



PRODUCTOS CON CELULOSA VEGETAL: UNA ALTERNATIVA PARA LA INGENIERÍA CIVIL

Alternativa de sostenibilidad: materiales con Celulosa

Products with vegetable pulp: an alternative for civil engineering

JACKSON ERMINZUL MONROY GUTIERREZ, MARTHA LILIANA DIAZ OCHOA, MARIA CLAUDIA VERA GUARNIZO

Corporación Universitaria Minuto de Dios UNIMINUTO, Colombia

KEYWORDS

Cellulose 1
Sustainability 2
Environment 3
Waste paper 4
Valuable waste 5
Ecological house 6
Emerging architecture 7

ABSTRACT

The population increase has generated urban development in the different cities consuming natural resources at an accelerated pace, generating a devastating environmental impact, which is inevitable because construction is vital for progress in all countries. Consumption on construction sites generates a shortage of renewable raw materials, in addition to the fact that traditional materials such as clay masonry generate energy and contaminant consumption, which is why the world of construction must be transformed to generate sustainable development. Due to the above, the use of vegetable cellulose as a raw material to mitigate the environmental impact and its use in different construction products is analyzed as a sustainable alternative.

PALABRAS CLAVE

Celulosa 1
Sostenibilidad 2
Medio ambiente 3
Papel Reciclado 4
Residuos valorizables 5
Casas ecológicas 6
Arquitectura emergente 7

RESUMEN

El incremento poblacional ha generado desarrollo urbanístico en las diferentes ciudades consumiendo a un paso acelerado los recursos naturales, generando un impacto ambiental devastador, el cual es inevitable debido a que, la construcción es vital para el progreso en todos los países. El consumo en las obras genera escases de materias primas renovables, además de que los materiales tradicionales como el mampuesto en arcilla genera un consumo energético y contaminante, motivo por el cual se debe transformar el mundo de la construcción para generar un desarrollo sostenible. Debido a lo anterior se analiza como alternativa sostenible la utilización de la celulosa vegetal como materia prima para mitigar el impacto ambiental y su uso en diferentes productos para la construcción.

Recibido: 17/ 05 / 2022

Aceptado: 25/ 07 / 2022

RETRACTED ARTICLE

1. Introducción

El inminente cambio climático, el aumento poblacional que actualmente está próximo a ocho billones de personas en el mundo, la necesidad del desarrollo urbanístico y su afectación económica como actividad productiva e indispensable en el producto interno bruto a nivel mundial, la demanda de materiales, la escasez de materias primas, el consumo energético y utilización de recursos no renovables en los procesos de constructivos, generan un impacto inminente en el medio ambiente, por lo cual se debe transformar el mundo de la construcción, exigiendo una modificación en los materiales tradicionales con el fin de contribuir en el medio ambiente y que este proceso sea sostenible.

Para realizar una construcción sostenible es importante tener en cuenta que debido a la gran demanda de materiales que son utilizados en la obra se debe de evitar al máximo agotar los recursos naturales y es por este motivo que se genera la necesidad de buscar alternativas en la implementación de nuevos materiales que generen bajo impacto ambiental y reutilicen los ya existentes. Es por ello que esta investigación plantea como alternativa de material de construcción, la celulosa vegetal que es una materia prima que es desechada de las oficinas, entidades públicas y privadas, instituciones educativas (escuelas, colegios y universidades) e instituciones gubernamentales. El objetivo es determinar la viabilidad de la utilización de la celulosa de origen vegetal para que cumpla con el criterio de sostenibilidad ambiental y sea un material alternativo para la construcción.

La extracción de la celulosa vegetal del cartón desechado de las obras civiles es una alternativa para la creación de nuevos mampuestos en pro al cuidado del medio ambiente, esto es debido a que la vida útil de cartón utilizado en obra es muy poca, producto de que su degradación se evidencia entre 1 a 1.5 años y esta variación depende de las condiciones atmosféricas, la humedad relativa, el clima y de su composición se debe aclarar que la vida útil se puede aumentar con la aplicación de aditivos. El desecho de este material en las obras, en las instituciones educativas, oficinas y hogares genera un foco de contaminación debido a la gran demanda de su uso para los diferentes tipos de usos que se desarrollan en las diferentes entidades y que este material es totalmente reutilizable.

En Colombia se presenta que una gran cantidad de municipios que no cuentan con escombreras autorizadas por ende estos desechos terminan siendo depositados en ríos, bosques y predios sin tener ningún control de los desechos generando un impacto ambiental catastrófico teniendo en cuenta a estas estas problemáticas muchos países han comenzado a generar proyectos encaminados al reciclaje donde se reduce, se reutiliza y reciclan los residuos, un ejemplo son los Bioblokart una investigación enfocada a la fabricación de una bloqueta con una dosificación óptima de agua, cartón y cemento la cual quedó en el segundo lugar en el Concurso Nacional de Inventiones de Indecopi en el año 2018 (Giampierre Huacholmilca Arizapana, 2018), en donde se evidencia la necesidad actual de que todo el proceso de manufactura que conlleva la producción de materiales de construcción deben de ser eco sustentable y el uso de ladrillos de arcilla tradicional la cual está en todas las edificaciones debe ser modificado, debido a que su producción genera grandes contaminaciones al ambiente producto de la emisión de gases tóxicos por las chimeneas, además es importante contemplar el peso donde un ladrillo macizo está en promedio de 3 kilogramo y uno perforado 1.7 kilogramos, este peso incrementa la carga muerta de las estructuras y los mampuestos realizados con celulosa vegetal son más livianos con un peso promedio de 30 % menor a los mampuestos tradicionales y que permite una disminución considerable de carga muerta en las estructuras.

Esta investigación hace una revisión documental con el fin de evidenciar que la reutilización y transformación de la celulosa vegetal como materia prima es una alternativa ingeniosa e innovadora para el cuidado del medio ambiente, como tecnología emergente en obras de construcción y un material que permite aliviar las cargas de las edificaciones. Es importante tener en cuenta que a nivel mundial se han registrados diferentes tragedias consecuencias de desplomes de edificaciones en donde el peso de los materiales es decir escombros acabaron con la vida de varias personas y complicaron las labores de rescate como el caso ocurrido el 24 de junio de 2021 en Estado Unidos en Miami donde se derrumbó el edificio Champlain Towers South Condominio de 12 pisos, dejando un

saldo de 98 muertos y 35 heridos, así mismo el terremoto de Kobe en 1995 que dejó 6.434 personas que perdieron la vida y miles de personas sin vivienda, en México el terremoto de Puebla en el 2017 se presentaron 371 fallecidos, 8200 heridos y pérdidas económicas superiores a 4000 millones de dólares y en Colombia el terremoto del eje cafetero en 1999 con un recuento de 1185 muertos y 660 viviendas afectadas estos son unos pocos ejemplos de los registros de edificaciones que ha colapsado por diferentes eventualidades y que han dejado pérdidas de vidas humanas, patrimoniales y culturales a nivel mundial.

El informe Global Risks Report 2022 (Informe Riesgos Globales) realiza una investigación detallada de los riesgos presentes a nivel mundial, las amenazas, el impacto y características, se presenta un estado de alerta donde se proyecta un incremento de pobreza extrema de 51 millones y el cambio climático. Estas cifras son alarmantes y más considerando se deben contemplar todos los efectos generados por la pandemia COVID-19 y las catástrofes naturales producto del cambio climático. Motivo por el cual se debe desarrollar investigaciones arquitectónicas e ingenieriles que puedan mitigar las problemáticas generadas por los eventos naturales, las catástrofes, falta de recursos, pobreza y problemas sociales. Es un compromiso de toda nación apoyarse en los

objetivos de desarrollo sostenible para velar por el desarrollo y progreso, para aportar al objetivo ciudades y comunidades sostenibles de deben generar tecnologías alternativas para que los procesos constructivos sean sostenibles, además que según lo proyectado el número de catástrofes por efectos de la naturaleza son inminentes, la población de pobreza extrema aumentara y se tiene incertidumbre sobre la cantidad de personas damnificadas por diferentes desastres.

2. Objetivo

El artículo esta basado en una investigación documental desde la revisión de la literatura con lineamientos de sistematización de las bases de datos con el fin de analizar la celulosa vegetal como un material alternativo para la construcción sustentable.

Se hace una descripción de este material y los diferentes elementos constructivos que se han desarrollado con él. Se analiza su impacto e importancia en el desarrollo, así como los efectos diversos y benéficos en las obras. Se propone la implementación de este material como alternativa innovadora para el uso en la industria de la construcción, la prevención de desastres y construcción de viviendas emergentes además se analizan las limitaciones y de manera crítica se proponen alternativas para optimizar el uso de este y se incentiva al lector para continuar con proyectos de investigación de materiales alternativos.

3. Metodología

La investigación se fundamenta en una revisión bibliográfica en bases de datos especializadas, donde se realiza una revisión de la literatura mediante un análisis crítico y objetivo para determinar la utilización de la celulosa vegetal como posible solución para la creación de materiales alternativos en la construcción. Se realiza una revisión de la literatura de las diferentes investigaciones que desarrollaron elementos de construcción a base de este material, con el fin de analizar el comportamiento en las obras, la metodología utilizada, los resultados y sus principales aportes.

Al realizar la revisión de la literatura especializada se hace una descripción de los diferentes elementos de construcción utilizado la celulosa vegetal como parte constitutiva, se describe el producto con las características, ventajas, desventajas, limitaciones y el análisis del producto. Se hace un análisis profundo para determinar líneas de investigación que surgen a partir de este producto y se examinan las características físico - mecánicas con el fin de que, este tipo de elementos se puedan incorporar al mercado generando un aporte a la construcción sostenible y amigable con el ambiente.

Teniendo en cuenta que la celulosa vegetal es un material utilizado en infinidad de productos y es considerado como desperdicio de: construcción, desecho de instituciones educativas, gubernamentales, industria e incluso hogares que generan un consumo per-capital a nivel mundial del papel y cartón superior a los 420 millones de toneladas métricas, lo cual hace que la utilización de este material una alternativa rentable, sostenible y puede generar un aporte significativo a los procesos constructivos tradicionales.

4. Implementación de la celulosa vegetal en la construcción.

Las construcciones primitivas generadas por el hombre brindaron refugio para proteger y garantizar la supervivencia. Desde la prehistoria hasta ahora, el desarrollo arquitectónico, avances e innovación en la construcción han sido vitales para el desarrollo de las civilizaciones y de la humanidad como tal, así como los materiales implementados en su construcción, el costo, tiempo, mano de obra, diseño, forma y resistencia. La construcción evoluciona constantemente buscando como función objetivo la eficiencia, la seguridad, la mitigación del impacto ambiental, los costos y el consumo energético. Teniendo en cuenta que los materiales de construcción más utilizados actualmente son la tierra con la cual se han generado viviendas de tapia y adobe además ser un componente para realizar los diseños de mezclas de concreto, la madera el cual es un material sostenible y ha permitido la construcción de edificaciones e incluso edificios, la piedra con lo cual se construyeron castillos y un sin número de estructuras en la antigüedad, la arcilla con la cual se generan los mampuestos tradicionales que son implementados en la mayoría de viviendas, el hormigón que es el material de construcción más utilizado en las estructuras y acero en la construcción de super estructuras.

Debido a que el avance y desarrollo de un país están ligados al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenibles (ODS) direccionados por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), todos los proyectos de investigación y los proyectos sociales deben estar encaminados al cumplimiento de estos, en este artículo se menciona la utilización de la celulosa vegetal para poder aportar a los objetivos de; energía asequible y no contaminante, industria, innovación e infraestructura – ciudades y comunidades sostenibles – producción y consumo responsables, a continuación se describen los productos realizados con celulosa vegetal.

Los mampuestos anteriores de papel y cartón (Enriquez, 2010) son una alternativa a la construcción que presenta como principal característica la baja conductibilidad térmica como propiedad que se puede aprovechar para la construcción de viviendas que estén ubicadas en climas de bajas temperaturas, adicional a ello en esta investigación se menciona el aumento de la resistencia del material mediante el jugo de xerófila *Opuntia bigelovii* (choya) el

cual presenta como valor agregado que sirve como repelente de insectos, los autores proponen dar continuidad a línea de investigación de aditivos para que se realice un estudio profundo de las xerófilas para la utilización de ellas en la construcción, además de la necesidad de aumentar de la resistencia de este material y hacer la validación del comportamiento frente a la variación de diferentes temperaturas. Mediante la celulosa vegetal se construyen muretes hechos a base de papel periódico reciclado y engrudo de almidón de yuca (José C. Charro y Golondrino, 2008) elemento que presenta una densidad menor a los muretes en arcilla con un aproximado del 15% inferior lo cual se traduce como menos carga a la estructura y presentan un comportamiento dúctil, el cual ayuda a aportar al desempeño sísmico de la estructura, pero como tal los muretes y muros en papel y cartón no cumplen las características de sismo resistencia o estructurales por lo cual se recomienda su uso como muros divisorios dada su baja capacidad de carga y deformación.

Los ladrillos de papel reciclado (Reyes-Naranjo, 2014) son elementos que tienen un comportamiento dúctil y propiedades termo acústicas que los hacen ideales para todo tipo de casa ecológicas y proyectos de vivienda de interés social, viviendas emergentes y arquitectura humanitaria debido a su bajo costo de producción, el cual es menor al mampuesto tradicional con un porcentaje superior a una cuarta parte más económico que las edificaciones construidas con mampuestos tradicionales (Morales, 2022), del valor en el mercado, este tipo de mampuesto ha sido utilizado para eco viviendas de interés social, además son elementos que no contiene procesos de contaminación ambiental, debido a que no se requiere cocción en el proceso de producción. El ladrillo en celulosa vegetal presenta una resistencia a la flexión (Rojas) pero se debe mejorar la resistencia a la compresión para que no se presenten deformaciones verticales y aplicar aditivos para aumentar la resistencia a la humedad y que pueda ser empleada en exteriores.

El mayor representante a nivel mundial de la implementación de esta materia de construcción es el arquitecto Shigeru Ban, el cual exalta la importancia de la construcción de viviendas mediante celulosa vegetal como una alternativa ecológica para la construcción de viviendas económicas y sostenibles, en el

año 2014 ganó el premio Pritzker por el diseño de una casa de cartón, es considerada como la casa que salvo el mundo (TRAVESÍAS, 2017) el premio lo gano por realizar un diseño innovador, el cual optimiza los recursos, cumple con la funcionalidad de la vivienda, requisitos de confort, su proceso constructivo es bastante rápido lo cual facilita su implementación en el caso de tragedias, además de que no requiere mano de obra especializada, su forma se mimetiza con el ambiente generando un impacto visual agradable y que ayuda al proceso de recuperación psicológica de los damnificados, presenta ahorro energético, son edificaciones sostenibles, se realiza a un mínimo costo y dio vivienda digna a las miles de personas que se dejó sin hogar el terremoto Hanshin-Awaji que ocurrió en Kobe en el año de 1995 y ha sido replicada en proyectos de emergencia en Turquía, Haití, Filipinas e India donde el manifiesta que el éxito de la implementación de estas edificaciones es el trabajo de la comunidad en la construcción de las mismas, para que el proceso sea exitoso se debe realizar labores de sensibilización y capacitación.

Estas viviendas son consideradas como un gesto humanitario debido a la cobertura que dio a los miles de personas que quedaron sin hogar y que vivían en condiciones deplorables. La edificación dieron resguardo exterior e interior a pesar de las réplicas sísmicas, esto es debido a que fue realizada en tubos de cartón con una altura de en los laterales de 2 metros y en su interior 2,4 metros, lo cual genera que la carga de la edificación fuera mínima y no existiera riesgo a los habitantes por colapso de la misma, el diseño simétrico hace que la configuración estructural responda de manera idónea frente al evento sísmico, se realizó con la idea de que fuera reciclable, de bajo costo y versátil.

Según los requerimientos de carga se realizaba la variación del diámetro del tubo para aumentar la resistencia estructural, el arquitecto utilizó el mismo diámetro en todas las edificaciones para que el proceso constructivo fuera económico e industrializado, se interlazan los elementos para dar protección exterior y generar en la edificación resistencia térmica y acústica. La implementación es realizada mediante canastas de cerveza que se llenaron de sacos de arena para dar estabilidad a la edificación, estos elementos son de fácil adquisición y se puede reincorporar fácilmente, la cubierta es consistente en una lona como la de la tienda de campaña que permite sellarse para mantener el calor en temporada fría y en verano permite circular el aire con el fin de mantener la edificación fresca mediante ventilación natural, además se organizan las ventanas de manera paralela con el objetivo de generar túneles de aire para generar ventilación natural.

La Iglesia de cartón en Christchurch diseñada por el arquitecto Shigeru Ban en Nueva Zelanda es una obra maestra de la ingeniería, la cual está proyectada a tener una vida útil de 10 años. Esta estructura se caracteriza por estar construida mediante tubos de cartón con revestimiento externo en polietileno, que la protege de las acciones climáticas, la humedad, el agua y el fuego (Porada, 2013). Está diseñada para albergar a más de 700 personas, se hace la salvedad que esta construcción es un prototipo experimental que exalta el potencial de la celulosa vegetal como elemento alternativo de construcción, pero su diseño es sencillo, bajo costo y rapidez en el ensamblaje.

La inmobiliaria de cartón en los juegos olímpicos de Tokio 2020 (Infobae, 18 de Julio de 2022) el mundo cambio súbitamente debido a la pandemia producto del SARS-CoV-2 COVID 19, que quito más de 6 millones de vidas a

nivel mundial, el Comité Olímpico Internacional (COI) tomo unas medidas preventivas en los juegos olímpicos para mitigar el número de contagios y preservar la vida de los deportistas. Las camas de cartón generaron controversia a nivel mundial debido a que podían soportar 200 kilos, pero fueron llamadas las camas antisexo ya que su propósito principal era funcionar como una cama tradicional brindando el confort, evitar el posible contagio del COVID 19 con otras personas y ser reutilizadas como materia prima. Se debe tener en cuenta que se presentaran más pandemias y la utilización de camas es indispensable para el cuidado de los enfermos, pero estas son reasignadas y pueden transformarse en focos de contagio que por el contrario ayuden al tratamiento de la problemática es por ello que se debe contemplar cómo tecnología alternativa este tipo de inmovilización.

5. Discusión y conclusiones

La celulosa vegetal como material alternativo en los productos de construcción ha demostrado ser un material con múltiples ventajas y características bastante atractivas como su bajo costo y mínimo impacto ambiental (Abderrahim Benallel, 2021), su implementación para proyectos de desarrollo social, en caso de emergencias como proyecta el informe de riesgos globales 2022, donde se proyectan catástrofes naturales como por ejemplo los sismo, inundaciones, movimientos de masas y además problemáticas económicas la cual dejara millones de personas en extrema pobreza, además del gran número de personas de escasos recursos que no cuentan con viviendas dignas como es común en todos los países subdesarrollados.

Este material es innovador debido a su bajo costo, versatilidad, baja densidad, posibilidad reutilización, propiedades termo acústicas, ductilidad, maleabilidad y bajo impacto ambiental (Marco Imperadori, 2014). El cual se desarrolla de manera experimental en la construcción debido que a pesar de sus grandes virtudes presenta características que limitan su uso, motivo por el cual se deben desarrollar diferentes investigaciones con el fin de optimizar su implementación en obra y desarrollar diferentes líneas de investigación para garantizar su implementación como elemento estructural y edificaciones sismo resistentes.

El arquitecto Shigeru Ban ha dejado su nombre en la historia debido al trabajo realizado con los tubos de cartón reciclado, por medio de este elemento ha diseñado edificaciones para damnificados y estructuras emblemáticas. Para poder realizar las estructuras en este material los diseños son edificaciones de una sola planta y las formas son sencillas de gran funcionalidad, se deben realizar estudios donde se lleve al límite la resistencia y analizar la posibilidad de crear estructuras de varios pisos debido a que en varias regiones no cuentan con el espacio suficiente para brindar una reconfiguración en planta.

La optimización de diseño arquitectónico o de forma en las edificaciones construidas con celulosa vegetal es una línea que surge para mejorar el confort, la calidad de vida, el manejo de espacios, la diversidad de ambientes y generar proyectos urbanísticos a gran escala que permitan dar vivienda de interés prioritario a comunidades marginales como las que se ubican en los bordes urbanos productos de la crisis económica, conflicto armado, desempleo, crisis migratoria, desastres natural, pobreza absoluta, adicional a ello se debe realizar una sensibilización a nivel mundial para que las personas vean los productos de celulosa vegetal como un medio de construcción para gente pobre, sino que por el contrario se genere la conciencia ambiental de su uso y la transformación de este tipo de viviendas como edificaciones productivas, amigables con el ambiente y de fácil replica, debido a que este tipo de construcciones no requieren de profesionales calificados pero si el trabajo conjunto de la comunidad.

Las características físico-mecánicas de los elementos de celulosa vegetal presenta ventajas y desventajas para la construcción, debido a su composición son altamente resistentes a la flexión, pero su resistencia a la compresión presenta falencias por ello que los mampuestos requieren aditivos para aumentar la resistencia a la compresión, a las condiciones climáticas, ser ignífugos y mantenerse estables en el tiempo. Este tipo de aditivos van desde xerófilas, harina cocida, almidón de yuca, poli acetato de vinil, cemento y polietileno. Al realizar la revisión de la literatura cada autor aplica diferentes productos para aumentar las características, pero no se encuentra un análisis calidad precio de cada uno de ellos, así como la generación de nuevos aditivos que optimicen las características de los elementos a base de celulosa vegetal y que los mampuestos puedan cumplir con las características técnicas de sismo resistencia y estructurales requeridas en las diferentes normativas a nivel mundial.

Al continuar con la optimización de forma se debe tener en cuenta el valor de la pega para mampuestos en una obra se puede suprimir mediante la utilización de forma en el encofrado del mampuesto, es decir realizar mampuestos autoensamblantes conocidos en el mercado como mampuestos tipo lego (Malaguti, 2021) los cuales son fáciles de entrelazar y permiten construir de manera rápida las edificaciones (Cheng Zhou, 2020). Las estructuras realizadas que han dado mejor resultado son las que han empleado tubos de cartón para su construcción y han sido realizados por Arquitectos, en la literatura no se encontró un diseño que fuese generado por un modelo matemático

o de inteligencia artificial como las heurísticas que optimizar el proceso, tanto en resistencia, peso y economía con el fin de determinar cuál sería la forma ideal para soportar el mayor número de carga es decir el máximo número de pisos que se pudiera soportar para la generación de edificios residenciales o como aprovechar las

características termo acústicas del material para la construcción de un auditorio mediante este material. No se han realizado postes de luz mediante la celulosa vegetal a pesar de que este elemento con el tratamiento adecuado puede soportar temperaturas superiores a los 1000°C y su costo en comparación al concreto es mucho menor; además no se tienen un valor específico o puntual de dosificación de celulosa vegetal en la realización de concretos, se manejan rangos para el diseño de mezclas y como se debe preparar el material.

Las investigaciones de materiales alternativos para la construcción se hacen un requerimiento primordial para el desarrollo sustentable de todo el planeta, debido a que la construcción es un proceso irremplazable en el desarrollo de cualquier país y debido al incremento poblacional es un proceso que se desarrolla de manera continua y sistemática la cual actualmente genera de manera inevitable un gran impacto ambiental además que las catástrofes producto de sismos, inundaciones, movimientos en masas, tornados y demás fuerzas de la naturaleza impactan de manera súbita y dejan miles de damnificados que en la mayoría de los casos los gobiernos no cuentan con los recursos para atender estas tragedias de manera oportuna y brindar viviendas dignas a los sobrevivientes. Se debe incorporar en la arquitectura humana un diseño amigable que brinde apoyo al daño psicológico producto de los traumas de los damnificados, este apoyo por lo general no es tenido en cuenta y al brindarles una vivienda temporal como una carpa hace que aumente la depresión en la persona y este pueda atender contra su integridad física y emocional, se debe tener en cuenta el manejo del ambiente y los espacios.

Se debe tener en cuenta que la implementación de la celulosa vegetal en los productos de construcción es un elemento que no genera contaminación, es reutilizable, es un material renovable, se puede producir de manera industrial a un bajo costo, se construyen edificaciones en un día y puede apoyar a la generación de viviendas de interés prioritario, motivo por el cual se incentiva a los investigadores a implementar este material en sus proyectos para dar un aporte valioso a los objetivos de desarrollo sostenible en cualquier lugar del mundo.

6. Agradecimientos

El presente texto nace en el marco de un proyecto Ecodiseño de un ladrillo tipo lego, orientado a viviendas de tipo urbano y/o rural, con bajas condiciones de habitabilidad en el Municipio de Girardot el cual tiene como objetivo realizar un prototipo de ladrillo tipo lego eco sustentable para las comunidades vulnerables con el fin mejorar las condiciones de habitabilidad.

Es un proyecto de la dirección general de investigación I+D+i de la corporación Universitaria Minuto de Dios que tiene como fin el compromiso social de utilizar la investigación y la proyección social como herramienta para aportar al desarrollo regional y estar comprometido con la comunidad.

El deseo de este artículo es generar en los investigadores una guía para continuar con el desarrollo de productos eco sustentables que mitiguen el impacto producido por los procesos de construcción y generen tecnologías alternativas para la generación de viviendas que puedan ser asequibles a las personas de escasos recursos, así como la generación de proyectos de vivienda prioritaria.

Referencias

- Agencia, A. P. (2020, enero 9). Tokio 2020: La villa olímpica tendrá camas hechas de cartón. *El Comercio Perú*. <https://elcomercio.pe/casa-y-mas/ideas-y-diseno/tokio-2020-la-villa-olimpica-tendra-camas-hechas-de-carton-noticia/>
- anónimo. (2021, julio 18). Camas de cartón, robots como público y una inédita entrega de medallas: las curiosidades de los Juegos Olímpicos de Tokio en la era del COVID-19. *infobae*. <https://www.infobae.com/america/deportes/2021/07/18/camas-de-carton-robots-como-publico-y-una-inedita-entrega-de-medallas-las-curiosidades-de-los-juegos-olimpicos-de-tokio-en-la-era-del-covid-19/>
- Asdrubali, F., D'Alessandro, F., & Schiavoni, S. (2015). A review of unconventional sustainable building insulation materials. *Sustainable materials and technologies*, 4, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2015.05.002>
- Benallel, A., Tilioua, A., Ettakni, M., Ouakarrouch, M., Garoum, M., & Ahmed Alaoui Hamdi, M. (2021). Design and thermophysical characterization of new thermal insulation panels based on cardboard waste and vegetable fibers. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 48(101639), 101639. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101639>
- Benallel, A., Tilioua, A., Mellaiikhafi, A., Babaoui, A., & Hamdi, M. A. A. (2021). Thermal characterization of insulating materials based on date palm particles and cardboard waste for use in thermal insulation building. *AMT2020: THE 6TH INTERNATIONAL CONGRESS ON THERMAL SCIENCES*.
- Boonterm, M., Sunyadeth, S., Dedpakdee, S., Athichalinthorn, P., Patcharaporn, S., Mungkung, R., & Techapiesancharoenkij, R. (2016). Characterization and comparison of cellulose fiber extraction from rice straw by chemical treatment and thermal steam explosion. *Journal of Cleaner Production*, 134, 592–599. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.084>
- Cervantes García, L. A., Valdez del Río, E., & González Enriquez, B. (2010). Una construcción elaborada con muros de papel y cartón comprimidos más otros residuos valorables. *Acta universitaria*, 20(2), 31–39. <https://doi.org/10.15174/au.2010.78>
- Desecho contaminante del papel se convierte en casas. (s/f). *Portal folio.co*. Recuperado el 24 de julio de 2022, de <https://www.portafolio.co/negocios/empresas/desecho-contaminante-papel-convierte-casas-114294>
- Imperadori, M., Salvalai, G., & Pusceddu, C. (2014). Air shelter house technology and its application to shelter units: The case of scaffold house and cardboard shelter installations. *Procedia economics and finance*, 18, 552–559. [https://doi.org/10.1016/s2212-5671\(14\)00975-7](https://doi.org/10.1016/s2212-5671(14)00975-7)
- Kollsker, T., & Malaguti, E. (2021). Models and algorithms for optimising two-dimensional LEGO constructions. *European Journal of Operational Research*, 289(1), 270–284. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.07.004>
- Nubia, R., & Vargas, A. (s/f). *ECOBRIK LADRILLO ECOLÓGICO A BASE DE PAPEL RECICLADO PARA MUROS DIVISORIOS ANDRY JULIETH VALERO LOZANO*. *edu.co*. Recuperado el 24 de julio de 2022, de <https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11362/4039/20151014%20Monografia%20Ecobrick%20Corregida%20Final.pdf?sequence=1&allowed=y>
- Pickering, K. L., Efendy, M. G. A., & Lee, T. M. (2016). A review of recent developments in natural fibre composites and their mechanical performance. *Composites. Part A, Applied Science and Manufacturing*, 83, 98–112. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2015.08.038>
- Porada, B. (2013, marzo 18). Catedral de Cartón de Shigeru Ban se construye en Nueva Zelanda. *ArchDaily Colombia*. <https://www.archdaily.co/02-244321/catedral-de-carton-de-shigeru-ban-se-construye-en-nueva-zelanda>
- Prieto Jiménez, S., & Universidad de Cuenca. (2014). Prefabricated panel of lightweight concrete, based on newsprint and cardboard (recycled, destined for social housing. *ESTOA*, 003(005), 51–61. <https://doi.org/10.18537/est.003.no.05.06>
- Reyes-Naranjo, D. F., & Corrales Merchán, Y. A. (2014). Estado del arte de la construcción con material reciclable. *Facultad de Ingeniería*.
- Ricciardi, P., Torreggiani, F., Benvenuti, E., Lascaro, E., & Buratti, C. (2017). Environmental characterisation of coffee chaff, a new recycled material for building applications. *Construction and building materials*, 147, 185–193. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.04.114>
- Rojas, C., & Sebastián, J. (2019). Ladrillo de cartón - una alternativa de mampostería. *Universidad Católica de Cuenca, Carrera de Arquitectura*.
- Rojas, H. E. (2020, noviembre 8). Inventó ladrillos de cartón para poder terminar su casa y ahora los usan en edificios públicos. *Clarín*. https://www.clarin.com/zonales/invento-ladrillos-carton-casa-ahora-usaran-terminar-hospital_0_31W4Fwty5.html
- Rosas Flores, J., & Rosas-Flores, D. (2020). Potential energy savings and mitigation of emissions by insulation for residential buildings in Mexico. *Energy and Buildings*, 209(109698), 109698. <https://doi.org/10.1016/j.enb.2019.109698>

- Shigeru Ban y la casa de cartón que salvó al mundo. (2014, septiembre 13). Revista Travesías | Inspiración Para Viajeros. <https://www.travesiasdigital.com/destinos/shigeru-ban-y-la-casa-de-carton-que-salvo-al-mundo/>
- Zhou, C., Tang, B., Ding, L., Sekula, P., Zhou, Y., & Zhang, Z. (2020). Design and automated assembly of Planetary LEGO Brick for lunar in-situ construction. *Automation in Construction*, 118(103282), 1-3282. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103282>

RETRACTED ARTICLE