobre algún posible aditivo natural para mejorar su desempeño sin afectar su biodegradabilidad. También se reconoce que las pruebas realizadas fueron empíricas y preliminares, en futuras investigaciones se deberán realizar análisis técnicos y pruebas para validar el biomaterial para construcción. Ce-CoCo tiene posibilidad de su uso comercial en comunidades productoras de coco, donde la materia prima abunda. Este biomaterial podría tener

aplicaciones adicionales como en mobiliario o paneles por sus características y es indispensable el continuar con algunos análisis ambientales para su validación como material de construcción ecológico. Ce-CoCo no solo contribuye a la sostenibilidad ambiental, si no que también podría convertirse en una alternativa accesible para favorecer a los usuarios y a las economías regionales.

6 Agradecimientos

Se expresa un especial agradecimiento a Raquel Hernández White, quien fungió como asesora durante el proceso de investigación, diseño y experimentación del biomaterial. Su acompañamiento y orientación fueron fundamentales para el desarrollo de este proyecto.

7 Referencias

1. ASTM International. (2023). ATSM D1037-23: Standard Text Methods for Evaluating Properties of Word-Base Fiber and Particle Panel Materials. ASTM International. <https://www.atism.org/d1037-23.html>
2. Cradle to Cradle Products Innovation Institute. 82024). Cradle to Cradle Certified Product Standard. <https://c2ccertified.org/get-certified/product-certification>
3. Coco Arrieta. (2024). Green building Solutions with indonesian coconut fiber insulation. <https://cocovariety.com>
4. Hasan, K.M.F., Horváth, P. G., Bak, M. & Alpár, T. (2021). A State-of-the-art review no coir Fiber- reinforced biocomposites. RSc Advances, 11, 105448-10571. <https://doi.org/10.1039/D1RA00231G>
5. Huella de Arquitectura. (2014, septiembre 21). Materiales y sostenibilidad. <https://huellasdearquitectura.com>
6. IMNC-2008: Gestión ambiental- Análisis del ciclo de vida- Principios y marcos de referencia (ISO 14040:2006, IDT). Dirección General de normas.
7. Joshi, K. R., Mandal, B., & Ghosthal, T. (2023). Study of the Properties of Coconut Fiber to Explore suitability to be used in reinforced concrete. Nepal Journal of Science and Technology, 22(1), 154-161. <https://doi.org/10.3126/njst.v22i1.6>
8. ONNCCE (Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación). (2013). NMX-C-038-ONNCCE-2013: Industria de la construcción- Mampostería- Determinación de dimensiones de bloques, tabiques, ladrillos y tabicones- Métodos de ensayo. Dirección General de Normas.
9. Organización de las Naciones Unidas (2015) Objetivo 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles. Naciones Unidas- Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>
10. Organización de las Naciones Unidad. (2015). Objetivo 12: Producción y consumo responsable. Naciones Unidas- Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-consumption-production/>
11. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2023). Panorama Agroalimentario 2023. Secretaría de Agricultura y Desarrollo rural. <https://www.gob.mx/agricultura>
12. Stelte, W., Reddy, N. Barsberg, S, & Sanadi, A. R. (2023). Coir forma coconut processing waste as a ras material for applications beyond traditional uses. BioResources, 18 (1) 2187-2212. <https://doi.org/10.15376/biores.18.1.Stelte>
13. Sustainpire (2024). What si coconut.Fiber? The Sustainable and Eco-Friendly Choice. <https://sustainpire.com>
14. United Nations Enviroment Programme & Global Alliance for Building and Construction. (2022). 2022 Global Status Report for Buildings and Construction (Buildings- GSR). United Nations Environment Programme. [https://www.unep.orgal de Colombia\]. http://bdigital.unal.edu.co/10578/](https://www.unep.orgal de Colombia]. http://bdigital.unal.edu.co/10578/)

ARMADO

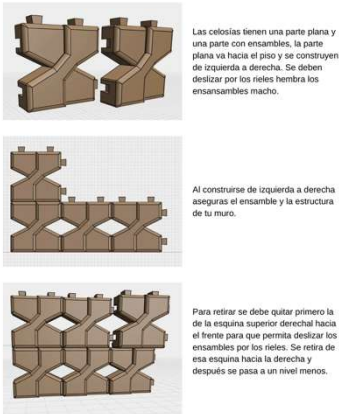


Figura 1. Sistema de construcción celosía, Autoría propia

BIOMATERIAL: Fibras de coco

MUESTRA: 1



RECETA

PROPIEDADES DEL MATERIAL

- 40 g de fibra de coco pulverizada
- 30 g de tierra arcillosa tamizada
- 10 g de yeso natural
- 3 g de ceniza de cáscara de arroz tamizada
- 10 g de almidón de maíz
- 100ml de agua
- 5ml de aceite de linaza
- 30ml de agua

Material:

- resistente
- ignífugo
- antihongos
- ligero
- estructural



Figura 2. Ficha de biomaterial y celosía, Autoría propia



Figura 3. Ce-Coco, Autoría propia