

Estrategias y procesos experimentales para la enseñanza y aprendizaje en el diseño con materiales alternativos en la arquitectura.

Jaime Jesús Ríos Calleja

Alejandra García Sánchez

Eduardo Carranza Luna

José Luis Morales Hernández

Resumen

Los procesos cognitivos y metodologías de enseñanza relacionadas a la arquitectura y disciplinas afines frecuentemente encuentran obstáculos al enfrentarse a la utilización, comprensión, aplicación y desarrollo de materiales y tecnologías alternativas, que conllevan innovación y estrategias diferentes a las convencionales. Bajo este marco, el currículo de los programas educativos tiene que actualizarse constante y continuamente y adecuar estrategias de enseñanza que permitan la comprensión de diversos obstáculos y retos para lograr incorporar exitosamente dichos materiales y tecnologías alternativas al producto arquitectónico congruente con el aspecto funcional, social, ambiental y comercial. Dichas estrategias van desde seminarios prácticos experimentales, procesos de conceptualización y desarrollo, hasta la investigación y realización de pruebas bajo métodos científicos que deriven en lograr incorporar las tecnologías y materiales alternativos al quehacer arquitectónico. El siguiente artículo expone casos de estudio que involucraron modelos de enseñanza a través del desarrollo de diversos objetos y elementos arquitectónicos aplicados dentro del plan de estudios de la licenciatura de arquitectura de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) dentro de diversos programas educativos y proyectos de investigación del mapa curricular, y se reflexiona sobre los

métodos y estrategias y nuevos enfoques de enseñanza derivados de los resultados obtenidos.

Palabras clave: Materiales alternativos, enfoques de enseñanzas, objetos, mobiliarios

El presente artículo aborda el tema de las definiciones sobre los materiales alternativos y su complejidad dentro de la disciplina de la arquitectura, expone la intrínseca relación entre los materiales y las herramientas asociadas, y aborda la discusión sobre la necesidad de establecer estrategias para el desarrollo de las técnicas constructivas derivadas de estas alternativas y el reto que esto implica en las estrategias de la enseñanza en la formación de nuevos arquitectos. Ilustra a través de casos de estudio y ejemplos desarrollados en el currículo y proyectos asociados a la investigación y docencia dentro de la facultad de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) como procesos experimentales de éxito en el programa de taller de diseño con materiales alternativos como créditos complementarios al plan de estudios de la facultad de arquitectura de la BUAP.

Definición de los materiales alternativos para la arquitectura

Los materiales alternativos en las disciplinas relacionadas al rubro de la construcción deben ser definidos y categorizados para su mejor

comprensión, esto en sí, implica una problemática en el que hacer y en la enseñanza de la arquitectura, puesto que no es muy clara la definición de materiales alternativos, por ende, puede ser confusa y ambigua su aplicación y utilización. Por ejemplo, la Real Academia Española (RAE) define la palabra "material" o "materiales" como: "1) adj. Perteneciente o relativo a la materia." y la palabra "alternativo" como: "1) adj. Que se dice, hace o sucede con alternación 2) Capaz de alternar con función igual o semejante 3) adj. En actividades de cualquier género, especialmente culturales, que difiere de los modelos oficiales comúnmente aceptados. Ejemplo: cine alternativo. medicina alternativa. 4) f. Opción entre dos o más cosas. 5) f. Cada una de las cosas entre las cuales se opta¹. Es decir, los materiales alternativos se podrían interpretar como todo aquello perteneciente o relativo a la materia que se dice, hace o sucede con alternación, que en el ámbito de la arquitectura debería ser acotada con mayor precisión.

Ahora bien, los materiales alternativos dentro de la arquitectura generalmente han sido definidos o aceptados de forma empírica e intuitiva, En la actualidad están mayormente relacionados a materiales renovables y de bajo costo ambiental como alternativa a materiales convencionales no renovables que puedan tener un alto impacto en su proceso de cuna a cuna y en la forma en la que se debe repensar los procesos y

su vida útil², en su ciclo de vida³ o a su energía encapsulada⁴.

Quizás por ello, mas no exclusivamente, los materiales alternativos en la actualidad y en el syllabus de los programas en la arquitectura estén relacionados a materiales naturales, en donde resurge la problemática de definiciones, ¿Que es un material natural? Si bien la estricta definición desde la RAE es igualmente ambigua y amplia, por ejemplo, la palabra "natural" se define como: "1) adj. Perteneciente o relativo a la naturaleza o conforme a la cualidad o propiedad de las cosas.; 2) adj. Nativo de un lugar.; 3) adj. Dicho de una cosa: Que está tal como se halla en la naturaleza, o que no tiene mezcla o elaboración. Por ejemplo: Madera o zumo natural."

Al ser un material definido de esta forma: "como algo perteneciente a la materia, y perteneciente o relativo a la naturaleza" podríamos decir que el poliuretano expansivo es un material natural, y que puede tratarse de una alternativa "opción entre dos o más cosas" validos en la aplicación en la obra arquitectónica.

En realidad, las definiciones pueden ser tan amplias que la interpretación se presta a un extenso espectro de posibilidades, por ello es importante tratar de relacionar definiciones propias de la disciplina, sin embargo, no tampoco son siempre contundentes, claras y universales.

Por ejemplo, según Christopher Day⁵, se debe relacionar a preguntas más intuitivas; "La primera pregunta es; "¿Alguien ha vivido ahí, ya sean animales o humanos? ¿cómo se siente?, ¿cómo huele?, ¿a qué sabe? Si alguna vez han estado en contacto con madera tratada o impregnada con químicos sabrán la diferencia. Este tipo de sensibilidad

intuitiva es fácil de desarrollar."

Por otro lado, se tiene la definición de Lloyd Kahn⁶. "A principios de los 70's después de construir varios domos geodésicos y experimentar con materiales plásticos." Llegue a la conclusión de que lo menos molecularmente modificado lo mejor era trabajar con ello. La palabra clave es "sentir" La madera, la paja, la tierra, la piedra, el bambú, estos materiales se sienten bien."

Según tanto Evans⁷, el proceso es la clave. "Los materiales naturales se pueden definir como materiales, aunque procesados que tienen la capacidad de retener su esencia. En el corazón de la casa natural están los materiales naturales, aquellos que no están procesados industrialmente."

Finalmente, según Tom Wolley⁸, "El hecho de que tan pocos edificios modernos se pueden considerar como naturales nos habla de la forma tan in-sostenible de desarrollo y de arquitectura tenemos hoy día."

Así bien, pese a seguir citando las diversas definiciones de materiales naturales (como alternativa) a materiales convencionales dentro de la disciplina de la arquitectura, se puede resaltar que, un material natural como alternativa a los materiales convencionales están englobados en materiales que o bien son nulos o mínimos en su proceso y modificación, tanto como que sean lo menos o poco nocivos para la salud del usuario y el impacto que generen al medio ambiente. No obstante, este acotamiento deja fuera a una gama de material altos en su toxicidad e impacto ambiental pero óptimos para la aplicación de elementos constructivos como podrían ser todos ellos considerados residuales, reutilizables o reciclables⁹. Por ejemplo: las llantas, las botellas de PET, materiales compuestos

o "compositos" como el tetrapack o el alucobond, agregados reciclados de demoliciones¹⁰, o como sustitutos de grabas o arenas, o reutilización de maderas y agregados para elaboración de paneles o composición de elementos constructivos a base de tarimas de embalaje¹¹.

Luego entonces, se tendría de catalogar los materiales alternativos en materiales no convencionales; los cuales pueden ser materiales naturales, en donde entrarían una gama de materiales vernáculos tales como maderas, fibras, pastos, lianas, tierras, arenas, piedras, arcillas, plantas, aglutinantes, etcétera, y otros considerados alternativos tales como residuales, reciclables o reutilizables por su de materiales de alta tecnología, compuestos o compositos, así como por su aplicación y extensión de vida en obra. Sin embargo, en todos ellos, por no ser considerados convencionales y quedar fuera de la metodología tradicional de enseñanza, implican un adiestramiento en el diseñador y el trabajador relacionados a su forma y aplicación, lo cual lleva a el desarrollo de tecnologías alternativas y a retos en su enseñanza en la disciplina.

Materiales y tecnologías alternativas

Todo material de construcción tiene como forma de aplicar una técnica y, por ende, utensilios, herramientas básicas o complejas e inclusive maquinarias simples o sofisticada, es decir una tecnología relacionada al material. Quizás desde la forma mas arcaica tenemos la aplicación de la piedra como herramienta, por lo que se ha definido a una etapa del desarrollo humano a la era de piedra. Curiosamente, esta era esta nombrada por su tecnología de piedra y no por el material de los innumerables utensilios logrados para la evolución de homo sapiens, así pues desde el punto

de vista del material aplicado quizás se debería llamar la era de madera, puesto que la mayoría de los objetos y utensilios logrados y de uso cotidiano debieron ser de maderas u otras fibras blandas y perecederas¹², no obstante que fue el desarrollo de la tecnología lítica no solo la que permitió dicho progreso, sino que también fueron los objetos que perduraron en el tiempo y por lo cuales se tiene evidencia registro, dando así nombre a la era que le define como era de piedra relacionada a la tecnología y no al material de sus artefactos creados.

Entonces se puede afirmar que cada material de construcción esta relacionado a un avance tecnológico y a una serie de herramientas y de técnicas constructivas, por lo que los ladrillos recocidos se aglutinan con mortero a base de cementantes y arena, y para ello la pala, la artesa y la cuchara son indispensables; o el tabique de abobe con mezcla de aglutinantes arcillosos o barrocos, la madera se corta, y ensambla tanto como se perfora y atornilla y se puede unir con materiales distintos como metales o fibras para sus uniones conectores o amarres, el acero entonces

se puede soldar, rolar doblar, perforar y también atornillar.

Cuando se tiene un material alternativo y no convencional se tienen pues retos sobre su uso y tecnología, en ocasiones se debe diseñar las distintas soluciones para su aplicación y utilización como material de construcción o elemento arquitectónico. Por ejemplo, si se trabaja con llantas para un muro de contención hay que definir como es que será más efectivo su aplicación. ¿Se pegan, amarran, clavan, atornillan o estacan? y de ser así, ¿con qué y cómo? (ver figura 1)

La realidad es que quizás se haya experimentado todas de estas y otras posibles soluciones, no obstante, el desarrollo pragmático que las artes constructivas implican a base de prueba y error va trazando el camino sobre la mejor solución para cada material alternativo, situación o caso constructivo. Entonces, se tiene que pasar por un proceso inicialmente intuitivo y pragmático y después corroborar y someter a un método científico para la comprobación y evaluación de su efectividad, así como

para el perfeccionamiento de la técnica. Esto implica que el desarrollo de dicha tecnología sea lo mas multidisciplinaria posible. Para ejemplificar esto de mejor manera es importante escrudiñar en algunos casos de estudio.

Casos de Estudio

La construcción con pacas de paja

La construcción con pacas o embalaje de paja y otros desperdicios de forrajes vegetales ofrecen un ejemplo muy claro sobre el desarrollo de una tecnología partiendo de un material. Como tal, el material "paja" "zacate" "pasto" u otras fibras han sido aplicadas a lo largo y ancho del planeta y desde el principio del desarrollo humano por la mayoría de las culturas¹³, mayormente en cubiertas y envolventes vegetales en lo concerniente a la arquitectura, e inclusive por muchas especies animales para procurar sus construcciones como pueden ser aves, roedores, e insectos. Así, un ave teje finamente con diversas fibras, varas y ramas el nido con el cual va a ofrecer resguardo a un grupo de miembros y nuevos críos. Una avispa procesa y mastica las fibras para obtener una mezcla optima para modelar su panal. Los humanos por su parte desarrollaron una serie de tejidos para dar forma a diversas arquitecturas que van desde los tejidos de cubiertas en Japón, Inglaterra o noruega, o los bohíos, o palapas, tropicales, e inclusive los Inuit del ártico o Eskimos utilizaron formas de tejidos vegetales distintos a la aplicación de arquitectura con bloques de hielo.

Sin embargo, no fue hasta que con la revolución industrial se tuvo el desarrollo tecnológico de una maquinaria que permitiera empaquetar dichas fibras vegetales, es decir empaquetar o lograr "la paca o embalaje". Una vez sucedido esto no pasó mucho tiempo para que grupos humanos empezaran

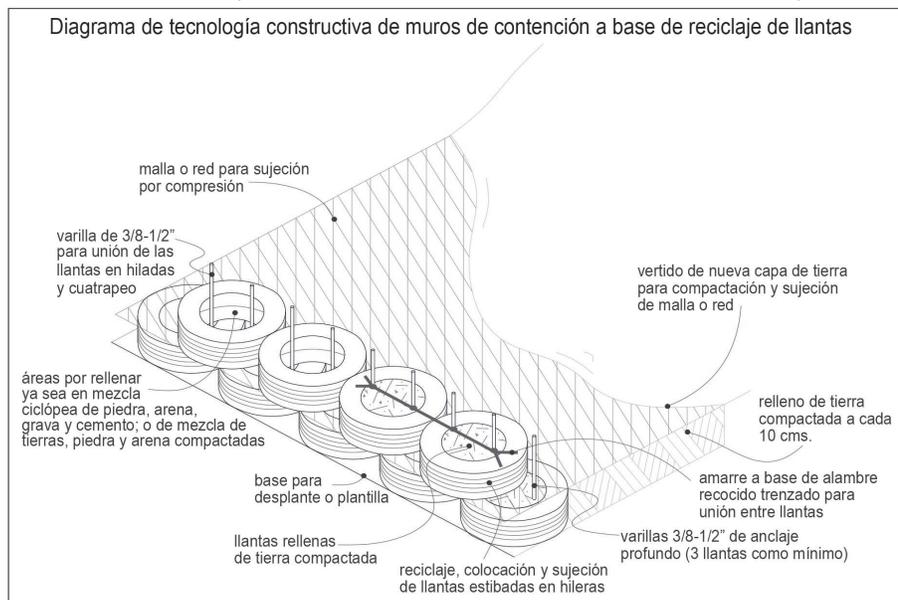


Figura 1. Diagrama de la técnica constructiva para el caso de una elaboración de muro de contención utilizando llantas como material alternativo reciclado, así como la implementación de reciclado de redes, por ejemplo, redes atuneras o pesqueras. Ilustración hecha por Jaime J. Rios Calleja.



Figura 2. Taller de bioconstrucción en San Andrés Cholula Puebla, abril 2019, el muro está adosado a una estructura de postes reciclados y reutiliza elementos de madera para lograr espacios de almacenamiento. Foto Jaime J. Ríos Calleja.

a experimentar la construcción de edificaciones con semejantes bloques, (ver figura 2), siendo los primeros registros fotográficos o documentados que se tienen a finales del siglo 19 en Nebraska, Estados Unidos¹⁴.

Consecutivamente, 80 años después, a finales de la década de los 1980's vino un interés de muchas personas, entre ellos usuarios, constructores, así como escépticos, que lograron desarrollar la tecnología necesaria para construir con pacas de paja. Para ello hubo que someter a pruebas de resistencia el material, o su resistencia al fuego, a plagas, a la humedad y sucesivamente, se tuvieron todos los estudios necesarios para poder desarrollar manuales constructivos y especificaciones técnicas de la tecnología-material en cuestión¹⁵. Si bien, primero fue la forma intuitiva y de sentido común, el proceso continuó con la aplicación de modelos más rigurosos y métodos científicos para su óptimo desarrollo, y en efecto debe y seguramente se seguirá innovando en pro de su evolución y perfeccionamiento de la o las técnicas de construcción con embalajes vegetales.

El bambú como material de construcción.

El bambú ofrece también otro gran ejemplo de dicha evolución, ya que el bambú y su aplicación como material de construcción, estructuras y elementos arquitectónicos tiene antecedentes milenarios, como se podrían encontrar en arquitecturas vernáculas de Asia y América¹⁶. Sin embargo, y no obstante a su longeva tradición el material está en continuo sometimiento a formas y aplicaciones innovadoras para su uso y aplicación¹⁷. Por ejemplo, estructuras de bambú tradicionalmente se puede amarrar, unir con pernos de mismo bambú, sogas, o pernos metálicos. La manera en que el bambú se une evoluciona continuamente, y, puede estas nuevas formas de sistemas

conectores mejorar su vida y garantía ante ciertos efectos perjudiciales como pueden ser los movimientos y desplazamientos de estructuras ya sea por viento o sismo.

A través de ciertos talleres y prácticas dentro de las actividades curriculares y extracurriculares académicas se lograron las uniones con la utilización de perfiles PTR para minimizar el esfuerzo cortante longitudinal el cual es la mayor debilidad en la utilización de postes o travesaños de bambú. Dichos sistemas de conexiones diseñados inicialmente por el ingeniero José Eduardo Torres Rojas, fueron evolucionadas en alargar y doblar sus pestañas de sujeción por el arquitecto Jaime Jesús Ríos Calleja (ver figura 3a). y utilizados en forma híbrida con otros materiales reciclados diseñados a forma de módulos de paneles térmicos elaborados con tarimas de confinamiento rellenos de material residual mixto vegetal/tierra/pet (ver figura 3b).

Y finalmente recubiertos para hacer un prototipo de vivienda emergente para damnificados en los sismos de septiembre 2017 en Buenavista de Juárez, Chietla Puebla a través de la iniciativa OCH8.2-BUAP (ver figura 4), con la colaboración de brigadas de



Figura 3a y 3b. Uniones de bambú a base de perfiles cuadrados PTR para la mejor resistencia a esfuerzos cortantes longitudinales, imagen tomada durante la construcción de vivienda emergente Iniciativa OCH8.2-BUAP, foto tomada por Jaime Ríos Calleja.



Figura 4. Prototipo de vivienda a base de estructura de bambú y paneles de tarimas de confinamiento rellenas de material residual recubiertas elaboradas por la Iniciativa OCH8.2-BUAP, foto tomada por Jaime Rios Calleja.

estudiantes de diversos programas y facultades, entre ellos el de taller de diseño con material alternativos ofertado por la facultad de arquitectura e impartido por el docente Jaime Jesús Rios Calleja.

Paradigmas de la enseñanza

Así bien, es importante incluir en el currículo de los programas de arquitectura a la utilización de materiales alternativos y sus respectivas tecnologías en evolución y desarrollo, y constantemente renovar y actualizar los programas de las materias que ofrecen al alumno y futuro profesional de la construcción la utilización, aplicación, entendimiento, y en la cúspide de todo ello el trabajo de diseño con materiales alternativos de construcción.

Para ello el programa debe estar diseñado basado en las lecciones históricas, en el proceso intuitivo de construcción, en la habilidad de encontrar soluciones constructivas y materiales aliados a dichas propuestas



Figura 5. Estructura hecha por alumnos de la BUAP y niños en curso de verano del a secretaria de desarrollo urbano Puebla 2019 elaborada a base de bambú con muros de pajareque, y tejido de tejamanil moderno reutilizando residuos de sobrantes de piezas de paneles de alucobond por corte laser, foto tomada por Jaime Rios Calleja.

de manera pragmática y ser sometidos de forma científica y metodológica en un proceso de análisis y experimentación guiada como pueden ser pruebas físicas o químicas o simplemente siguiendo el modelo de meta-diseño¹⁸.

Desde esta premisa la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) cuenta con la materia de "Diseño con Materiales Alternativos de Construcción" de tipo optativa para fortalecer las aptitudes en el alumnado de arquitectura. En esta asignatura se ven varios ejercicios constructivos arquitectónicos en donde se pone a prueba el uso de tecnología simple como sofisticada. (ver figura 5)

Conclusión

Es importante tomar en cuenta las necesidades imperantes en el desarrollo y la relación que tiene la arquitectura y la construcción como medio y mecanismo que puede ofrecer dichas soluciones, sin embargo, es imperante tomar en cuenta con mayor fuerza y

volumen aquellas estrategias y procesos experimentales didácticos en los planteles de enseñanza de la profesión de la arquitectura y disciplinas afines para poder capacitar de manera óptima a los futuros practicantes y que tengan en su acervo las alternativas no solo de materiales o tecnológicas sino de diseño y de pensamiento para lograr proyectos innovadores trascendentes y de valor y ejemplo para la arquitectura de bajo impacto ambiental con miras de preservar el medio ambiente en el presente y para futuras generaciones.

Agradecimientos

A los colegas que imparten y comparten la pasión por la innovación y los retos sobre la utilización y la enseñanza sobre materiales alternativos en la formación de arquitectos. La presente investigación es derivada de los resultados del proyecto proyecto de investigación PRODEP titulado "Evaluación de las Propiedades Técnicas de los Materiales Naturales para la Construcción de Vivienda de Bajo

Impacto Ambiental en el Estado de Puebla con folio BUAP-PTC-481, No. de convenio DSA/103.5/16/10420.

Notas al final

1 Real Academia Española
2 McDonough, W.; & Braungart, M. (2010). *Cradle to cradle: Remaking the way we make things*: North point press.
3 Crawford, R. (2011). *Life cycle assessment in the built environment*: Routledge.
4 Cetiner, I. & Shea, A. D. (2018). Wood Waste as an Alternative Thermal Insulation for Buildings. *En Energy and Buildings*, 168, 374-384.
5 Day, C. (2017). *Places of the soul: Architecture and environmental design as a healing art*: Routledge. p. 60
6 Kahn, L. (2004). *Home work: handbuilt shelter*: Shelter Publications.
7 Evans, I. et al. (2002). *The hand-sculpted house: a philosophical and practical guide to building a cob cottage*: Chelsea Green Publishing. P. 14
8 Woolley, T. et al. (2002). *Green building Handbook: Volume 1: A guide to building products and their impact on the environment*: Routledge.
9 Dissanayake, D. et al. (2017). A Comparative Embodied Energy Analysis of a House with Recycled Expanded Polystyrene (EPS) Based Foam Concrete Wall Panels. *En Energy and Buildings*, 135, 85-94.
10 Jeanjean, A. et al. (2013). Selection Criteria of Thermal Mass Materials for Low-

Energy Building Construction Applied to Conventional and Alternative Materials. *en Energy and Buildings*, 63, 36-48.
11 Jimenez, J. et al. (2012). Use of Mixed Recycled Aggregates with a Low Embodied Energy from Non-Selected CDW in Unpaved Rural Roads. *En Construction and Building Materials*, 34, 34.
12 Ricciardi, P. et al. (2014). Innovative Panels with Recycled Materials: Thermal and Acoustic Performance and Life Cycle Assessment. *En Applied Energy*, 134, 150-162.
13 Wijayasundara, M. et al. (2017). Comparative Assessment of Embodied Energy of Recycled Aggregate Concrete. *En Journal of Cleaner Production*, 152, 406-419.
14 George, T. et al. (2013). Mechanical Response of Carbon Fiber Composite Sandwich Panels With Pyramidal Truss Cores. *En Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 47, 31-40.
15 Kim, S. et al. (2009). Application of Recycled Paper Sludge and Biomass Materials in Manufacture of Green Composite Pallet. *En Resources, Conservation and Recycling*, 53(12), 674-679.
16 Harari, Y. N. (2014). *Sapiens: A brief history of humankind*: Random House.
17 Tabarev, A. V.; & Kanomata, Y. (2015). "Tropical Package": Peculiarities of the Lithic Industries of the Most Ancient Cultures, Coastal Ecuador, Pacific Basin. *En Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia*, 43(3), 64-76.
18 Farrar, T. (2008). Architecture in Africa, with Special Reference to Indigenous Akan Building Construction. *En Encyclopaedia of the History of Science, Technology, and Medicine in Non-Western Cultures*: editor: Helaine Selin. Springer Dordrecht, Second edition (pp. 199-203).
19 Halperin, C. T. (2008). Classic Maya Textile Production: Insights from Motul de San José, Peten, Guatemala. *En Ancient Mesoamerica*, 19(1), 111-125.
20 Nair, S. et al. (2018). The Lost Half of Andean Architecture: Eighteenth-Century Roofing Traditions and

Environmental Use at Chinchero, Peru. *En Latin American Antiquity*, 29(2), 222-238.
21 Smith, C. E. (1965). *Plant Fibers and Civilization-Cotton, a Case in Point*. *En Economic Botany*, 19(1), 71-82.
22 Steen, A. S.; Steen, B.; & Bainbridge, D. (1994). *The straw bale house*: Chelsea Green Publishing.
23 Idem Minke, G.; & Mahlke, F. (2005). *Building with straw: design and technology of a sustainable architecture*: Birkhauser.
24 Langdon, R. (2001). The Bamboo Raft as a Key to the Introduction of the Sweet Potato in Prehistoric Polynesia. *En The Journal of Pacific History*, 36(1), 51-76.
25 Parsons, J. J. (1991). Giant American Bamboo in the Vernacular Architecture of Colombia and Ecuador. *En Geographical Review*, 81(2), 131-152.
26 Xhaufclair, H. et al. (2016). Characterisation of the Use-Wear Resulting from Bamboo Working and its Importance to Address the Hypothesis of the Existence of a Bamboo Industry in Prehistoric Southeast Asia. *En Quaternary International*, 416, 95-125.
27 Minke, G. (2016). *Building with Bamboo: Design and Technology of a Sustainable Architecture*, Second and Revised Edition. Basel/Berlin/Boston, SWITZERLAND: Walter de Gruyter GmbH.
28 Velez, S. et al. (2000). *Grow your own house: Simón Vélez und die Bambusarchitektur*: Vitra Design Stiftung.
29 Villegas, M. (2003). *New bamboo: architecture and design*. Bogotá: Villegas Editores.
30 Fisher, T. (2016). *Designing Our Way to a Better World*: University of Minnesota Press.
31 Franzato, C. (2017). The relationship between Strategic Design and Metadesign as Defined by the Levels of Knowledge of Design. *En Strategic Design Research Journal*, 10(2), 134-143
32 Sweet, F. (1999). *MetaDesign: design from the word up*. London: Thames & Hudson.

Bibliografía

- Cetiner, I. & Shea, A. D. (2018). Wood Waste as an Alternative Thermal Insulation for Buildings. *En Energy and Buildings*, 168, 374-384. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.03.019>
- Crawford, R. (2011). *Life cycle assessment in the built environment*: Routledge.
- Day, C. (2017). *Places of the soul: Architecture and environmental design as a healing art*: Routledge.
- Dissanayake, D. M. K. W.; Jayasinghe, C.; & Jayasinghe, M. T. R. (2017). A Comparative Embodied Energy Analysis of a House with Recycled Expanded Polystyrene (EPS) Based Foam Concrete Wall Panels. *En Energy and Buildings*, 135, 85-94. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.11.044>
- Evans, I.; Smiley, L.; & Smith, M. G. (2002). *The hand-sculpted house: a philosophical and practical guide to building a cob cottage*: Chelsea Green Publishing.
- Farrar, T. (2008). Architecture in Africa, with Special Reference to Indigenous Akan Building Construction. *En Encyclopaedia of the History of Science, Technology, and Medicine in Non-Western Cultures* editor: Helaine Selin. Springer Dordrecht, Second edition (pp. 199-203).
- Fisher, T. (2016). *Designing Our Way to a Better World*: University of Minnesota Press.
- Franzato, C. (2017). The relationship between Strategic Design and Metadesign as Defined by the Levels of Knowledge of Design. *En Strategic Design Research Journal*, 10(2), 134-143. doi:[10.4013/sdrj.2017.102.06](https://doi.org/10.4013/sdrj.2017.102.06)
- George, T.; Deshpande, V. S.; & Wadley, H. N. G. (2013). Mechanical Response of Carbon Fiber Composite Sandwich Panels With Pyramidal Truss Cores. *En Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 47, 31-40. doi:<https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2012.11.011>
- Halperin, C. T. (2008). Classic Maya Textile Production: Insights from Motul de San José, Peten, Guatemala. *En Ancient Mesoamerica*, 19(1), 111-125. doi:[10.1017/S0956536108000230](https://doi.org/10.1017/S0956536108000230)
- Harari, Y. N. (2014). *Sapiens: A brief history of humankind*: Random House.
- Jeanjean, A.; Olives, R.; & Py, X. (2013). Selection Criteria of Thermal Mass Materials for Low-Energy Building Construction Applied to Conventional and Alternative Materials. *en Energy and Buildings*, 63, 36-48. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.03.047>
- Jimenez, J. R.; Ayuso, J., Galvin, A. P.; Lopez, M.; & Agrela, F. (2012). Use of Mixed Recycled Aggregates with a Low Embodied Energy from Non-Selected CDW in Unpaved Rural Roads. *En Construction and Building Materials*, 34, 34.
- Kahn, L. (2004). *Home work: handbuilt shelter*: Shelter Publications.
- Kim, S.; Kim, H.-J.; & Park, J. C. (2009). Application of Recycled Paper Sludge and Biomass Materials in Manufacture of Green Composite Pallet. *En Resources, Conservation and Recycling*, 53(12), 674-679. doi:<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2009.04.021>
- Langdon, R. (2001). The Bamboo Raft as a Key to the Introduction of the Sweet Potato in Prehistoric Polynesia. *En The Journal of Pacific History*, 36(1), 51-76.
- McDonough, W.; & Braungart, M. (2010). *Cradle to cradle: Remaking the way we make things*: North point press.
- Minke, G.; & Mahlke, F. (2005). *Building with straw: design and technology of a sustainable architecture*: Birkhauser.
- Minke, G. (2016). *Building with Bamboo : Design and Technology of a Sustainable Architecture*, Second and Revised Edition. Basel/Berlin/Boston, SWITZERLAND: Walter de Gruyter GmbH.
- Nair, S.; Archila, S.; & Hastorf, C. A. (2018). The Lost Half of Andean Architecture: Eighteenth-Century Roofing Traditions and Environmental Use at Chinchero, Peru. *En Latin American Antiquity*, 29(2), 222-238. doi:<http://dx.doi.org/10.1017/laq.2018.4>
- Parsons, J. J. (1991). Giant American Bamboo in the Vernacular Architecture of Colombia and Ecuador. *En Geographical Review*, 81(2), 131-152. doi:[10.2307/215979](https://doi.org/10.2307/215979)
- Ramesh, S. (2012). Appraisal of Vernacular Building Materials and Alternative Technologies for Roofing and Terracing Options of Embodied Energy in Buildings. *En Energy Procedia*, 14, 1843-1848. doi:<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2011.12.1177>
- Ricciardi, P.; Belloni, E.; & Cotana, F. (2014). Innovative Panels with Recycled Materials: Thermal and Acoustic Performance and Life Cycle Assessment. *En Applied Energy*, 134, 150-162. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.07.112>
- Reddy, B. V.; & Jagadish, K. J. E. (2003). Embodied Energy of Common and Alternative Building Materials and Technologies. *En Energy and Buildings* 35(2), 129-137.

- Simonen, K. (2014). *Life cycle assessment*: Routledge.
- Smith, C. E. (1965). Plant Fibers and Civilization— Cotton, a Case in Point. En *Economic Botany*, 19(1), 71-82. doi:10.1007/BF02971190
- Steen, A. S.; Steen, B.; & Bainbridge, D. (1994). *The straw bale house*: Chelsea Green Publishing.
- Sweet, F. (1999). *MetaDesign: design from the word up*. London: Thames & Hudson.
- Tabarev, A. V.; & Kanomata, Y. (2015). "Tropical Package": Peculiarities of the Lithic Industries of the Most Ancient Cultures, Coastal Ecuador, Pacific Basin. En *Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia*, 43(3), 64-76. doi:https://doi.org/10.1016/j.aeae.2015.11.007
- Velez, S., von Vegesack, A.; & Kries, M. (2000). *Grow your own house: Simón Vélez und die Bambusarchitektur*: Vitra Design Stiftung.
- Villegas, M. (2003). *New bamboo : architecture and design*. Bogotá: Villegas Editores.
- Wang, J. S.; Demartino, C.; Xiao, Y.; & Li, Y. Y. (2018). Thermal Insulation Performance of Bamboo and Wood-Based Shear Walls in Light-Frame Buildings. En *Energy and Buildings*, 168, 167-179. doi:https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.03.017
- Wijayasundara, M.; Crawford, R. H.; & Mendis, P. (2017). Comparative Assessment of Embodied Energy of Recycled Aggregate Concrete. En *Journal of Cleaner Production*, 152, 406-419. doi:https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.118
- Woolley, T.; Kimmins, S.; Harrison, R.; & Harrison, P. (2002). *Green building Handbook: Volume 1: A guide to building products and their impact on the environment*: Routledge.
- Woolley, T.; & Kimmins, S. (2003). *Green Building Handbook: Volume 2: A Guide to Building Products and their Impact on the Environment*: Routledge.
- Xhaufclair, H.; Pawlik, A.; Gaillard, C.; Forestier, H.; Vitales, T. J.; Callado, J. R.; & Dizon, E. (2016). Characterisation of the Use-Wear Resulting from Bamboo Working and its Importance to Address the Hypothesis of the Existence of a Bamboo Industry in Prehistoric Southeast Asia. En *Quaternary International*, 416, 95-125. doi:https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.11.007