

Sugarcrete: Reciclaje del bagazo de caña para construir de forma sostenible en Piura

Sugarcrete: recycling sugarcane bagasse for sustainable building in Piura

  **Curay-Quevedo, José¹**

  **Zapata-Saavedra, Greisy¹**

¹Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú

*Correspondencia:

José, Curay-Quevedo

Como citar: Curay-Quevedo, J. y Zapata-Saavedra, G. (2025). Sugarcrete: Reciclaje del bagazo de caña para construir de forma sostenible en. *Revista de Investigación Científica de la UNF-Aypate*, 4(1), 67–93. <https://doi.org/10.57063/ricay.v4i1.136>

Fecha de recepción : 20/05/2025
Fecha de Revisión : 17/06/2025
Fecha de aceptación : 20/06/2025
Fecha de publicación : 30/06/2025

RESUMEN

La gestión inadecuada de residuos agroindustriales representa un desafío ambiental significativo en regiones productoras de caña de azúcar. El objetivo del presente trabajo fue analizar el potencial del sugarcrete como material de construcción sostenible mediante el aprovechamiento del bagazo de caña en Piura, evaluando sus beneficios ambientales, económicos y sociales. Se realizó una revisión narrativa de literatura científica sobre materiales de construcción sostenibles, analizando propiedades técnicas del sugarcrete y comparándolo con materiales convencionales. Se examinaron datos de producción de bagazo en empresas azucareras de Piura y se evaluaron las implicaciones para la economía circular regional. El sugarcrete presenta propiedades mecánicas adecuadas para aplicaciones no estructurales, con resistencia a compresión de 2.5–4.0 MPa, densidad de 800–1000 kg/m³ y conductividad térmica de 0.25–0.40 W/mK. En Piura se generan aproximadamente 1.2 millones de toneladas anuales de bagazo, con potencial de reciclaje del 60%. El material reduce significativamente la huella de carbono comparado con el concreto convencional y ofrece excelentes propiedades de aislamiento térmico. El sugarcrete constituye una alternativa viable para la construcción sostenible en Piura, contribuyendo a la reducción de residuos agroindustriales, la disminución de emisiones de CO₂ y el fortalecimiento de la economía circular. Su implementación requiere desarrollo de normativas técnicas, capacitación especializada y políticas públicas de incentivo para superar las barreras de adopción en el mercado de la construcción.

Palabras clave: Sugarcrete, Bagazo de Caña, Arquitectura sustentable, Materiales ecológicos, Construcción sostenible, Economía circular.

ABSTRACT

The inadequate management of agro-industrial waste represents a significant environmental challenge in sugarcane-producing regions. The objective of this study was to analyze the potential of sugarcane concrete as a sustainable building material by utilizing sugarcane bagasse in Piura, evaluating its environmental, economic, and social benefits. A narrative review of scientific literature on sustainable building materials was conducted, analyzing the technical properties of sugarcane concrete and comparing it with conventional materials. Bagasse production data from sugar companies in Piura were examined, and the implications for the regional circular economy were evaluated. Sugarcane concrete has mechanical properties suitable for non-structural applications, with a compressive strength of 2.5-4.0 MPa, a density of 800-1000 kg/m³, and a thermal conductivity of 0.25-0.40 W/mK. Approximately 1.2 million tons of bagasse are generated annually in Piura, with a recycling potential of 60%. The material significantly reduces the carbon footprint compared to conventional concrete and offers excellent thermal insulation properties. Sugarcane concrete is a viable alternative for sustainable construction in Piura, contributing to the reduction of agro-industrial waste, the decrease of CO₂ emissions, and the strengthening of the circular economy. Its implementation requires the development of technical regulations, specialized training, and public incentive policies to overcome barriers to adoption in the construction market.

Keywords: sugarcane concrete, sugarcane bagasse, sustainable architecture, green materials, sustainable construction, circular economy.

1. INTRODUCCIÓN

La industria del azúcar es, a nivel mundial, una de las principales actividades económicas generadoras de productos de consumo (azúcar) así como aquellos residuos agroindustriales. Uno de los subproductos de mayor relevancia es el bagazo de caña de azúcar, el cual es el residuo fibroso que queda tras extraer el jugo de la caña de azúcar. En el caso de la ciudad de Piura, Perú, donde la producción azucarera es una de las más relevantes a nivel nacional, el manejo del residuo agroindustrial forma parte de la problemática medioambiental importante. Su acumulación en grandes cantidades sin

un sistema eficiente para devolver el bagazo a la industria puede llegar a causar la contaminación de los suelos o de las aguas, así como la emisión de gases contaminantes al incinerar el bagazo de caña realizándose en condiciones que no son óptimas para quemarlo (González y Herrera, 2020).

Encauzados desde un enfoque medioambiental, la gestión sostenible de los residuos agroindustriales es determinante para reducir el impacto que éstas ocasionan sobre el medio ambiente y convertir los residuos en insumos útiles para otras actividades productivas. En este sentido, se propone el sugarcane concrete como una de las alternativas ecológicas e



innovadoras que tiene el sector de la construcción. El sugarcrete es un biocompuesto que se elabora a partir de bagazo de caña de azúcar combinado con aglomerantes tanto naturales como cementicios y que presenta las propiedades mecánicas idóneas para su aplicación en el campo de la edificación. Su desarrollo no solamente supondría la reducción de los residuos industriales generados en el ámbito de la agroindustria, sino que se alinearía con los principios de economía circular, es decir, el uso de materias recicladas para la construcción y la reducción del uso de recursos no renovables (Martínez y Gómez, 2021).

Uno de los principales beneficios ambientales del sugarcrete es que permite obtener una menor huella de carbono con respecto a los materiales de construcción tradicionales, ya que la industria cementera emite aproximadamente un 8% de las emisiones de CO₂ a nivel mundial, debido a la alta cantidad de energía requerida para la producción de cemento Portland. La producción de sugarcrete permite reducir la cantidad de cemento con materiales reciclados como el bagazo de caña, disminuyendo así la emisión de gases de efecto invernadero y fomentando el uso de recursos renovables como parte de la construcción. Por otro lado, este producto requiere menor cantidad de energía en su producción que los materiales como el concreto y los ladrillos cerámicos, por lo que contribuye a disminuir el consumo de este tipo de energía en la industria de la construcción (García et al., 2021).

Otro de los aspectos importantes del sugarcrete es su influencia sobre la conservación de los ecosistemas locales. Así, en regiones como Piura, donde la frontera agrícola avanza sin cesar y los cuerpos de agua están contaminados, haciendo de estos dos hechos problemas ambientales difíciles de manejar, la reutilización como producto de la agricultura evita la acumulación de residuos en suelos y ríos; por tanto, representa una vía alternativa para el problema de la degradación ambiental. Además, al promoverse el uso de productos locales, se puede entender que se está reduciendo el uso de insumos provenientes de ecosistemas frágiles, como puede ser la madera usada en la construcción, contribuyendo así a la conservación de los bosques (Fernández y Castro, 2022).

En lo que respecta a la sostenibilidad social, el sugarcrete no sólo se puede entender como una forma de reducir el impacto ambiental, sino que puede convertirse en una manera para crear empleo local a partir de su producción, tratamiento y aplicación en la construcción. La fabricación de este nuevo material podría permitir que comunidades locales entraran a formar parte de la cadena de valor de la construcción sostenible, favorecer el aumento de nuevas competencias laborales dentro del sector y favorecer la entrada de pequeños productores en la industria de materiales (Fernández, 2021). Este trabajo se enfoca en el análisis de diferentes dimensiones del sugarcrete como material de construcción sostenible. El primer punto que se tratará será el

concepto de arquitectura sostenible, así como la importancia de emplear materiales locales y favorables con el medio ambiente en el diseño y construcción de edificios. Posteriormente se indicarán las propiedades y los beneficios del sugarcrete, enfatizando sus atributos en relación con el medio ambiente, su capacidad estructural y su viabilidad económica. Se abordará la posible aplicación del sugarcrete en la región de Piura, siempre con el foco en la disminución de residuos y la integración de prácticas sostenibles en la industria azucarera. Finalmente, se estudian las barreras y oportunidades para sus aplicaciones en la región, incluyendo las normas, las tecnologías, la aceptación de los productos en el mercado y recomendaciones para impulsar políticas públicas que favorezcan el uso de materiales ecológicos en la construcción (Rodríguez, 2021).

La utilización del residuo de la caña de azúcar como materia prima del edificio del futuro sostenible constituye una herramienta útil para atacar diferentes problemáticas medioambientales, para limitar la formación de residuos, disminuyendo así las emisiones de CO₂ que expele la edificación. La promoción de la utilización de alternativas distintas, como es la sugarcrete, permite la transición de la construcción hacia una edificación más comprometida con el medio ambiente y la economía circular y la sostenibilidad (Gutiérrez y Rivas, 2019).

Principios de la arquitectura sustentable

- Los principios fundamentales de la arquitectura sostenible según López y Torres (2020) son:
- Uso eficiente de los recursos naturales: optimización del agua y la energía.
- Incorporación de los materiales ecológicos: uso de los insumos reciclados o biodegradables.
- Diseño bioclimático: adaptación de las edificaciones a las condiciones ambientales.
- Minimización de residuos: reducción, reutilización y reciclaje de los materiales de la construcción.

Uso de materiales locales en la construcción

La materialidad local en la arquitectura disminuye la huella de carbono asociada a su transporte, al tiempo que favorece la identidad cultural desde el diseño de edificaciones. En Latinoamérica, el bambú guadua, la piedra volcánica y la madera autóctona han sido los materiales normalmente usados en la construcción gracias a su disponibilidad y resistencia. Hacer uso de los mismos no solo provocaría una disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero, sino que también permitiría construir edificaciones que remiten al patrimonio cultural de la región y aportan a la arquitectura sostenible, estableciendo una impresión estética en su entorno. (González & Herrera, 2020)

Asimismo, la incorporación de materiales autóctonos desde el diseño arquitectónico

eleva la eficiencia energética de las edificaciones. El ejemplo de la piedra volcánica nos demuestra que su alta capacidad térmica regularía la temperatura interna de los edificios, reduciendo así la dependencia de sistemas artificiales de climatización. Mientras tanto, el bambú guadua, material ampliamente usado en áreas tropicales, al tratarse de un recurso de rápido crecimiento y al contar con excelentes propiedades estructurales, constituye también una opción ecológica para la construcción de viviendas y espacios colectivos. (Rodríguez, 2021)

Siguiendo con esta línea de argumentación, la implementación de materiales autóctonos no responde únicamente a la necesidad medioambiental sino que favorece el desarrollo de la economía circular a partir del impulso del uso de recursos renovables en el lugar de origen de los materiales, lo cual, además de reducir costes en transporte y costes de producción, también hace menos frágiles esas mismas economías y evita el olvido de las prácticas constructivas tradicionales, conservando el conocimiento de los materiales y su uso en la arquitectura sostenible. (Gutiérrez & Rivas, 2019).

2. EL SUGARCRETE COMO ALTERNATIVA INNOVADORA

El Sugarcrete es un material en cierta medida innovador y en cierta medida ecológico que utiliza como materia prima el bagazo de caña de azúcar, un residuo que abunda en la industria del azúcar, para ofrecer una alternativa sostenible para la

construcción. En el proceso de producción del Sugarcrete, se combina el bagazo con aglomerantes naturales o aglomerantes de tipo cemento, disminuyendo de esta manera la dependencia de materiales de construcción cuyo impacto ambiental es elevado, como, por ejemplo, el hormigón convencional. De esta forma, el uso del Sugarcrete favorece la disminución de residuos de tipo industrial y, al mismo tiempo, contribuye a la desaceleración del cambio climático dado que reduce las emisiones de CO₂ que acompaña la producción de cemento. (Fernández, R. & Castro, G., 2022)

Origen y Concepto del Sugarcrete

Sugarcrete es un término que resulta de la combinación de las palabras en inglés sugarcane (caña de azúcar) y concrete (hormigón). Es un material muy liviano y sostenible que se elabora a partir del bagazo de caña de azúcar, mezclándolo con cal, arcilla o cemento ecológico para la creación de elementos constructivos o arquitectónicos de bajo impacto. (Martínez & Gómez, 2021)

El aprovechamiento de biomasa residual en la arquitectura sostenible ha sido abordado en el campo de los bioconcretos y los biopolímeros, habiéndose logrado aprovechar restos agrícolas como un material con propiedades adecuadas para la construcción y como un material de construcción amigable con el medio ambiente. En este sentido, el Sugarcrete representa una alternativa real que disminuye la deforestación (al disminuir la

demanda de madera) y optimiza la gestión de los residuos agrícolas, contribuyendo a una economía circular en regiones

productoras de caña de azúcar como Piura, Perú. (López, A., Méndez, C. & Rojas, T., 2023)

Tabla 1

Comparación de Materiales Sustentables en Latinoamérica.

Material	Composición	Propiedades Mecánicas	Impacto Ambiental	Uso Común
Adobe	Tierra, agua, fibras vegetales	Alta inercia térmica, resistente a compresión	Bajo impacto ambiental, biodegradable	Viviendas rurales
Bambú	Fibras vegetales lignificadas	Ligero, resistente a tracción	Renovable, absorbe CO ₂	Estructuras, techos
Sugarcrete	Bagazo de caña, aglomerantes	Moderada resistencia a compresión, liviano	Reduce residuos industriales, reciclable	Paneles, bloques, revestimientos
Bloques de plástico reciclado	Polímeros reutilizados	Alta resistencia mecánica	Reduce desechos plásticos	Viviendas modulares, muros

Fuente. Elaboración propia basada en estudios de arquitectura sustentable.

La tabla muestra que el sugarcrete presenta características factibles en comparación con otros materiales ecológicos resultando ser una alternativa adecuada para disminuir el impacto ambiental de la industria del azúcar.

Propiedades ambientales del sugarcrete

- El Sugarcrete aporta importantes ventajas en términos ecológicos:
- Menor huella de carbono: Se obtiene con menos energía que el concreto convencional y produce menos emisiones de CO₂.
- Menos residuos agrícolas: Se aprovechan grandes volúmenes de bagazo de caña, evitando su acumulación y su quema. Esto, a su vez, evita la contaminación del aire provocado por la quema de estos residuos agrícolas.
- Eficiencia energética: Su estructura porosa aporta un aislamiento térmico y acústico, lo que se traduce en un menor consumo de energía, tanto para calentar como para refrigerar.
- Uso de recursos renovables: Al utilizar un residuo agrícola, el Sugarcrete disminuye la explotación de recursos naturales y la extracción de recursos no renovables, como la arena y la grava, que suelen acarrear la destrucción de

ríos y los ecosistemas frágiles. (Martínez y Gómez, 2021)

• IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL DEL SUGARCRETE

- Más allá de los beneficios constructivos que presenta, el Sugarcrete también genera un beneficio evidente desde el ámbito medioambiental y social. En las áreas productoras de caña, como la zona de Piura, donde este subproducto es a menudo considerado como un residuo poco valioso, representa un gran problema debido a su almacenamiento y posterior emisión a la contaminación y degradación del medio ambiente, y su aprovechamiento en la construcción permite:
- Reducir la transferencia de residuos orgánicos a los basureros, que genera contaminación del suelo y de las aguas.

- Apoyar la economía circular, promoviendo la creación de puestos de trabajo en la industria del reciclado y la producción de materiales duraderos.
- Disminuir la presión sobre los recursos naturales al sustituir, en gran forma, materiales para la construcción por otros más sostenibles.
- La implementación del Sugarcrete en la arquitectura sostenible representa un paso en la dirección de construir urbes más verdes y resilientes, taladrando un camino hacia modelos de baja intervención sobre el medio ambiente y de gran eficiencia en el manejo de los recursos naturales. (Martínez y Gómez, 2021)

Tabla 2

Propiedades Físico-Mecánicas del Sugarcrete en Comparación con Otros Materiales.

Propiedad	Sugarcrete	Adobe	Concreto Convencional	Bloques de Plástico Reciclado
Densidad (Kg/M ³)	800 - 1000	1700 - 2000	2200 - 2400	600 - 900
Resistencia a Compresión (Mpa)	2.5 - 4.0	1.0 - 3.5	20 - 30	5-10
Conductividad Térmica (W/Mk)	0.25 - 0.40	0.50 - 1.00	1.40 - 1.75	0.20 - 0.35
Costo de Producción (Usd/M ²)	10-15	8-12	25 - 35	15 - 20
Impacto Ambiental	Bajo	Bajo	Alto	Medio

- **Fuente.** Elaboración propia basada en estudios de arquitectura sustentable.

El Sugarcrete es un material de construcción altamente innovador que

destaca por su bajo impacto ambiental y sus propiedades mecánicas aptas para

aplicaciones en muros no estructurales y paneles prefabricados. Su bajo peso facilita su manipulación y reduce los costos de transporte, reduciendo de esta manera las emisiones de carbono asociadas a la logística de materiales pesados como el concreto convencional. Es que, además, es un material con baja conductividad térmica, lo que lo convierte en un gran aislante natural, contribuyendo por tanto a la eficiencia energética en edificios y a la reducción del consumo de calefacción y refrigeración. Aunque su resistencia a la compresión es inferior a la del concreto convencional, su comportamiento es el óptimo para construcciones sostenibles y especialmente en climas cálidos y templados. (Martínez y Gómez, 2021)

PROCESO DE FABRICACIÓN DEL SUGARCRETE

El desarrollo del Sugarcrete implica, a su vez, un conjunto de etapas bien definidas con el objetivo de aportar a la resistencia y sostenibilidad del producto final, con lo que se contribuye a convertir un residuo agroindustrial en un recurso ideal para la arquitectura ecológica.

El primer paso del proceso consiste en recolectar el bagazo de caña de azúcar, el cual es considerado un subproducto de gran volumen procedente de la industria azucarera, y que dentro de esta es recogido como residuo y normalmente es desechado o incinerado. Utilizarlo de esta

manera resulta beneficioso para mitigar la contaminación atmosférica y, al mismo tiempo, minimizar el aporte de residuos a los vertederos. Para su posterior uso en la elaboración del Sugarcrete, el bagazo requiere un secado (por el agua, dado que es un material biodegradable) al objeto de eliminar la humedad presente en el mismo y así evitar la aparición de hongos o microorganismos. El secado debe hacerse o bien al aire (mediante la luz solar), o utilizando hornos de bajo nivel de emisiones de carbono lo cual típicamente depende del clima predominante en la región o de la disponibilidad de recursos del lugar. Acto seguido, el bagazo seco es igualmente molido, hasta llegar a convertirlo en una fibra que facilitará su mezcla con los demás componentes. (Martínez y Gómez, 2021)

Mezcla y elaboración de la pasta del Sugarcrete: Posteriormente, una vez el bagazo está preparado, se pasa a la elaboración de la pasta del Sugarcrete, fase importante para la resistencia mecánica y durabilidad del propio material. Para la fabricación de la pasta de Sugarcrete se mezcla la fibra de caña con un aglutinante ecológico que podría incluir:

Cal hidráulica, por su capacidad de captura de CO₂ y su durabilidad en el tiempo.

Arcillas naturales, que permiten mejorar la cohesión del propio material y reducir la necesidad de la aportación de cemento.

Cenizas volcánicas, con alta concentración de sílice y de aluminio que sirven para mejorar la resistencia del material sin incrementar su impacto ambiental.

Dicha mezcla se homogeneiza con agua, y en ocasiones, se incorporan aditivos minerales o fibras naturales con el fin de mejorar su resistencia a la compresión y durabilidad. El uso de estos aportes permite la reducción de la huella de carbono del proceso constructivo que el uso de los materiales convencionales. (González y Pérez, 2020)

Moldeado y Compactación: Cuando la pasta ha alcanzado la consistencia deseada, se procede a realizar el moldeo en bloques o en paneles de un tamaño determinado. Este procedimiento puede realizarse por alguno de los siguientes medios:

Prensado mecánico, como método que a través de presión compacta la mezcla y le garantiza una mayor cohesión interna.

Moldeo manual, como método utilizado por colectivos rurales o en proyectos de arquitectura social auto sostenible.

La compactación es una de las claves de la calidad del Sugarcrete, determinando la resistencia de su estructura y su capacidad aislante. (Gutiérrez y Rivas, 2019)

Secado y Curado: Los ladrillos moldeados son dejados secar en el interior de una

cámara de secado controlado o al aire libre, siendo fundamental evitar la formación de deformaciones o fisuras que puedan afectarlos. Si bien el proceso de fraguado del concreto tradicional requiere elevados consumos de agua, el Sugarcrete se seca de forma más óptima, minimizando así el desperdicio de este recurso, así como la emisión de gases contaminantes.

El curado del material puede extenderse durante varias semanas, en función de la temperatura y humedad del entorno, siendo capaz de conseguir el desarrollo a lo largo del tiempo de la resistencia y estabilización del material. Para verificar la calidad del mismo, se llevan a cabo ensayos en el laboratorio mediante los cuales se evalúa su:

Resistencia a compresión y su capacidad para soportar cargas.

Absorción de agua, asegurando su durabilidad en condiciones climáticas extremas.

Capacidad térmica, determinando su capacidad térmica como material aislante. (Fernández et al., 2023)

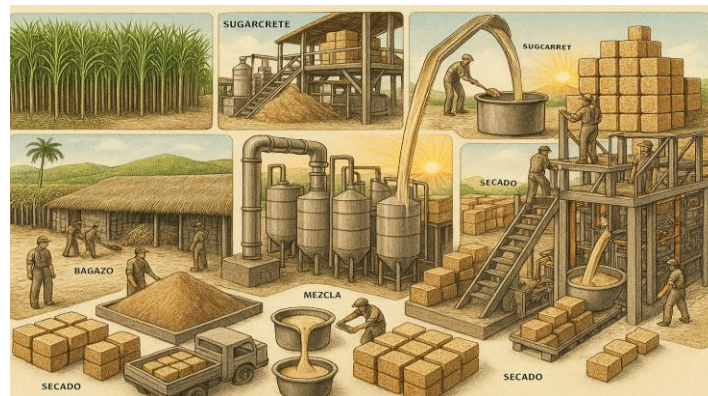
Transporte, Almacenamiento y Construcción: Con la resistencia de los ladrillos óptima, se procede al transporte y almacenamiento en obra en condiciones secas que impidan su deterioro. En la fase constructiva, los muros de Sugarcrete se disponen con un mortero apropiado,

generalmente a base de cal y/o arcilla, que garantizan la unión firme y duradera de los ladrillos. Para reforzar la estructura, se refiere a un aparejo constructivo, adecuado para la distribución de cargas y la estabilidad de los muros que se pretende construir. Viene a ser una tipología de construcción que no solo disminuye el consumo de cemento, sino que recuerda diseños más bioclimáticos, ajustados a las condiciones ambientales específicas de cada región en que se aplican. (López et al., 2023).

Acabados y Protección: Cuando ya se han asentado los muros se pueden aplicar acabados naturales (arcillas estabilizadas o selladores ecológicos) que refuercen la resistencia a la humedad y la durabilidad del material. Estos acabados no solo protegen la estructura, sino que además mejoran el confort térmico de la edificación y reducen la dependencia de sistemas artificiales de climatización. (Rodríguez, 2021).

Figura 1

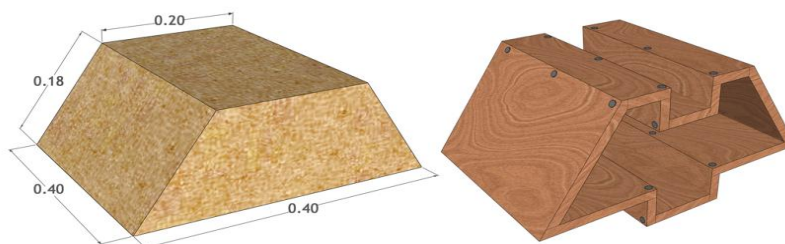
Ilustración del proceso de elaboración.



Fuente. Ilustración generada con DALL-E.

Figura 2

Forma de Ladrillos.



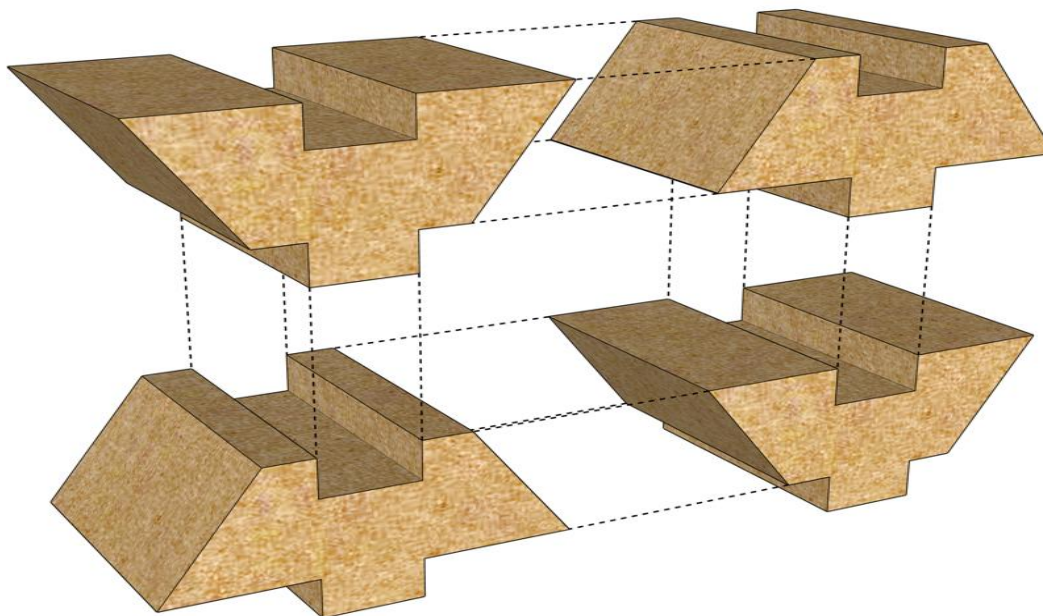
Fuente: Elaboración propia

La ilustración exhibe un ladrillo producido a través del recurso de Sugarcrete, un material para la construcción que destaca por ser innovador y sustentable y que, a la vez, está preparado con residuos generados a través del proceso de fabricación de azúcar de caña. En el lado de la izquierda, vemos un modelo de ladrillo

sólido y convencional que tiene unas medidas de 40 cm en la base, 20 cm en la parte superior y 18 cm de altura, cuya forma es de pirámide trunca. En el lado de la derecha podemos reconocer un diseño modular hueco que permite realizar un ensamblaje tipo "lego", el cual permite obtener más eficiencia en la construcción, transpiración, reducir el peso del ladrillo.

Figura 3

Ensamblaje de Ladrillos.



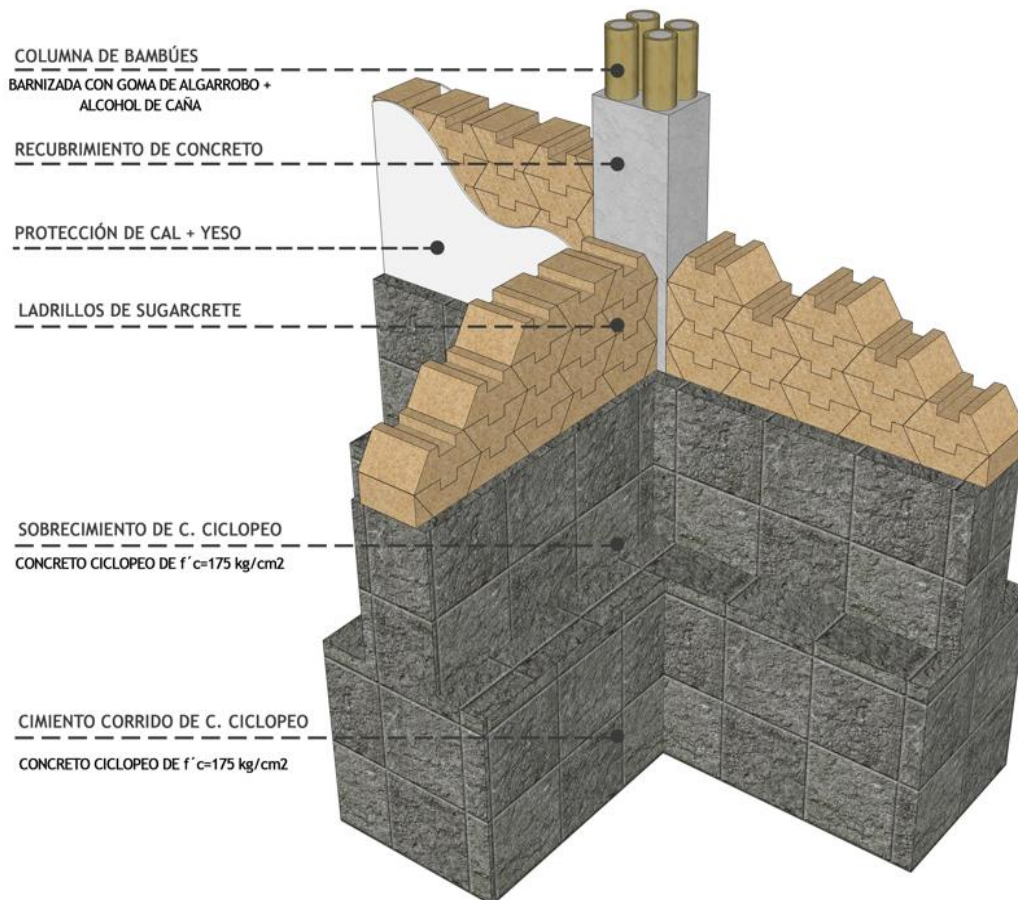
Fuente. Elaboración Propia

La imagen muestra el sistema de ensamblaje de ladrillos de Sugarcrete, destacando su diseño innovador con encajes que permiten una unión precisa y estable entre piezas. Cada ladrillo posee formas geométricas que encajan entre sí, facilitando el montaje sin necesidad de mortero tradicional. Esta característica no solo acelera el proceso constructivo, sino que también mejora la

resistencia estructural y reduce el desperdicio de materiales. El uso de líneas punteadas ilustra cómo se conectan vertical y horizontalmente los bloques. Esta solución modular representa un gran avance hacia construcciones sostenibles, eficientes y fácilmente desmontables, ideales para arquitectura ecológica y estructuras reutilizables o temporales.

Figura 4.

Asentado de Ladrillos.

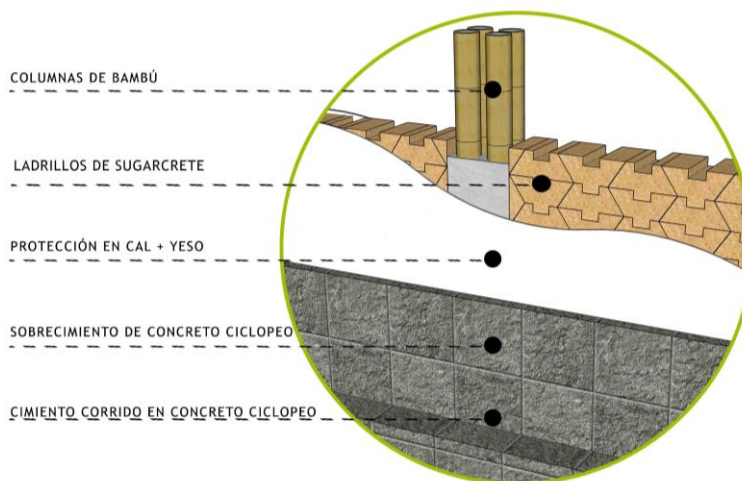


La figura da cuenta del asentado estructural de ladrillos de Sugarcrete en una edificación sostenible. Se muestra cómo los ladrillos se acoplan entre ellos de modo muy preciso, apoyándose el uno en el otro para formar una pared muy rígida sobre una base de concreto ciclópeo, tanto en el cimiento como en el sobrecimiento del mismo. La estructura incluye una columna de bambú tratado con goma de algarrobo

y con alcohol de caña, de modo que se hacen visibles los materiales naturales y

renovables en el propio sistema. También se le incorpora una protección de cal y yeso y un recubrimiento de concreto para mejorar la durabilidad. Todo el sistema combina técnicas ecológicas con eficiencia estructural, muy adaptas para la arquitectura sustentable.

Figura 5
Muros de Sugarcrete



Fuente: Elaboración Propia

La imagen expone una sección constructiva de muros de sugarcrete, los cuales están en unión a columnas de bambú, con protección en cal y yeso. Se recurre a un sistema estructural sustentable a partir de materiales ecológicos y de bajo impacto ambiental. La combinación con el concreto ciclopeo en la cimentación y sobrecimiento

proporciona estabilidad, mientras que los ladrillos de sugarcrete mejoran la eficiencia térmica. Esta propuesta, además de disminuir la huella de carbono de las construcciones, propicia la utilización de los recursos locales y de la economía circular, en línea con principios de construcción sostenible y bioclimática.

Figura 6
Conductividad Térmica.



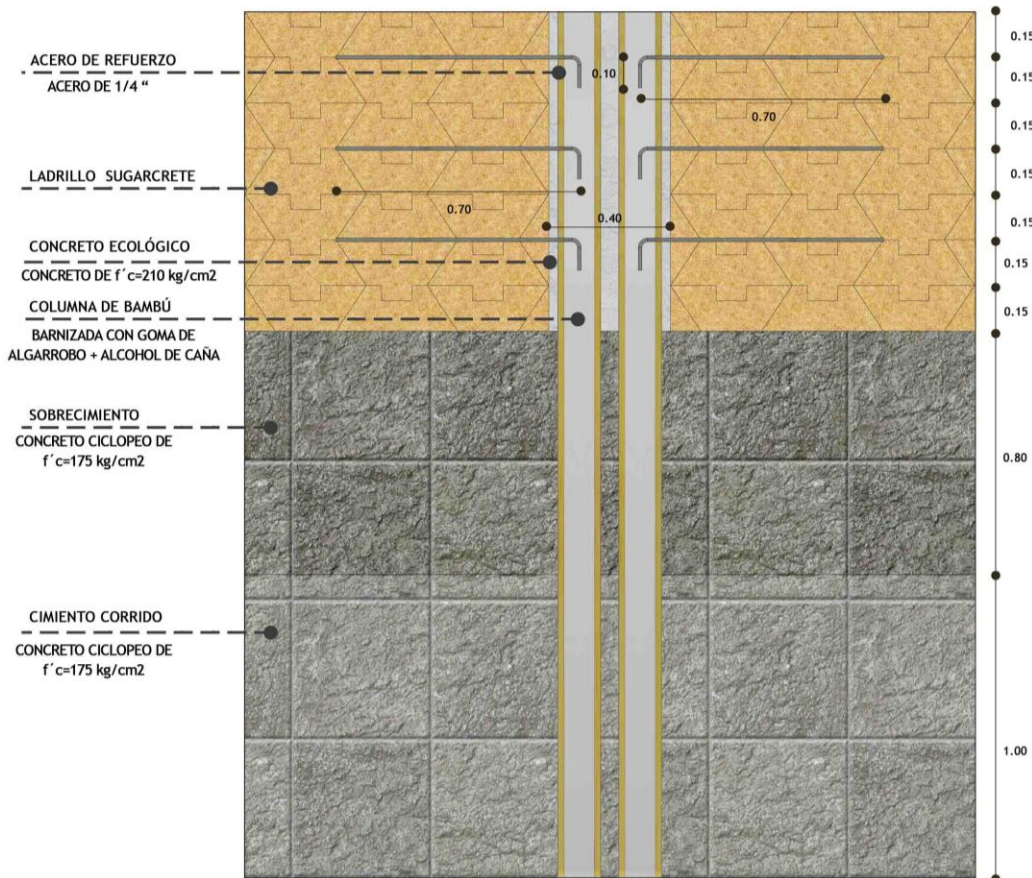
Fuente: Elaboración propia

La siguiente imagen refleja la conductividad térmica del sugarcrete, dado que, por su estructura, se ha elaborado a partir de bagazo de caña de azúcar. La conductividad media alcanzada es de $0,071 \text{ W/mK}$. A su vez observamos que, a mayor espesor del bloque, mayor es el tiempo de retardo térmico, alcanzando hasta 23,6 horas en bloques de 36 cm, lo

que lo considera un material que presenta unas excelentes características de aislamiento térmico, lo que lo convierte en un material adecuado para climas cálidos como el de Piura. Su capacidad de retención térmica mejora la eficiencia energética, ya que reduce la necesidad de refrigeración artificial en los edificios.

Figura 7

Reforzamiento de muros.



La función de las varillas de acero que se observan en la imagen (refuerzo de 1/4"), dentro del concreto ecológico y adheridas a la cimentación, es clave para la estabilidad estructural del muro. La disposición de esas

varillas de acero, en estribos y verticales, permite mejorar la resistencia lateral y sísmica, ayuda a lograr mejor la distribución de esfuerzos, además de que la unión de estos refuerzos junto a columnas de bambú y

concreta mejora la rigidez del muro, lo que impide las fisuras y aumenta su durabilidad. El sistema es el esfuerzo por equilibrar el uso de materiales sostenibles con eficientes técnicas de estructura.

3. IMPACTO DEL SUGARCRETE EN LA ECONOMÍA CIRCULAR Y LA COMUNIDAD.

Reducción de residuos en la industria azucarera: El bagazo de caña es un subproducto agrario que se obtiene en altas proporciones en las áreas que se dedican a la producción de azúcar, siendo inadecuada

su disposición un problema ambiental considerable. La problemática se torna evidente, incluso, cuando el bagazo de caña suele ser quemado sin control, provocando la liberación de grandes cantidades de emisiones contaminantes (CO₂ y material particulado), lo que podría comprometer la calidad del aire y, también, en la contribución al cambio climático. Asimismo, la acumulación de bagazo de caña en los vertederos puede producir la degradación del suelo y la proliferación de plagas, generando impactos negativos en el medio ambiente. (González y Herrera., 2020)

Tabla 3

Producción Estimada de Bagazo y Emisiones de CO₂ en Empresas Azucareras de Piura

Empresa	Ubicación	Producción estimada de bagazo (toneladas/año)	Emisiones de CO ₂ estimadas (kg CO ₂ /Año)
Caña Brava	Valle del Chira, Departamento de Piura	720,000	1,584,000
Agroaurora S.A.C.	Provincias de Paita y Sullana, Piura	480,000	1,056,000

Fuente. Estimaciones propias basadas en <https://www.canabrava.com.pe/nosotros/> y https://coazucar.com/esp/agroaurora_nosotros.html

Se estima que las dos mayores industrias cañeras de Piura, es decir, Caña Brava y la Agroaurora S.A.C., producen juntas cerca de 1.2 millones de toneladas de bagazo anuales. Este residuo representa una importante fuente de biomasa y, si no se reutiliza, todo ello contribuye a la emisión de más de 2.6 millones de kg de CO₂ al año. La valorización del bagazo a partir de un producto como el Sugarcrete permitirá: mitigar estas emisiones, la transición a una

economía circular y poder hacer un uso sostenible de un recurso infrautilizado.

La revalorización del bagazo de caña para el desarrollo del Sugarcrete puede mitigar estos impactos negativos, convirtiendo en un material de construcción sostenible un residuo de la agroindustria. Este proceso es un punto de apoyo para avanzar en la economía circular, puesto que permite aprovechar la biomasa residual, incluso, para reducir la dependencia de materias

convencionales como son el concreto o los ladrillos cerámicos, de cuyas producciones se desprenden grandes emisiones de

gases de efecto invernadero. (Gutiérrez y Rivas, 2019)

Tabla 4

Producción Anual de Bagazo de Caña en Regiones Azucareras del Perú

REGIÓN	PRODUCCIÓN DE BAGAZO (TONELADAS/AÑO)	USO ACTUAL (%)	POTENCIAL DE RECICLAJE (%)
PIURA	1,200,000	40% (combustible, compost)	60%
LA LIBERTAD	950,000	35% (biocombustible, alimentación animal)	65%
LAMBAYEQUE	875,000	30% (uso agrícola)	70%
CAJAMARCA	500,000	20% (quema)	80%

Fuente. Ministerio de Agricultura y Riego del Perú (2024).

El bagazo de caña es la mayor cantidad de producción en cuanto a la región de Piura, esto representa una gran oportunidad de cara al desarrollo de materiales sustentables, así como también que un alto porcentaje de bagazo de caña aún permanece sin ser utilizado, lo que hace que sea evidente la necesidad de salir adelante con el desarrollo de proyectos de reciclaje como sería el caso del sugarcrete.

Generación de Empleo y Desarrollo Local

La producción y comercialización del Sugarcrete representa una oportunidad importante para poder fortalecer la cultura económica local y fomentar el empleo en diversas áreas de los quehaceres productivos. En primer lugar, el sector agrícola se beneficiaría directamente al incorporar la recolección, el almacenamiento y el procesamiento de la caña y el bagazo, que actualmente no son

utilizados, lo que significaría un avance en la valorización de la materia prima para la construcción en el campo. Lo anterior significa un uso altamente óptimo de los residuos agroindustriales y representa fuentes de ingreso para pequeños productores y trabajadores rurales. (González, y Pérez, 2020)

Por su parte, la industria de la construcción vería en el Sugarcrete un material alternativo, económico y sostenible, que alentaría la creación de plantas de producción locales, que hacer sus propias fábricas y líneas de comercialización de bloques modulares, paneles prefabricados y otros elementos de la construcción, impactando la generación de empleo hacia la capacitación de la mano de obra en técnicas de bioconstrucción que conlleven una transición hacia mejores prácticas. (Rodríguez, 2021)

Por su parte, la investigación y la experimentación son esenciales dentro de la mejora del material y la búsqueda de nuevas aplicaciones para la arquitectura sostenible. Universidades, centros de innovación y organismos públicos pueden aportar mejoras al Sugarcrete con trabajos que determinen rendimientos mecánicos, térmicos y medioambientales que lo avalen como una alternativa sostenible idónea para la construcción. (López y Sánchez, 2019)

La promoción de estos protocolos podría ser una forma de promover la autosuficiencia económica de las poblaciones implicadas, además de introducir al Sugarcrete en los mercados internacionales como un material de construcción innovador y medioambiental. Podría afianzar a las zonas de producción de la caña de azúcar como productoras por excelencia de biomateriales sostenibles, diversificando su economía y disminuyendo el impacto de la dependencia de industrias altamente contaminantes. (Fernández, 2023).

Posibilidades de implementación en proyectos urbanos y rurales

El Sugarcrete se presenta como un material altamente versátil en el ámbito de la arquitectura, con un enorme potencial, tanto en la arquitectura urbana como en la rural. Su ligereza, su aislamiento térmico y su bajo nivel de impacto medioambiental lo convierten en una materia prima muy importante para la obra de edificaciones sostenibles. Las aplicaciones más

importantes del Sugarcrete son las siguientes:

- Viviendas sociales: Gracias a su fácil fabricación y montaje, el Sugarcrete puede ser utilizado en el proceso de edificación de muros y paneles prefabricados, favoreciendo la posibilidad de transformar viviendas socialmente accesibles con un menor consumo energético y de materiales contaminantes. (Martínez y Gómez, 2021).
- Infraestructura comunitaria: El uso de bloques modulares en el proceso de edificación de escuelas, centros de salud y espacios ocupacionales hace que el acceso a la obra de edificaciones sostenibles sea más accesible y, además, promueva el desarrollo social y la reducción de los costes de las obras estatales. (López et al., 2023).
- Mobiliario urbano y elementos decorativos: El Sugarcrete es capaz de utilizarse para fabricar bancas, pérgolas y revestimientos en parques, plazas y espacios públicos, favoreciendo el diseño ecológico en la infraestructura urbana. (González y Pérez, 2020)

A su vez, este material tiene una alta compatibilidad con estrategias de construcción bioclimáticas, ya que maximiza el confort térmico y la eficiencia energética de las edificaciones prescindido de la incorporación de

sistemas mecánicos de climatización. La aplicación de este material en techos ventilados, en muros de alta inercia térmica y en las coberturas permitiría disminuir el consumo de energía correspondiente a calefacción y refrigeración, de tal manera que resulta ser una alternativa interesante para climas cálidos y secos como el de Piura. (Hernández y Castro, 2022)

El Sugarcrete, además, al ser un material local y de bajo impacto ambiental, puede desempeñar un papel fundamental, por tanto, en la edificación de ciudades más resilientes y sostenibles, contribuyendo, a la vez, al cumplimiento de los ODS en producción responsable, acción climática y comunidades sostenibles. (López et al., 2020).

4. OPINIÓN DE EXPERTOS SOBRE MATERIALES SUSTENTABLES Y EL SUGARCRETE.

La utilización de materiales sostenibles en la arquitectura ha sido objeto de debate por parte de investigadores y especialistas en el ámbito de la arquitectura verde. Múltiples estudios han puesto de manifiesto que el reciclaje de residuos agroindustriales puede disminuir el impacto ambiental generado por la industria de la construcción sin disminuir la calidad y durabilidad de los materiales. Como primer paso se muestran algunas observaciones de afamados especialistas en arquitectura sustentable y materiales alternativos:

Félix Candela (arquitecto y estructuralista)

“El futuro de la construcción se encuentra en una innovación muy importante de materiales ligeros, resistentes y de bajo impacto. La biomasa residual se configura como un recurso muy interesante para la búsqueda de nuevas soluciones arquitectónicas”.

El arquitecto y estructuralista Félix Candela fue uno de los precedentes del avance de las estructuras delgadas y eficientes. Su trabajo con cascarones de concreto es muy conocido, así como su deseo de reducir el uso de materiales sin perder resistencia. Hasta tal punto llega la relación que podría establecerse entre la filosofía de Candela y el sugarcrete, que trabajar sobre el sugarcrete supone intentar reducir el desperdicio de materiales e intentar sacar el máximo partido a los recursos renovables.

Relación con el sugarcrete: Su ligereza permite una construcción más eficiente y de menor coste. Se pueden realizar elementos prefabricados de bajo peso, optimizando el proceso constructivo. El sugarcrete representa una posibilidad para edificar donde se requiera el uso de la tecnología del azúcar en estructuras livianas que, a su vez, sean eficientes térmicamente y estructuralmente.

Anna Heringer (arquitecta, premio obel 2020 por arquitectura sostenible)

"La esencia del diseño del espacio sustentable reside no solo en el material, sino en su integración con los sistemas constructivos locales que satisfacen las necesidades del tracto social."

Anna Heringer trabaja la arquitectura vernácula, reutilizando los materiales locales en los diseños de viviendas particulares, escuelas y espacios comunitarios. Su metodología trata de fomentar la autoconstrucción y el empoderamiento local, limitando de esta forma la dependencia de elementos industrializados y de mayor coste.

Relación con el sugarcete: el sugarcete se puede producir en la propia localidad, en las comunidades azucareras, lo que implica una reducción de los costes de transporte y de producción. Su inserción en las viviendas sociales y el equipamiento comunitario se puede traducir inmediatamente en beneficios tanto económicos como sociales del pueblo que lo produzca. Todo ello, además, facilita procesos constitutivos participativos en el que la población pueda implicarse en la elaboración y la colocación del material.

Michael Green (arquitecto y pionero en construcción con materiales renovables)

"El carbono que se incorpora en los materiales de construcción es uno de los principales problemas del medio

ambiente. Es preciso contar con recursos que conviertan residuos en recursos útiles".

Michael Green es un apasionado del uso de la madera en gran altura y del uso de materiales de menor producción de carbono en lugar del concreto y el acero. Ha demostrado en sus trabajos que más del 11% de las emisiones de CO₂ a nivel mundial provienen de la fabricación de cemento y de acero.

Relación con el sugarcete: El uso de bagazo de caña reciclado en la construcción de sugarcete permite reducir el impacto ambiental de la construcción. Con ello se puede utilizar un residuo agrícola que de otro modo sólo generaría emisiones a partir de la fabricación de concreto. Su propuesta se alinea con la propuesta de Green de introducir materiales de construcción alternativos con una huella de carbono muy reducida. Estos testimonios contribuyen a la necesidad de apostar por materiales sustentables en la construcción y hacen posible la validación del sugarcete como material constructivo.

5. DESAFÍOS AMBIENTALES Y ESTRATEGIAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SUGARCRETE

La introducción del Sugarcrete encuentra obstáculos de tipo regulatorio, económico y sociocultural, lo que, en la práctica, se traduce en que la ausencia de normativas específicas lo condiciona a introducirse en esta actividad de la construcción, la cual aún da prioridad a métodos y materiales

tradicionales. Es importante trabajar en la puesta en marcha de certificaciones que avalen su resistencia y durabilidad, e igualmente actualizar los códigos e instrucciones de la construcción de forma que se le pueda dar cabida en la edificación.

Su industrialización a gran escala comporta retos de tipo económico y logístico que también se deben perfeccionar. Si bien es cierto que su fabricación tiene mejores resultados que otros productos para la construcción, la disponibilidad de la caña de azúcar dependerá en buena medida de la oferta agrícola y la demanda industrial. Además, es incline a la inversión en tecnología y a la capacitación de mano de obra para asegurar la calidad/escala necesaria para dar cabida a este sistema. Por otro lado, la optimización de la logística de distribución debe ir encaminada de manera que se minimicen los costes derivados no del Sugarcrete sino de la producción de su materia la caña de azúcar durante su distribución y la emisión de emisiones CO₂ vinculadas (Fernández, 2021).

La resistencia del mercado hacia el uso de nuevo material es otro aspecto que podría ser una limitante y el hecho de que los arquitectos, ingenieros y constructores desconfíen de su uso puede compensarse con pequeños proyectos piloto que sirvan para demostrar su eficacia en viviendas sociales y pequeñas de comunidades. La preparación del personal técnico es importante para garantizar una máxima optimización de los resultados en términos

de eficiencia térmica y sostenibilidad (López y Sánchez, 2019). El apoyo del Estado a través de consideraciones fiscales o subsidios hace posible su adopción en la mejora de la infraestructura pública o en proyectos ecológicos donde se minimice la huella de carbono, así como el uso de Sugarcrete junto con metas de reducción de CO₂, fortalecerían las estrategias de construcción sostenible.

El uso de Sugarcrete requiere de un acuerdo de trabajo conjunto del Estado, la industria y la sociedad civil, hacer incidir su investigación y escalabilidad es algo esencial para transformar situaciones de residuos agroindustriales en soluciones arquitectónicas. (González et al., 2020).

6. GLOSARIO.

BAGAZO DE CAÑA.: El término bagazo proviene del latín *baca*, que se traduce como baya o fruto pequeño y, con el paso del tiempo, fue cambiando para designar a los residuos sólidos de los cultivos, como el bagazo de caña de azúcar. En términos industriales, el bagazo de caña es el residuo fibroso que queda tras la extracción del jugo de la caña de azúcar en el proceso de producción. Históricamente se ha utilizado como combustible en calderas; sin embargo, la producción de materiales de construcción que emplean este residuo ha sido poco estudiada. Su uso en el Sugarcrete permite el reciclado de grandes volúmenes de residuos agroindustriales, así como la reducción de la contaminación y la práctica de una economía circular (González, 2018).

Tabla 5

Desafíos para la Implementación del Sugarcrete y Soluciones

Desafío	Descripción	Solución
Falta de Normativas y Regulaciones	Actualmente, el sugarcrete no cuenta con normativas específicas que regulen su uso en la construcción.	Impulsar estudios técnicos que validen su resistencia y durabilidad, promoviendo su inclusión en los códigos de construcción sustentable.
Desconocimiento del Material	La falta de información y difusión sobre el sugarcrete limita su adopción en el sector de la construcción.	Realizar campañas de concienciación, capacitaciones y publicaciones científicas que informen sobre sus beneficios y aplicaciones.
Costos Iniciales de Producción	La implementación del sugarcrete requiere inversión en equipos y procesos de fabricación adaptados.	Fomentar incentivos gubernamentales y alianzas con empresas para financiar la producción inicial.
Resistencia y Durabilidad Frente a Otros Materiales	Existen dudas sobre si el sugarcrete puede competir en resistencia con materiales tradicionales como el concreto.	Mejorar las mezclas con aditivos naturales y realizar pruebas para garantizar su viabilidad estructural en diferentes condiciones.
Aceptación en el Mercado	Constructores y desarrolladores pueden mostrar resistencia al uso de nuevos materiales ecológicos.	Presentar estudios de caso exitosos y ofrecer incentivos para su uso en proyectos piloto.

Fuente. Elaboración propia.

ECONOMÍA CIRCULAR.: la "economía" proviene del griego oikonomía que significa "administración del hogar", y "circular" es del latín circulus, que describe un proceso que vuelve a repetirse sin final. La economía circular comprende un modelo de producción y consumo que busca minimizar los residuos y maximizar el uso de los recursos mediante la reutilización, el reciclaje y la reducción de desechos. En la arquitectura, se traduce en la utilización de materiales alternativos como el Sugarcrete, que da una nueva vida a los residuos de la caña de azúcar en lugar de deshacerse de ellos (Sánchez, 2020).

HUELLA DE CARBONO: la huella es un término que se origina de la palabra del latín folla, que hacía referencia a una marca dejada en el piso, y "carbono" es una voz que proviene del latín carbo que significa "carbón", "sustancia negra y combustible". La huella de carbono es la forma de medir el impacto ambiental de una actividad en términos de emisión de gases de efecto invernadero, en especial del dióxido de carbono (CO₂). En construcción, los materiales como el hormigón y el acero pueden dejar huella de carbono muy elevada derivada de los procesos de producción que requieren. El material reciclado enlizado originado de

las plantas como el Sugarcrete es una alternativa constructiva que permite mitigar el impacto ambiental como alternativa a los anteriores materiales utilizados y, por lo tanto, contribuir a reducir el impacto del cambio climático (Ramírez, 2019).

ARQUITECTURA SUSTENTABLE: la palabra "arquitectura" proviene de la voz griega archi- (jefe o principal) y tekton, el/a constructor/a que hace referencia a la técnica de diseñar y construir espacios habitables. "Sustentable" deriva del latín sustentare (sostener, mantener en pie). La arquitectura sustentable es la vía para diseñar y construir edificios que genere un impacto menor a lo largo de su ciclo de vida, desde la selección de los materiales a la eficiencia energética, de su ciclo de vida o la gestión de residuos (Serrano, 2021).

MATERIALES RENOVABLES: la palabra "material" proviene del latín materialis, que significa "referido a la materia", "renovable", por otra parte, surge de la palabra en latín renovare, que a su vez significa "tornar a nuevo otra vez". Se dice que son materiales renovables los que tienen la capacidad de regenerarse de forma natural en tiempos relativamente cortos y sin agotar el planeta, tal como son la madera, el bambú o biocompuestos como el Sugarcrete. A diferencia de los materiales no renovables, como el cemento, los materiales renovables permiten una arquitectura sostenible que se enmarca dentro de los principios de la economía circular (Pérez, 2020).

7. SIMULACIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DEL SUGARCRETE

El proyecto Sugarcrete se inicia con la elección de materiales para su producción, utilizando para ello bagazo de caña de azúcar como un residuo fibroso abundante, especialmente en el caso de regiones como Piura, pues se le combina junto a aglutinantes minerales naturales tal como pueden ser la cal o arcilla, además de agua para obtener bloques de construcción sostenibles, habiendo sido tratado previamente el bagazo para eliminar impurezas y conseguir la homogeneidad de la mezcla. Para optimizar el proceso se utilizaron materiales de laboratorio con carácter de vanguardia para realizar pruebas de resistencia mecánica, térmica y acústica en base a test de estándares internacionales tales como ASTM C39 (resistencia a la compresión) o bien BS EN 927-6 (durabilidad), mientras que el proceso de curado fue además optimizado para aumentar la resistencia del material, ya que es algo que contribuye a asegurar la durabilidad y la eficiencia estructural. (Resano et al., 2022)

El método de preparación del bagazo incluía por otro lado el tamizado para eliminar posibles grumos de manera que se obtuviese un aspecto lo más homogéneo posible. A continuación, había que proceder con la mezcla de los componentes (bagazo, aglutinante y agua) en proporciones determinadas y hasta obtener la consistencia uniforme que había que mezclar. La mezcla húmeda

se fue depositando en los moldes y compactando al efecto para obtener bloques duros. Una vez formados los bloques, éstos fueron objeto de curado durante una duración de una semana,

siendo este un proceso mucho más rápido que el que necesita el concreto tradicional, que suele requerir en ocasiones incluso hasta cuatro semanas. (González y Herrera., 2020)

Figura 8

Trabajador filtrando bagazo en criba industrial



Fuente. Archdaily

Figura 9

Bloques recién prensados con superficie uniforme



Fuente. Archdaily

Figura 10

Máquina de compresión aplicando carga a bloque



Fuente. Archdaily

8. DISCUSION.

La utilización del bagazo de caña como materia base para la producción de Sugarcrete posee diversas ventajas, desde la experiencia en las aplicaciones ambientales hasta las económicas. Se puede destacar la sostenibilidad, ya que el bagazo representa un residuo agrícola en regiones como Piura, por lo que se presenta el beneficio de no tener que acarrear materiales importados con alta huella de carbono.

También se puede mencionar la viabilidad económica, ya que la producción de

Sugarcrete puede suponer una fuente de ingresos para los agricultores al obtener un valor agregado en la venta del bagazo de caña a fabricantes locales, promoviendo así la economía circular. Por otra parte, el bagazo posee la propiedad de almacenar carbono biogénico; ello repercute positivamente en la disminución de emisiones de CO₂ que podrían asociarse a la construcción tradicional. Asimismo, en zonas donde el acceso a los materiales convencionales es escaso o se convierten en materiales inalcanzables, el Sugarcrete se convierte en una alternativa capaz de continuar con la construcción de viviendas sostenibles.

No obstante, hay áreas que requieren atención, por ejemplo, un mayor análisis del proceso de curado y la utilización de otros materiales locales que garanticen un mejor desempeño estructural. (López et al., 2023)

9. CONCLUSIONES

El sugarcrete representa un nuevo tipo de material que utiliza un subproducto de la industria azucarera para reducir el impacto ambiental y dar cumplimiento a la economía circular.

Su uso en la construcción sustentable reduce la huella de carbono y mejora las condiciones térmicas de las construcciones.

La implementación del sugarcrete en las comunidades locales puede permitir la generación de empleo y potenciar el uso de materiales accesibles y eficientes.

Eso sí, hay que superar los obstáculos que hay desde el punto de vista normativo y de aceptación en el mercado para que se produzca una importante adopción de este tipo de material.

Especialistas en arquitectura sustentable también respaldan el uso de materiales reciclados: son el futuro en la construcción ecológica.

10. RECOMENDACIONES.

Para consolidar el uso del sugarcrete como un material sustentable en el ámbito de la

construcción se proponen las siguientes recomendaciones:

Promoción en la construcción: Arquitectos e ingenieros deben incorporar el sugarcrete como material en las obras de edificios de viviendas y en la construcción de espacios urbanos, dado su escaso impacto ambiental.

Normativas y certificaciones: Es importante desarrollar normativa técnica y certificaciones que respalden la seguridad y la eficiencia del sugarcrete dentro del sector de la construcción.

Capacitación y educación: Universidades y escuelas de capacitación deben incluir materiales sustentables en sus programas de estudio y planificar talleres de aplicación.

Aprovechamiento del bagazo de caña: La propia industria del azúcar puede convertir el bagazo –un residuo de la industria del azúcar– en materia prima para la construcción y por tanto puede llegar a obtener ingresos extra por el aprovechamiento del bagazo.

Incentivos gubernamentales: Las administraciones públicas que laburan en la construcción pueden ofrecer incentivos fiscales y créditos para alentar la utilización del sugarcrete en la construcción de proyectos urbanos y de vivienda social.

Investigación y desarrollo: Es importante mejorar las propiedades mecánicas y las propiedades térmicas del sugarcrete a



través de estudios estructurales y pruebas de durabilidad.

Concienciación comunitaria: Compartir con la comunidad los beneficios del sugarcrete ampliará su demanda y su aceptación como material alternativo.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Pérez, J. (2020). "Optimization of Sugarcrete Curing Process." *Journal of Building Engineering*, Vol. 29, pp. 101174. DOI: 10.1016/j.jobbe.2020.101174

Cruz, A. (2022). "Regional Applications of Sugarcrete in Sustainable Housing." *Sustainable Cities and Society*, Vol. 76, pp. 103441. DOI: 10.1016/j.scs.2021.103441

Díaz, R. (2020). "Sustainability of Sugarcrete Production." *Journal of Cleaner Production*, Vol. 248, pp. 119555. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.119555

González, C. (2018). "Durability of Sugarcrete in Tropical Climates." *Journal of Materials in Civil Engineering*, Vol. 30, pp. 04018051. DOI: 10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0002256

López, E. (2020). "Structural Applications of Sugarcrete." *Construction and Building Materials*, Vol. 233, pp. 117942. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2020.117942

Resano, D., Guillén, O. W., Ubillús, F. D. R., & Barranzuela, J. L. (2022). Caracterización fisicoquímica del bagazo de caña de azúcar industrial y artesanal como material de construcción. Universidad de Piura. https://www.researchgate.net/publication/359748905_Caracterizacion_fisicoquimica_del_bagazo_de_cana_de_azuca

r_industrial_y_artesanal_como_material_de_construccion

Universidad de East London (UEL). (2024). Sugarcrete: materiales de construcción producidos de la caña de azúcar. <https://www.uel.ac.uk/about/about-uel/schools/architecture-computing-engineering/ace-news/sugarcrete-sustainable-building-material>

Andina Agencia Peruana de Noticias. (2022). Piura: investigadores de UDEP crean panel constructivo hecho con bagazo de caña de azúcar. <https://andina.pe/agencia/noticia-piura-investigadores-udep-crean-panel-constructivo-hecho-bagazo-cana-azucar-926994.aspx>

Tecnicana. (2024). Sugarcrete: materiales de construcción producidos de la caña de azúcar. <https://tecnicana.org/sugarcrete-materiales-de-construccion-cana-azucar>

Fernández, L. (2023). Políticas públicas para materiales ecológicos. Red Latinoamericana para la Investigación y el Desarrollo de Políticas Públicas. <https://redlatampp.org/>

Rodríguez, A. (2021). Materiales sostenibles en la arquitectura latinoamericana. Universidad Nacional Autónoma de México. <https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000653442/3/0653442.pdf>

González, P., & Pérez, L. (2020). Eficiencia energética y materiales autóctonos en la construcción ecológica. Editorial Gustavo Gili.



- https://editorialgg.com/media/catalog/product/9/7/9788425227431_inside.pdf
- López, J., Méndez, A., & Torres, L. (2020). El potencial de los residuos agrícolas en la industria de la construcción. Tecnológico de Monterrey. <https://tecscience.tec.mx/es/biotecnologia/desechos-conservadores-de-alimentos/>
- Gutiérrez, A., & Rivas, P. (2019). Estrategias de economía circular en la arquitectura sostenible. ArchDaily. <https://www.archdaily.cl/cl/tag/archdaily-topic-2023-economia-circular>
- Martínez, A., & Gómez, L. (2021). Innovaciones en materiales de construcción sustentables: Evaluación del Sugarcrete. LinkedIn. <https://es.linkedin.com/pulse/sugarcrete-innovaci%C3%B3n-sostenible-en-materiales-de-klenner-sep%C3%BAIveda-6jbx>
- Ruiz, J., Castro, P., & Fernández, H. (2020). Análisis comparativo de biocompuestos en la construcción sostenible. Universidad de Sevilla. <https://www.us.es/estudiar/que-estudiar/oferta-de-grados/grado-en-edificacion/2440035>
- López, C., & Sánchez, M. (2019). Gestión de residuos agrícolas en la arquitectura ecológica. Pontificia Universidad Católica del Perú. <https://puntoedu.pucp.edu.pe/noticia/gestion-de-residuos-como-se-puede-impulsar-una-mejora-ambiental-desde-el-municipio-limeno/>
- Fernández, R., & Castro, G. (2022). Propiedades térmicas y mecánicas de materiales ecológicos en climas cálidos. Redalyc. <https://www.redalyc.org/pdf/1251/125117499011.pdf>
- García, V., Pérez, D., & Morales, E. (2021). Estrategias para la reducción de la huella de carbono en la construcción. Tecnológico de Monterrey. <https://conecta.tec.mx/es/noticias/ciudad-de-mexico/educacion/estudiantes-realizan-propuesta-para-reduccion-de-huella-de-carbono>
- Fernández, J. (2021). Materiales ecológicos en la infraestructura comunitaria: desafíos y oportunidades. Universidad de Buenos Aires. https://codigo.rec.uba.ar/libro_iii__fadu/libro-iii-facultad-de-arquitectura-diseño-y-urbanismo/titulo-12-maestrias/capitulo-m-en-sustentabilidad-en-arquitectura-y-urbanismo/
- González, R., & Herrera, M. (2020). Aprovechamiento del bagazo de caña en la industria de la construcción. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/86262>
- Hernández, P., & Castro, L. (2022). Biomateriales y arquitectura bioclimática: estrategias para climas cálidos. Pontificia Universidad Javeriana. <https://www.javerianacali.edu.co/programas/maestrias/maestria-en-habitatsustentable>
- López, A., Méndez, C., & Rojas, T. (2023). Innovaciones en construcción sostenible con biomateriales agrícolas. Universidad Nacional Autónoma de México. <https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000810987/3/0810987.pdf>