

the
little
book of

Uso de materiales
de fibra biológica
en la construcción
Passivhaus en
Latinoamérica

Alejandro Moreno-Rangel
Emmanuel Tseklevs
Juan Manuel Vazquez
Tyler Schmetterer



The Little Book of BIO-BASED FIBRE MATERIALS IN PASSIVHAUS Construction in Latin America

Alejandro Moreno-Rangel¹, Emmanuel Tseklevs¹, Juan Manuel Vazquez² and Tyler Schmetterer²

¹Lancaster University

²Instituto Latinoamericano Passivhaus

Versión en español

ISBN 978-1-86220-398-3

Agradecimientos

Este libro es el resultado de los esfuerzos colectivos de la Universidad de Lancaster y el Instituto Latinoamericano Passivhaus. Agradecemos a Research England a través de la financiación E3.

Contents

Que te dice este Little Book	4
Qué es Passivhaus?	5
El Estándar Passivhaus en Latinoamérica	10
Estandar Passivhaus y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)	12
Materiales de origen biológico en edificios	15
Materiales naturales para la construcción sostenible	13
Materiales de fibra	16
Materiales de tierra	18
El estado actual de los materiales naturales en Latam	18
Materiales de construcción sostenibles y ODS	19
Casos de estudio: materiales naturales en Passivhaus	20
Fibras vegetales y edificios Passivhaus	21
Larixhaus	21
Soluciones y métodos utilizados en Passivhaus	23
EcoCocon	25
Potencial de los materiales de fibra como materiales de construcción Passivhaus en América Latina	27
Passivhaus colombiana	28
Solución de material ecológico para Latam	29
Beneficios y desafíos	32
¡Es hora de actuar!	34
Instituto Latinoamericano Passivhaus	34
Colaboración activa y alianzas estratégicas	34
¡El tiempo es ahora!	35
El equipo	37
Referencias	40

Que te dice este Little Book

Este Little Book te dice sobre cómo los edificios tienen un impacto significativo en el cambio climático. La industria de la construcción en Latinoamérica está cambiando lentamente hacia una arquitectura más resiliente; nuestro planeta necesita una respuesta más rápida. ¡El momento de actuar es AHORA! El diseño, la construcción y la innovación de Passivhaus ofrecen una amplia gama de soluciones para mitigar el cambio climático e impactar positivamente en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU. Además, la incorporación de materiales naturales en los edificios Passivhaus los hace más sostenibles y saludables, con claras ventajas a largo plazo para los ocupantes y el medio ambiente.

¡El cambio para hacer que los edificios latinoamericanos sean más resistentes y eficientes en recursos debe comenzar ahora! Todos podemos ayudar desde nuestras diferentes posiciones comprometiéndonos y participando activamente en el debate sobre edificios sostenibles. Los gobiernos locales y nacionales deben comprometerse a explorar y desarrollar diferentes estrategias que incorporen acciones de mitigación en la industria de la construcción. Los académicos deben investigar y brindar asesoramiento informado para la formulación de políticas. La innovación y el desarrollo de la industria son vitales para poner a disposición el proceso y los materiales necesarios para el cambio.

Qué es Passivhaus?

Passivhaus (Passive House) se refiere a un método de diseño para edificios de energía ultrabaja que son extremadamente cómodos y económicos de operar. El Passivhaus evolucionó a partir de las casas suecas con superaislamiento y energía solar pasiva minimizando el uso de calefacción y el calor que se escapa (fugas) de la estructura de un edificio así como de los diferentes elementos (es decir, paredes, puertas, ventanas), también conocido como transmitancia térmica o Valores-U [1]. En 1998, el profesor Wolfgang Feist del Instituto de Vivienda y Medio Ambiente en Alemania y el profesor Bo Adamson de la Universidad de Lund en Suecia desarrollaron el método Passivhaus y construyeron la primera vivienda Passivhaus en Darmstadt, Alemania en 1990. Estos desarrollos llevaron a la fundación de la 'Passive House Institute' en 1996, que continúa hoy como el principal centro mundial de investigación y desarrollo para avanzar y adoptar el estándar de rendimiento Passivhaus. Con el tiempo, Passivhaus evolucionó de un método para climas fríos a climas más cálidos o templados donde el enfriamiento puede tener mayor impacto que la calefacción.

El Passive House Institute (PHI) define Passivhaus como “[...] un edificio, para el cual el confort térmico (ISO 7730) se puede lograr únicamente mediante el poscalentamiento o posenfriamiento de la masa de aire fresco, que se requiere para lograr suficientes condiciones de calidad del aire, sin necesidad de recirculación adicional de aire [2]”. El diseño de Passivhaus tiene cinco (5) principios esenciales (Figura 1), que incluyen lo

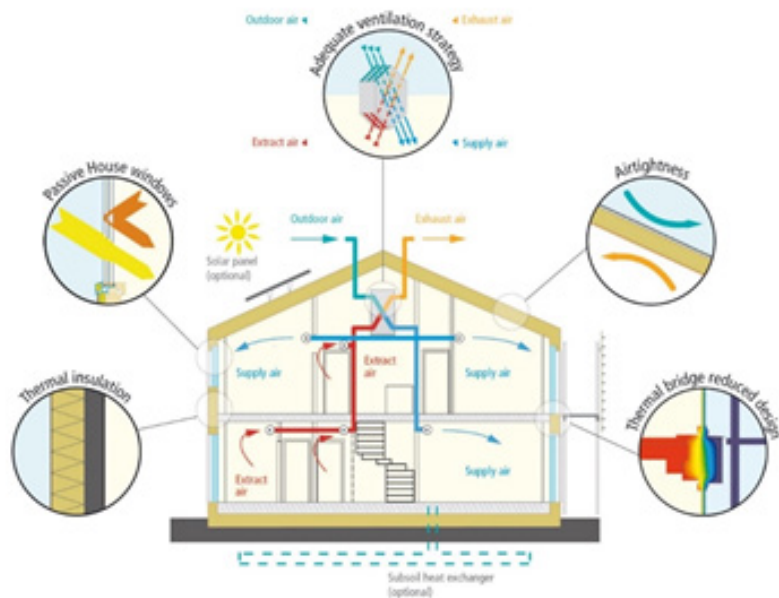


Figura 1. Principios del Passivhaus. Fuente: Passive House Institute [4].

siguiente: (1) super-aislamiento, (2) construcción sin puentes térmicos, (3) envoltura del edificio hermético, (4) estrategia de ventilación adecuada y (5) puertas y ventanas de alto rendimiento [3].

La Tabla 1 ilustra los principales requisitos de criterios para la certificación Passivhaus. Los estándares de rendimiento se calculan normalmente utilizando el software Passive House Planning Package (PHPP) que guía y apoya a los arquitectos y diseñadores de edificios desde las primeras etapas de un proyecto. Los diferentes niveles para la certificación Passivhaus incluyen: EnerPHit para proyectos de remodelación, Passivhaus Plus para edificios de consumo casi nulo (nZEB), Passivhaus Premium para edificios de energía positiva y Passivhaus Classic para edificios de bajo consumo energético.

En climas templados y cálidos, como los que se encuentran en LATAM, la carga y la demanda de refrigeración son tan cruciales como los cálculos de calefacción para evitar el uso de sistemas de refrigeración/calefacción convencionales para proporcionar ambientes interiores

Tabla 1. Resumen de los principales requisitos de criterios para la certificación Passivhaus.

Criterio de certificación del Passivhaus (Residencial)	Clima (centroeuropeo)	fresco-moderado
Demanda de calefacción específica	≤ 15 kWh/(m ² a)	
O carga de calefacción específica	≤ 10 W/m ²	
Demanda de refrigeración específica	≤ 15 kWh/(m ² a) + 0.3 W/(m ² aK). DDH	
O carga de refrigeración específica	≤ 10 W/m ²	
Y demanda de refrigeración específica	≤ 4 kWh/(m ² a). de + 2 • 0.3 W/(m ² aK). DDH-75 kWh/(m ² a)	
Demanda total específica de energía primaria	≤ 120 kWh/m ² /a	
Hermeticidad n50	≤ 0.6 h-1 (@50 Pa)	
Frecuencia de sobrecalentamiento	10% Percentage of time with operative temperature above 25 °C	

de Temperatura media anual del aire exterior (° C). DDH se refiere a grados de horas secos.

confortables. Las temperaturas interiores de Passivhaus (≤ 25 ° C) en los hogares se entregan a través de las cargas de calefacción/refrigeración del aire de suministro que no deben exceder los 10 W/m². Para ofrecer los niveles de confort térmico deseados, el sistema de ventilación mecánica con recuperación de energía debe suministrar 30 m³/h/por persona de aire fresco, vinculando así el diseño de eficiencia energética con altos niveles de confort térmico y calidad del aire interior. La siguiente sección describe brevemente el concepto de diseño de los edificios Passivhaus. En el manual del Paquete de planificación de viviendas pasivas (PHPP) se encuentran disponibles instrucciones detalladas adicionales.

Los edificios Passivhaus tienen libertad en el diseño de la *forma del edificio*, pero su orientación, forma y tamaño deben planificarse cuidadosamente. La relación entre el área de la superficie (A) del exterior del edificio, también conocida como envoltente del edificio, y el volumen del edificio (V) indicado por la relación A/V, cambia a medida que se

modifica el edificio. Por tanto, la relación A/V es un factor esencial para la demanda de refrigeración y calefacción, independientemente del valor de transmitancia térmica de la envolvente del edificio (valor U) [5]. Como los edificios más pequeños suelen tener relaciones A/V más altas (1,1-1,3 m²/m³), también establecen sanciones más altas que los edificios más grandes con relaciones A/V más bajas (0,46 m²/m³).

Las casas Passivhaus aprovechan el *aislamiento apropiado* en pisos, paredes y techos externos para disminuir la transferencia de calor/enfriamiento entre el interior y el exterior. El aislamiento es crucial cuando la diferencia entre la temperatura interior y exterior deseada es alta. Sin embargo, en climas templados, esto puede ser menos crucial [6] ya que estas diferencias suelen ser menores. Los valores U típicos (0,10-0,15 W/m²K) para paredes Passivhaus [7] pueden entregarse utilizando una amplia gama de aislamiento térmico. Las fibras naturales de origen vegetal o animal son elementos cruciales para el secuestro de emisiones de CO₂ sin comprometer la calidad del aire interior. Por ejemplo, los edificios Passivhaus han incluido lana mineral de espesores entre 200 - 400 mm y paredes de fardos de paja de 500 mm de espesor.

Las puertas y ventanas Passivhaus influyen en el confort térmico ya que reducen, o incluso eliminan, el riesgo de condensación, corrientes de aire y crecimiento de moho. Las unidades están diseñadas para maximizar las ganancias solares para calentar el edificio de forma pasiva. Las ventanas combinan dos o tres capas de vidrio y generalmente están llenas de gas inerte, como argón o criptón. El valor G de la unidad de ventana se refiere a la eficiencia de la ganancia solar y mide la transferencia de calor solar que se infiltra a través de una sección de ventana en comparación con la energía que llega a ella. Cuanto mayor sea el valor G, mayor será la transmisión solar. Los valores U típicos para las ventanas Passivhaus son <0,8 W/m²K y deben implementarse cuidadosamente. El tamaño de las ventanas es un elemento de diseño crucial ya que las ventanas más pequeñas reducen la pérdida de calor y las ganancias solares, reducen el contacto con el exterior e impactan el tamaño de la abertura y la ventilación. Las ventanas Passivhaus están tradicionalmente limitadas a 0,8 W/m²K [8]. Sin embargo, esto varía en climas más cálidos donde las unidades pueden tener valores U más altos [9], [10] ya que la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior disminuye. Las ventanas son

vitales para equilibrar el sobrecalentamiento en verano y las ganancias de calor en invierno. Al igual que las ventanas, las puertas deben ser herméticas y tener un valor U de 0,8 W/m²K.

Tradicionalmente, la ventilación en las viviendas Passivhaus se logra mediante sistemas de *ventilación mecánica con recuperación de calor (MVHR)* para proporcionar un suministro ininterrumpido de aire fresco mientras se optimiza el confort de los ocupantes y se reducen las pérdidas de energía para calefacción/refrigeración recuperando el calor del aire extraído [11]. No obstante, la ventilación se puede lograr a través de otros métodos mecánicos, naturales o híbridos siempre que no comprometan las cargas y demandas de calefacción/refrigeración y proporcionen los flujos de aire adecuados. Las viviendas Passivhaus deben proporcionar una tasa de cambio de aire de 0.3 por hora (ach/h) como mínimo para toda la casa y garantizar una demanda de aire fresco de 30 m³/h por ocupante y una tasa de extracción mínima de cuartos húmedos, cocinas y baños de 60 m³/h. y 40 m³/h, respectivamente.

Los edificios Passivhaus deben adherirse a altos niveles de *hermeticidad* para evitar pérdidas térmicas por infiltración de aire. Las barreras de aire que sellan las juntas de construcción y las penetraciones a través de la envolvente del edificio son esenciales para alcanzar el nivel obligatorio de hermeticidad [12]. Por lo general, estas barreras se colocan en el lado cálido de un edificio y protegen el aislamiento y la estructura del edificio de la humedad. La capa de barrera contra el viento, normalmente colocada fuera de la estructura del edificio, protege la envolvente del edificio del aire frío. Ambas capas son obligatorias y deben considerarse desde la etapa inicial de diseño. También se requiere una prueba de hermeticidad en el sitio o una prueba de puerta sopladora que mida la fuga total a través de la envolvente del edificio para verificar las condiciones de hermeticidad. Los edificios Passivhaus deben someterse a una prueba de puerta de soplador de sobrepresión y presión baja y lograr $\leq 0,6 \text{ h}^{-1}$ [11] en la prueba n50: objetivo de hermeticidad definido por el número de cambios de aire por hora con una referencia de ± 50 Pascales.

Los puentes térmicos son componentes de la envolvente del edificio que conducen energía, en forma de calor o enfriamiento, entre el interior y

el exterior de las estructuras del edificio. Los puentes térmicos pueden provocar importantes pérdidas de energía, condensación interna y humedad. Los tipos de puentes térmicos más comunes son geométricos, correlacionados con la forma del edificio y constructivos cuando un material de construcción penetra en el aislamiento. Los puentes térmicos deben minimizarse mediante el diseño, modelarse y evaluarse mediante simulación virtual o reproducirse a partir de fuentes de detalles de referencia para edificios Passivhaus, como las del Libro IBO [13], [14].

Finalmente, es necesario incorporar *tecnologías energéticamente eficientes* para el agua caliente sanitaria y los aparatos eléctricos para cumplir con los requisitos de demanda energética final. “Es parte de la filosofía de la casa pasiva que también se utilizan tecnologías eficientes para minimizar las otras fuentes de consumo de energía en el edificio, en particular la electricidad para los electrodomésticos [11]”. Las conexiones de agua caliente para lavadoras y lavavajillas, bombillas LED, lámparas fluorescentes y armarios de ventilación son ejemplos de prácticas que reducen el consumo de energía sin comprometer los niveles de confort ambiental interior [7], [11].

consumption in the building, notably electricity for household appliances [11].” Hot water connections for washing machines and dishwashers, LED bulbs, fluorescent lamps and airing cabinets are examples of practices that decrease energy consumption without compromising indoor environmental comfort levels [7], [11].

El Estándar Passivhaus en Latinoamérica

El Estándar Passivhaus fue introducido por primera vez en el contexto LATAM por Marcelo Huenchunir en 2010. Diseñaron una sucursal del ‘Banco BCI Vitacura’ en Santiago de Chile para el Estándar Passivhaus. Desde entonces, siguieron algunos otros edificios de oficinas. 2014 vio el primer edificio residencial certificado Passivhaus en la Ciudad de México (México), seguido de otro en Farellones (Chile). Estos edificios demostraron que lograr la certificación Passivhaus era viable en edificios residenciales y de oficinas. Desde entonces, varios estudios han analizado el rendimiento y el potencial del Estándar Passivhaus en LATAM [15], [16].

Dado que las viviendas Passivhaus demostraron ofrecer la eficiencia energética deseada, otros proyectos buscan demostrar los beneficios adicionales de la construcción con materiales naturales. En 2014, se diseñó y construyó la primera vivienda Passivhaus de madera laminada cruzada (CLT) en Chile, lo que demuestra el potencial de Passivhaus para reducir la huella de carbono en la construcción y uso del edificio.

Los edificios Passivhaus también han establecido nuevos estándares en la industria de la construcción y la formación. Desde 2013 cuando se llevó a cabo la primera formación de Passivhaus Designer en Chile. Desde entonces, el curso adaptó el contexto y las prácticas de construcción de LATAM. En 2017, se lanzó el curso Passivhaus Expert en Chile. Estas capacitaciones profesionales ahora se ofrecen en varios países de LATAM e incluso es posible realizarlas en línea. Paralelamente a la formación, la industria de la construcción ha desarrollado soluciones para la construcción Passivhaus, facilitando el diseño y la construcción en LATAM.



Figura 2. La red de ILAPH's en LATAM.

El desarrollo de Passivhaus en LATAM cuenta con el apoyo de varias redes de profesionales de Passivhaus alrededor de LATAM, como la chilena y la brasileña. En 2019 varias de estas redes, con el apoyo del Passivhaus Institute y profesionales de Passivhaus reconocidos internacionalmente, fundaron el Instituto Latinoamericano Passivehaus, también conocido como ILAPH. Hasta enero de 2021, la red de ILAPH se ha extendido a 16 de los 19 países de LATAM (Figura 2) con una red de 35 Diseñadores Passivhaus certificados y 15 Comerciantes Passivhaus certificados, además de numerosos profesionales aún no certificados.

Estándar Passivhaus y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) o los Objetivos Globales son “un llamado universal a la acción para acabar con la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas disfruten de la paz y la prosperidad para 2030” (PNUD, 2015). Los 17 objetivos se hacen tangibles a través de 169 metas y 303 indicadores que intentan centrar la atención en un “medio de implementación” para mitigar la falta de acción tangible por la que se han criticado los objetivos anteriores. Es importante destacar que los ODS tienen como objetivo reconocer el vínculo considerable entre los resultados sociales, económicos y ambientales. Por ejemplo, están asegurando que las mejoras a corto plazo en el bienestar no corran el riesgo de socavar las consecuencias ambientales a largo plazo. La capacidad del diseño para involucrar a personas y comunidades reales, comprender los problemas cotidianos e implementar la solución “correcta”, no solo la “tecnología más nueva”, le permite actuar como un puente entre otras disciplinas. Es una voz importante y creciente en este campo que ayuda a cerrar la brecha entre los rápidos avances en ciencia, tecnología e ingeniería con personas, desafíos y contextos reales a nivel cotidiano.

La construcción ultraeficiente en energía, como Passivhaus, tiene el potencial de lograr una contribución positiva significativa al tiempo que minimiza las implicaciones negativas para la implementación de varios

ODS. Los objetivos de dicha implementación pueden definirse mediante la contribución del proyecto a objetivos e indicadores específicos. Como tal, el diseño, la construcción y la innovación de Passivhaus tienen la capacidad de impactar positivamente los siguientes ODS:

Objetivo 03 Garantizar una vida sana y promover el bienestar de todos en todas las edades, ya que la salud y la calidad de la vivienda están indiscutiblemente vinculadas.

Target 3.9 Para 2030, reducir sustancialmente el número de muertes y enfermedades causadas por productos químicos peligrosos y la contaminación y contaminación del aire, el agua y el suelo.

Indicador 3.9.1 Tasa de mortalidad atribuida a la contaminación del aire doméstico y ambiental.

Objetivo 07 Garantizar el acceso a energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos: crear edificios de bajo consumo energético y promover la adopción de servicios energéticos sostenibles.

Target 7.1 Para 2030, garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos.

Indicador 7.1.2 Proporción de la población que depende principalmente de tecnologías y combustibles limpios.

Objetivo 09 Construir infraestructura resistente, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación: industria, innovación e infraestructura asociadas con el diseño, la construcción y el mantenimiento de Passivhaus.

Target 9.4 Para 2030, garantizar el acceso de todos a viviendas y servicios básicos adecuados, seguros y asequibles y mejorar los barrios marginales.

Indicador 9.4.1 Emisión de CO₂ por unidad de valor agregado.

Objetivo 11 Hacer que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles: mejorando la calidad de la vivienda y proporcionando edificios resilientes utilizando materiales locales.

Target 11.1 Para 2030, actualizar la infraestructura y modernizar las

industrias para hacerlas sostenibles, con una mayor eficiencia en el uso de recursos y una mayor adopción de tecnologías y procesos industriales limpios y ambientalmente racionales, con todos los países tomando medidas de acuerdo con sus respectivas capacidades.

Indicador 11.1.1 Proporción de la población urbana que vive en barrios marginales, asentamientos informales o viviendas inadecuadas.

Target 11.c Apoyar a los países menos adelantados, incluso mediante asistencia financiera y técnica, en la construcción de edificios sostenibles y resilientes utilizando materiales locales.

Indicador 11.c.1 Proporción de apoyo financiero a los países menos adelantados que se asigna a la construcción y modernización de edificios sostenibles, resilientes y eficientes en el uso de recursos utilizando materiales locales.

Objetivo 13 Tomar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus impactos - Reducir el consumo de energía asociado con el entorno construido.

Target 13.2 Integrar las medidas de cambio climático en las políticas, estrategias y planificación nacionales..

Indicador 13.2.1 Número de países que han comunicado el establecimiento u operacionalización de una política/estrategia/plan integrado que aumenta su capacidad para adaptarse a los impactos adversos del cambio climático y fomenta la resiliencia climática y el desarrollo de bajas emisiones de gases de efecto invernadero de una manera que no amenace los alimentos. producción (incluido un plan nacional de adaptación, contribución determinada a nivel nacional, comunicación nacional, informe de actualización bienal u otro).

Materiales de origen biológico en edificios nuevos y remodelaciones

Si bien los edificios brindan una amplia gama de beneficios para la comunidad y los seres humanos, también tienen un impacto enorme en la salud y el medio ambiente. Los edificios consumen alrededor del 21% de la energía [17] y son responsables de casi el 25% de las emisiones de CO₂ en América Latina [16]. Además, los edificios consumen una cantidad considerable de recursos naturales a lo largo de su vida. Por lo tanto, es esencial considerar cuidadosamente el uso de materiales de construcción apropiados en la fase inicial de diseño para minimizar el posible impacto negativo en el medio ambiente. Los materiales naturales y locales deben tener prioridad sobre otros materiales perjudiciales para el medio ambiente.

Materiales naturales para la construcción sostenible

Los materiales naturales son un aspecto vital para crear edificios sostenibles y más saludables, con claras ventajas a largo plazo para los ocupantes y el medio ambiente. Los materiales de construcción

naturales son materiales que abundan en una región en particular y son rápidamente renovables. Más allá del ahorro inherente de energía y carbono, los materiales naturales en la construcción aumentan la resistencia a los terremotos, la regulación de la humedad del ambiente interior y promueven la participación y la educación de la comunidad.

Una de las ventajas más importantes de los materiales de construcción naturales es que tienen menos energía incorporada que los materiales de construcción tradicionales, lo que resulta en menos emisiones de carbono y energía requerida para la fabricación y el transporte. Otro factor importante es la creación de edificios saludables en general. Los materiales naturales pueden amortiguar la humedad, mitigar la humedad, mejorar la calidad del aire interior y permitir que el edificio "respire". Los materiales naturales se pueden clasificar en dos grupos principales que incluyen: materiales de (1) fibra y (2) tierra.

Materiales de fibra

Fibre materials in construction tend to originate primarily from vegetable sources such as timber and straw. However, some animal fibres, including wool, are also used in construction, primarily in insulation materials. The diversity and flexibility of fibre materials deem them ideal for construction. They can be used in the structure, walls, ceiling and flooring depending on their particular properties. On some occasions, they can also be mixed with some natural clays or other earth materials such as hempcrete. The most common fibre materials in construction including the following:

- La *madera* es un material natural con alta capacidad de almacenamiento de carbono que se utiliza en la construcción a través de diferentes métodos, como materiales laminados cruzados, madera laminada encolada, madera compuesta estructural y vigas en I de madera. El uso de madera también puede reducir el transporte asociado con las emisiones de CO₂ y también conducir al uso de madera cultivada localmente y a la inversión en la creación y gestión de bosques.
- La construcción con fardos de *paja* es un método de construcción que utiliza fardos de paja (trigo, arroz, centeno) para la estructura, el

aislamiento del edificio o ambos. Las ventajas de este método son la naturaleza de la paja, el costo, la disponibilidad, el retardo natural del fuego, los altos valores de aislamiento y también el secuestro de carbono [18].

- El *bambú* es un material compuesto natural con alta resistencia al peso que se puede utilizar principalmente como elemento estructural [19]. Las ventajas de este material radican principalmente en su resistencia y la facilidad de recolección.
- *Hempcrete (cáñamo-cal)* es un material biocompuesto en el que el cáñamo se mezcla con cal, arena o puzolanas y se puede utilizar para la construcción o el aislamiento, aunque no como material estructural. Este material es ideal para la mayoría de los climas ya que proporciona altos niveles de aislamiento y masa térmica.
- La *lana* es una fibra animal que se utiliza para aislar y que se puede mantener unida mediante adhesivos mecánicos o de poliéster que se utilizan comúnmente en las construcciones con marcos de madera. Como material aislante, tiene un valor añadido como aislamiento acústico y térmico. Además, es un material natural, sostenible y reciclable con una baja emisión de carbono incorporado.
- La *cáscara de arroz* es un subproducto del arroz, el cultivo alimenticio más consumido en el mundo. Una amplia gama de materiales de construcción, incluidos yesos, soleras, acabados, bases de piso, aislamiento exterior / interior y paneles estructurales, se derivan de



Figura 3. Paneles de cáscara de arroz. Fuente: www.ricehouse.it

los residuos de arroz, lo que elimina la contaminación por desechos y promueve la economía circular desde el campo hasta el sitio de construcción.

Materiales de tierra

Construir con tierra implica el uso de ladrillos sin cocer o tierra apisonada. Los ladrillos sin cocer se producen de manera similar a los cocidos, utilizando tierra y una mezcla de unión líquida, que luego se comprime para dar forma a la tierra sin calentarla. La construcción de tierra apisonada generalmente implica compactar la tierra húmeda en capas dentro de un marco que se quita para dejar que la tierra se seque.

Aunque las técnicas varían según el clima, trabajar con tierra sin cocer y tierra apisonada produce una huella de carbono muy baja. Estos materiales utilizan un mínimo de energía para la extracción, el transporte y el trabajo, principalmente utilizando tierras o arcillas locales. Si bien los materiales de tierra y arcilla no tienen las altas propiedades de aislamiento de las fibras naturales, ofrecen propiedades de alta masa térmica para amortiguar el calor. Esto los convierte en un material ideal como alternativa a las paredes internas de hormigón o ladrillo. Además, estos materiales también se pueden mezclar con fibras vegetales o incorporarse como revoques de arcilla para proporcionar un acabado natural a paredes y techos.

El estado actual de los materiales naturales en América Latina

El uso de materiales naturales está creciendo rápidamente en toda la región de LATAM a medida que los agregados biológicos penetran en la industria de la construcción y el desarrollo de productos renovables aumenta el uso de polímeros amigables con el medio ambiente. Con la rápida urbanización, los países de Latam han ido ampliando los métodos de construcción ecológica y, en algunos casos, han logrado reducciones significativas en el consumo de energía, el uso del agua, las emisiones de CO₂ y los residuos sólidos [20]. Países como Brasil, México, Colombia,

Chile y Perú han implementado diversos incentivos fiscales y financieros para acelerar la construcción regional sostenible. Con 6 veces el tamaño de Europa y 2 veces el resto del mundo, la cuenca de fotosíntesis en la región de LATAM proporciona un entorno natural poderoso para cultivar y cosechar materiales de base biológica.

Materiales de construcción sostenibles y ODS

Junto con los ODS asociados con la construcción energéticamente eficiente, incluida Passivhaus, la construcción con materiales sostenibles y naturales tiene el potencial de lograr una contribución positiva significativa al tiempo que minimiza las implicaciones negativas para la implementación de varios ODS. Los ODS complementan y apoyan la aplicación de las metas e indicadores específicos que se describen a continuación:

- *Objetivo 03* Garantizar una vida sana y promover el bienestar de todos a todas las edades. Las propiedades naturales de los materiales permiten un mejor control del ambiente interior promoviendo una mejor calidad del aire interior, confort térmico y ambientes interiores más saludables.
- *Objetivo 09* Construir infraestructura resiliente, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación. Considerando la industria, la innovación y la infraestructura relacionada con la investigación, el diseño, la construcción y el mantenimiento asociados a los materiales naturales.
- *Objetivo 11* Hacer que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles. Generando y mejorando viviendas utilizando materiales naturales y sostenibles.
- *Objetivo 12* Garantizar patrones de producción y consumo sostenibles. El uso de materiales naturales garantiza que el edificio pueda reciclarse, eliminarse de forma segura o devolverse al suelo al final de su ciclo de vida.
- *Objetivo 13* Tomar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus impactos. Los materiales naturales reducen la energía incorporada y tienen el potencial de secuestrar las emisiones de CO₂.

Casos de estudio: materiales naturales para la construcción Passivhaus

Para aprovechar plenamente todos los beneficios tangenciales de la construcción sostenible, los estándares de diseño de edificios energéticamente eficientes como Passivhaus tendrán un impacto sustancial en el sector, pero también deben incluir la integración de materiales de construcción de base biológica para abordar los recursos naturales y la huella de carbono general para obtener el máximo impacto positivo en los ODS. Por lo tanto, el diseño y la construcción de edificios que incorporan materiales naturales y de bajo consumo energético inevitablemente experimentarán una rápida utilización. Esta tendencia emergente ha apoyado nuevas tecnologías y el desarrollo de materiales basados en fuentes renovables, como el sistema de construcción con paja creado por EcoCocon, con sede en la UE.

Fibras vegetales y edificios Passivhaus

Las estrategias para minimizar el impacto ambiental de la construcción deben considerar los materiales de base biológica. Además, otras estrategias para reducir las emisiones de carbono se centran en la mejora del aislamiento, el diseño de los edificios, los sistemas de calefacción / refrigeración y el uso de fuentes renovables de energía [21]. Estas estrategias ya son abordadas por la Passivhaus y algunas viviendas pioneras de Passivhaus como la Larixhaus también han implementado el uso de fibras vegetales como principales materiales de construcción.

Cuando uno piensa en una casa construida con fardos de paja, los primeros pensamientos que naturalmente vienen a la mente están lejos de lo que han producido las nuevas tecnologías y la innovación en el diseño. Las casas modernas con balas de paja tienen la misma calidad y estética que las viviendas convencionales. Sin embargo, la bala de paja tiene excelentes atributos adicionales, como baja energía incorporada, gran rendimiento de aislamiento, cultivo rápidamente renovable, reducción de carbono y beneficios para la salud. Las técnicas de construcción modernas y la innovación en el diseño han incorporado madera y fardos de paja en las casas Passivhaus. De hecho, a octubre de 2020, la base de datos Passivhaus registró 15 proyectos Passivhaus construidos con fardos de paja [22] ubicados en Australia (1), Francia (6), Países Bajos (1), Nueva Zelanda (1), Rumania (1) , España (3) y Reino Unido (2).

Larixhaus

En 2013, se construyó Larixhaus, una vivienda de dos pisos y la primera vivienda certificada Passivhaus con balas de paja, en Collsuspina, España. La casa de dos dormitorios tiene aproximadamente 92 m² de espacio acondicionado y utiliza un sistema prefabricado de pacas de paja y madera para garantizar un rendimiento eficiente del edificio. Las características clave del proceso de construcción incluyen el uso de materiales naturales (paja, madera y corcho) que reducen considerablemente

la energía incorporada y la huella de CO₂ en comparación con las casas construidas tradicionalmente. La prefabricación de componentes de construcción reduce el desperdicio en el sitio y da como resultado un ensamblaje rápido en el sitio y detalles de calidad. La estructura de madera y el revestimiento de alerce están certificados por PEFC. El aislamiento térmico lo proporciona la paja de trigo procedente de la zona de la Costa

Tabla 2. Detalles de la construcción de los elementos de la casa Larixhaus.

Elemento de construcción	Pared exterior	Losa	Techo
Capa 1 (interior/inferior)	12 mm panel de fibra de yeso (Fermacell)	130 mm aislamiento XPS [034]	15 mm panel de madera (Fir)
Capa 2	35 mm entre listones de madera al 6%	350 mm losa de hormigón	22 mm OSB 4 [capa hermética]
Capa 3	22 mm OSB 4 [capa hermética]	80 mm aislamiento de fibra de madera Pavex [038] entre listones de madera al 10%	400 mm aislamiento de forjado de paja [059] entre listones de madera al 9%
Capa 4	400 mm aislamiento de paja [059] entre listones de madera al 8%	22 mm suelo de madera	16 mm panel de ventilación de fibra de madera (DFP Kronolux)
Capa 5	16 mm panel de ventilación de fibra de madera (DFP Kronolux)	60 mm aislamiento XPS [034] alrededor del borde de la losa	Listones de madera y teja
Capa 6 (Exterior/superior)	Membrana a prueba de viento y revestimiento de pantalla de lluvia de alerce ventilado, fijado en listones de madera externos		
Valor U	0.146 W/(m ² K)	0.164 W/(m ² K)	0.147 W/(m ² K)



Figura 4. Planos de la casa Larixhaus. Fuente: [23].

Brava. Las balas de paja son de gran formato de 1200 mm x 700 mm x 400 mm, colocadas verticalmente dentro del marco de madera. Los detalles de construcción de la Larixhaus se describen en la Tabla 2.

El uso de materiales de construcción no tóxicos, naturales y renovables y el sistema de ventilación mecánica con recuperación de calor (MVHR) garantizan altos niveles de calidad del aire interior. El cálculo de energía en el frente de diseño estimó una demanda anual de calefacción de 12 kWh/(m²a), que es un 90% inferior a la media nacional de España de 133 kWh/(m²a) y un requerimiento total de energía primaria de 107 kWh/(m²a). Entre 2015 y 2017, el rendimiento de la casa se supervisó y generó resultados impresionantes de la siguiente manera: (A) demanda anual de calefacción de 2,73 kWh/(m²a) y (B) requerimiento total de energía primaria de 81,90 kWh/(m²a) [23]. Esto se traduce en una factura de electricidad anual de ~£495.00. La Figura 4 detalla el diseño de la Larixhaus y la Figura 5 muestra la línea de tiempo para el diseño y la construcción de la casa, enfatizando el proceso de instalación de la bala de paja durante la construcción.

Soluciones y métodos utilizados en la construcción Passivhaus

La implementación de materiales de base biológica en la construcción Passivhaus podría ir más allá de la madera, como vimos en el último estudio de caso. Las oportunidades de innovación en la construcción Pas-



Figura 5. Diseño y construcción de la casa Larixhaus. Adaptada de <http://novadomushabitat.com/consultoria-larixhaus/>

sivhaus solo están limitadas por nuestra capacidad para construir con diferentes materiales. Sin embargo, uno de los mayores desafíos es lograr la resistencia térmica deseada en la envolvente del edificio. Para abordar este problema, tenemos dos opciones. El primero, quizás el más tradicional, sigue los detalles de construcción aprobados y los reproduce en el sitio. El segundo es construir con materiales prefabricados con los beneficios adicionales de estar cuidadosamente diseñados y construidos para adaptarse a cada proyecto. Por lo tanto, asegúrese de que los materiales de base biológica estén bien protegidos contra los efectos no deseados del entorno exterior. Tal es el caso de EcoCocon, nuestro próximo caso de estudio como solución innovadora para la construcción de viviendas Passivhaus.

EcoCocon

EcoCocon es un sistema de paneles prefabricados certificado como “componente Passivhaus” fabricado con materiales naturales renovables: madera, paja y arcilla. Los paneles son herméticos pero transpirables, lo que permite la regulación de la humedad interna. Además, cada panel tiene un potencial de secuestro de CO₂ de 97,6 kg/m² y una emisión de CO₂ durante la producción de 2,8 kg/m². Las propiedades de certificación Passivhaus del sistema de construcción se describen en la Tabla 3 y se ilustran en la Figura 6.

Dado que los paneles EcoCocon se fabrican en una instalación de fabricación fuera del sitio en lugar de in situ, la línea de productos se beneficia de la sostenibilidad y la eficiencia inherentes a la construcción industrializada. Adicionalmente, ofrecen tamaños personalizados con incrementos de 1 mm proporcionando una gran flexibilidad con posibilidades casi infinitas y adaptación a diferentes tipologías y diseños arquitectónicos. Los paneles incluyen paneles estándar y arriostrados, dinteles, columnas, umbrales y elementos de muro inclinado a dos aguas que pueden satisfacer diferentes demandas estructurales según la colocación del panel. Se puede agregar resistencia adicional con elementos reforzados de madera contrachapada. Una de las ventajas más importantes de la construcción Passivhaus es que el sistema está diseñado para soportar cargas, evitando así puentes térmicos ineficientes desde el punto de vista energético.

Tabla 3. Especificaciones de los paneles EcoCocon. Fuente: [https://ecococon.eu/assets/downloads/ph-certificate-ecococon-\(en\).pdf](https://ecococon.eu/assets/downloads/ph-certificate-ecococon-(en).pdf)

Panel EcoCocon	
Capa 1 (interior/inferior)	7 mm recubrimiento de arcilla fina
Capa 2	Malla de refuerzo
Capa 3	30 mm capa base de arcilla
Capa 4	400 mm panel madera:paja con proporción 1:9
Capa 5	Membrana hermética
Capa 6	60-100 mm tablero de fibra de madera
Capa 7 (Exterior/superior)	Enyesado o fachada ventilada
Valor U	0.131 W/(m ² K) - con tablero de fibra de madera de 60 mm
	0.119 W/(m ² K) - con tablero de fibra de madera de 100 mm
	0.109 W/(m ² K) - con tablero de fibra de madera de 140 mm

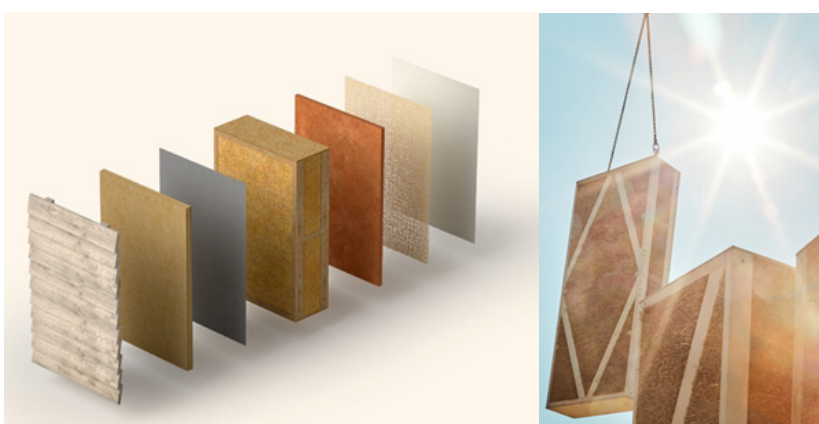


Figure 6 Detail of the panel and placement. Source: <https://ecococon.eu/gb/>



Figura 7 Detalle de los panes EcoCocon y su instalación. Fuente: <https://ecococon.eu/gb/>

Se han construido varios edificios Passivhaus, incluidos hogares y gimnasios, en más de 20 países, como el Reino Unido, Finlandia, Suecia, los Países Bajos, Polonia, Suiza, Eslovaquia y los EEUU. Si bien la certificación EcoCocon para la construcción Passivhaus se obtuvo para climas fríos y templados, también se puede utilizar en climas cálidos, como los de América Latina.

Potencial de los materiales de fibra como materiales de construcción Passivhaus en América Latina

América Latina a menudo se conoce como el continente de la fotosíntesis debido a las condiciones climáticas para que las plantas logren un rápido crecimiento renovable. Un subproducto del crecimiento natural acelerado en la región da como resultado una enorme cantidad de desechos agrícola-

las y una oportunidad transformadora para la investigación y el desarrollo de materiales de construcción en toda LATAM. Un enfoque generalizado de economía circular para el desarrollo de productos proporcionaría un acceso invaluable a materiales sostenibles y resultaría en un fuerte impacto ambiental y un cambio de paradigma hacia la construcción de base biológica. El uso de recursos naturales en productos de construcción reducirá en gran medida los efectos negativos de la producción de materiales en curso, especialmente los relacionados con los productos derivados del petróleo. Estos efectos adversos incluyen la emisión de gases de efecto invernadero nocivos (CO_2), el consumo de energía y la emisión de sustancias tóxicas al medio ambiente, entre otros.

El desarrollo de productos actualmente en curso incluye un importante proyecto diseñado para producir una nueva categoría de aislamiento térmico derivado de una fuente de planta de caña. La totora (*Schoenoplectus Tatora*) es una planta acuática abundantemente presente en la cuenca del lago Titicaca entre Bolivia y Perú. Los resultados de diversas pruebas indican que este material natural tiene una conductividad térmica baja, revelando su potencial aislante. Por tanto, existe la posibilidad de beneficiarse y potenciar las propiedades de este material regional rápidamente renovable. La posible aplicación del material incluye la mejora de las condiciones de confort térmico interior de las viviendas de la zona alta andina del Perú, donde se enfrentan a variaciones extremas de temperatura [24].

Passivhaus colombiana

Las soluciones Passivhaus se han adaptado en Latinoamérica. Un estudio reciente propone el uso de biomateriales para la estructura y aislamiento de una vivienda Passivhaus en Colombia [25]. Proponen la estructura de *Guadua Angustifolia*, un tipo local de bambú y cañamo, como se ilustra en la Figura 9. La Tabla 5 muestra el sistema de construcción utilizado en este proyecto.

Uno de los hallazgos clave de los diseñadores fue que la casa podría ahorrar hasta un 84,4% de la demanda total de energía primaria en comparación con una casa tradicional en Colombia. No obstante, hubo un incremento del 24,3% en el costo de construcción. Los materiales propuestos en este proyecto, como los fabricados con *Guadua Angustifolia*

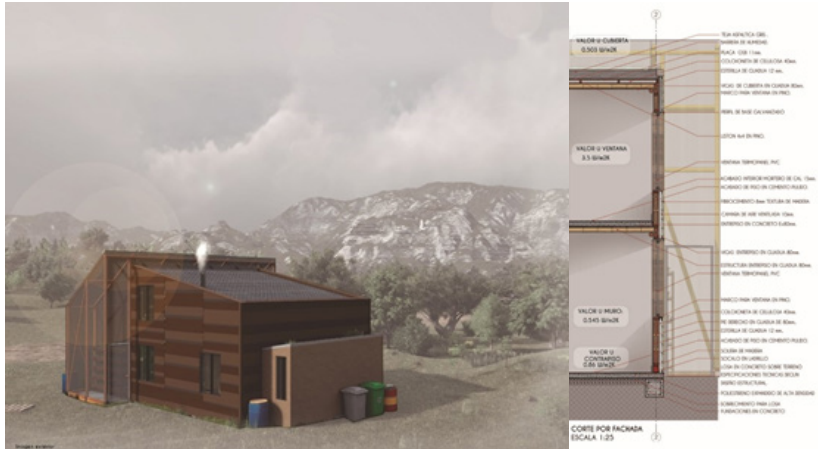


Figura 9. Imagen de la solución Colombiana para Passivhaus usando materiales biológicos. Fuente: [25]

y aislamiento de cáñamo, son relativamente nuevos en la industria de la construcción colombiana. Sin embargo, con el tiempo, estos materiales pueden estar ampliamente disponibles, reduciendo su costo considerablemente.

Solución de material ecológico para LATAM

Los paneles de paja comprimida (CSB) se desarrollaron en la República Checa con tecnología sueca y se comercializaron como Ekopanel. Our/Ecolution, una empresa sueca, está invirtiendo en Uruguay para establecer una fábrica de CSB para fabricar y distribuir en Latam. Our/Ecolution ofrece tableros de construcción que son ecológicos y permeables al vapor. Se trata de paja altamente comprimida a altas temperaturas que crea un núcleo de paja comprimida sin aditivos limitantes, que luego se envuelven con cartón siguiendo la Norma BS 4046: 1991. Además del secuestro de carbono mediante el uso de paja cruda, la producción de estos paneles tiene bajas emisiones de CO_2 , lo que convierte al Our/Ecolution en un material de carbono negativo.

Los CSB paneles son reciclables, cortafuegos, mecánicamente robustos y tienen altos niveles de aislamiento y humedad acústica. Los paneles vie-

Tabla 4. Construction detail of the Colombian solution for Passivhaus using Bio Materials. Fuente: [25]

Elemento estructural	con-	Pared exterior	Losa	Techo
Capa 1 (interior/inferior)		10 mm de yeso	100 mm forjado de hormigón armado	10 mm yeso
Capa 2		11 mm OSB 4 [capa hermética]	26 mm aislamiento XPS	10 mm Guadua Angustofilia
Capa 3		80 mm hueco de servicios entre listones de Guadua Angustofilia	10 mm loseta cerámica	80 mm hueco de servicios entre listones de Guadua Angustofilia
Capa 4		10 mm Guadua Angustofilia		10 mm Guadua Angustofilia
Capa 5		54 mm aislamiento de fibra de cañamo		60 mm aislamiento de fibra de cañamo
Capa 6		10 mm hueco de servicios entre listones de Guadua Angustofilia		10 mm hueco de servicios entre listones de Guadua Angustofilia
Capa 7		10 mm tablero de fibrocemento		11 mm OSB 4 [capa hermética]
Capa 8				
(Exterior/superior)				Barrera de humedad y tejas asfálticas
Valor U		0.537 W/(m ² K)	0.164 W/(m ² K)	0.147 W/(m ² K)

nen en una amplia variedad de soluciones para tabiques autoportantes (sin carga), tabiques autoportantes de instalación (sin carga), tabiques autoportantes acústicos (sin carga), tabiques interiores y exteriores (carga), así como el revestimiento interior de techos y paredes inclinadas. Las especificaciones de Ekopanley/ Our/Ecolution de acuerdo con el fabricante se describen en la Tabla 5.

Tabla 5. Especificaciones de los paneles Ekopanely. Fuente: <https://ekopanely>.

Especificación	Ekopanely E40	Ekopanely E60
Espesor	38 mm	58 mm
Ancho	800 mm	1.200, 800 mm
Altura	1,200 – 3,200 mm	1,200 – 3,200 mm
Peso base	16 kg/m ²	22 kg/m ²
Densidad	379 kg/m ³	379 kg/m ³
Conductividad térmica	0.099 W/(mK)	0.099 W/(mK)
Factor de Resistencia al vapor de agua (μ)	9.7	9.7
Categoría de respuesta al fuego	E	E
Determinación de compuestos orgánicos volátiles	A+	A+



Figura 9. Detalles de la instalación y paneles Ekopanely. Fuente: <https://ecococon.eu/gb/>

La paja comprimida en los Our/Ecolution paneles les permite acumular calor. Por lo tanto, los edificios hechos de Our/Ecolution paneles se adaptan mejor a los cambios rápidos de temperatura, lo que ahorra en costos de calefacción y refrigeración. Además, los tableros Ekopanely hacen que la construcción sea fácil y rápida, ya que reducen el tiempo de construcción en el sitio, lo que genera ahorros significativos durante la fase de construcción. Finalmente, los Our/Ecolution paneles tienen grandes propiedades aislantes y acústicas y son un producto ecológico elaborado a partir de una materia prima sustentable (paja) ampliamente disponible en LATAM.

Beneficios y desafíos

La descarbonización de edificios a lo largo de todo el ciclo de vida requerirá una transformación sistémica del sector de la construcción y los edificios. Es posible llegar a edificios con emisiones de carbono incorporadas y operacionales con cero emisiones netas, pero se requieren señales políticas claras y ambiciosas para impulsar una serie de medidas, incluido el diseño de edificios pasivos, la eficiencia de los materiales, los materiales con bajas emisiones de carbono, las medidas eficientes de la envolvente del edificio y la iluminación y los electrodomésticos de alta eficiencia.

Además de proporcionar entornos más saludables, resilientes y productivos, la descarbonización del sector de la construcción presenta una oportunidad comercial en América Latina y el Caribe con un valor estimado de aproximadamente 4 billones de dólares para 2030 [26]. La descarbonización de edificios también está en plena consonancia con los objetivos del ODS 12 de garantizar patrones de producción y consumo sostenibles.

Las *coaliciones gubernamentales e industriales* deben promover la adopción de técnicas de construcción y operación de edificios eficientes y tecnologías de bajo costo existentes que puedan mejorar el rendimiento de los edificios y reducir el carbono incorporado [27].

Tendencias y desafíos en América Latina

- En LATAM, se espera que la superficie construida crezca un 65% para 2050, incluidos ~ 11 000 millones de m² adicionales de edificios residenciales para 2050 [28]. El aumento de los ingresos también está aumentando la superficie y la propiedad de electrodomésticos per cápita.
- Pocos países, incluidos Argentina, Brasil y México, tienen códigos obligatorios o voluntarios dentro del sector, mientras que otros países están desarrollando el primer código de energía para la construcción [27].
- El sector informal es responsable de hasta el 75% de las viviendas nuevas.

Desafíos clave [29]:

- Desarrollar estrategias nacionales para descarbonizar edificios nuevos y existentes.
- Desarrollar, implementar y fortalecer progresivamente códigos de energía obligatorios que estén integrados en las disciplinas relevantes.
- Incrementar el acceso, capacitación y uso de herramientas de diseño y modelado de desempeño energético.
- Reducir el carbono incorporado y operativo a través de materiales y medidas de energía limpia.
- Aumentar el conocimiento y la información relacionada con los innumerables beneficios de los edificios sostenibles.

¡Es hora de actuar!

Instituto Latinoamericano Passivhaus

El Instituto Latinoamericano Passivhaus, o Instituto Latinoamericano Passivhaus (ILAPH) en español, es una organización sin fines de lucro (ONG) formada en 2019 por profesionales de la industria de América Latina y Europa comprometidos a brindar liderazgo, educación, capacitación y certificación en toda América Latina para la adopción de estándares y metodologías de rendimiento de edificios Passivhaus. ILAPH es una red colaborativa que promueve la descarbonización de la industria de la construcción mediante la implementación del Estándar Passivhaus establecido por el Passive House Institute ubicado en Darmstadt, Alemania. ILAPH está comprometida con una América Latina unificada y actualmente cuenta con representantes en veinte (20) países, entre ellos Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, República Dominicana, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Puerto Rico, Perú y Uruguay.

Colaboración activa y alianzas estratégicas

Además de la red existente del Instituto Latinoamericano Passivhaus (ILPAH) de Diseñadores Passivhaus, arquitectos y otros profesionales del sector de la construcción, ILAPH ha realizado alianzas estratégicas con actores clave en LATAM para lograr sus objetivos. La estrategia de formación continua de la red se compone de cuatro (4) elementos principales que incluyen:

1. Establecer un capítulo local a través de un CPHD / C local

2. Formar alianzas educativas con universidades e instalaciones de formación nacionales.
3. Desarrollar alianzas con los consejos locales de construcción ecológica.
4. Cultiva relaciones laborales con Asociaciones de Arquitectos Profesionales locales.

ILPAH también está trabajando en estrecha colaboración con Capital Cities 35 (CC35) para lograr un impacto acelerado del Acuerdo de París a través del liderazgo de las principales capitales de las Américas. Como tal, ILPAH está desempeñando un papel activo a través de la implementación del programa Passivhaus Capital Cities que establece la ruta Santiago (Chile) - Glasgow (Reino Unido) en unidad con el plan de acción climática de la COP25-COP26.

ILAPH también cuenta con el apoyo de una red internacional de otros capítulos de Passivhaus en las Américas (North American Passive House Network y Passive House Canada | Maison Passive Canada), así como en Europa (Portugal Passivhaus). Estas colaboraciones buscan establecer soporte para oportunidades de capacitación y colaboración para lograr una implementación sostenida y exitosa de Passivhaus en LATM.

¡El tiempo es AHORA!

Nuestro planeta pide ayuda; debemos actuar. *¡El tiempo es ahora!* Usted puede ser un agente de cambio positivo si se informa, se involucra y participa activamente en la discusión sobre edificios sostenibles, particularmente en la definición y formulación de políticas en su área. Passivhaus tiene el potencial de ayudar a mitigar el cambio climático e impactar los ODS de manera positiva. Los edificios Passivhaus pueden incorporar materiales naturales. Estos materiales ayudan a desarrollar aún más la industria de la construcción en América Latina y la hacen eficiente en el uso de recursos.

La combinación de Passivhaus con materiales naturales no solo ayuda al medio ambiente y reduce las emisiones de CO₂, lo que es más importante, *mejora la calidad de vida y salud*. Los materiales naturales tienen

el potencial de regular mejor las temperaturas interiores haciendo que los edificios sean más cómodos. Además, tienen los beneficios de regular la humedad en el edificio y la estructura del edificio. Finalmente, evitando el uso de materiales sintéticos, evitamos la emisión de gases de los materiales de construcción mejorando la calidad del aire interior.

Para obtener más información sobre los desarrollos de Passivhaus en América Latina y cómo puede participar en la configuración del futuro del Estándar, comuníquese con nosotros. También lo alentamos a que se involucre y participe activamente en las *redes profesionales de Passivhaus en América Latina*, como LatamHaus e ILAPH. Estas redes tienen otros miembros con intereses similares que pueden ayudarlo a desarrollar ideas para proyectos y colaborar con profesionales, académicos y legisladores.

Los gobiernos locales y nacionales deben comprometerse a explorar y desarrollar estrategias que incorporen acciones de mitigación en la industria de la construcción. La Passivhaus ha mostrado importantes beneficios para reducir el impacto del cambio climático. Países como Irlanda habían adoptado plenamente la Norma en sus reglamentos de construcción. En América Latina, México y Chile habían incorporado algunas de las metodologías de diseño de Passivhaus en sus reglamentos nacionales de construcción y programas de “ecoviviendas”.

El papel de la *academia* es fundamental no solo para educar a las nuevas generaciones con una mejor perspectiva, sino también para inspirar el cambio y el pensamiento sostenible en edades tempranas. Además, los investigadores pueden informar y asesorar al gobierno sobre la decisión de formulación de políticas que marque la dirección para una América Latina más resiliente y unificada. La innovación y el desarrollo de la *industria* son vitales para poner a disposición el proceso y los materiales necesarios para el cambio. Los consumidores impulsan la industria, por lo que *el factor más crítico para “el cambio” eres tú!* Necesitamos ser más observadores y exigir soluciones para *edificios más sostenibles, más saludables, más resilientes y más eficientes en el uso de recursos.*

The team



Alejandro Moreno Rangel, Research Associate, Lancaster University

Los principales intereses de investigación de Alejandro son la arquitectura sostenible y sus conexiones con la salud, los comportamientos urbanos y humanos. Alejandro explora el diseño arquitectónico, los métodos de eficiencia energética, las técnicas pasivas y su impacto en el ambiente interior –calidad del aire interior (IAQ) y confort térmico–, especialmente en los hogares y su relación con el entorno urbano para crear hogares saludables. La arquitectura ha respondido bien al cambio climático mitigando los efectos del entorno construido. Sin embargo, su impacto en la salud suele dejarse de lado. El enfoque de Alejandro para el diseño arquitectónico busca mejorar la calidad de vida de todos los ciudadanos en una sociedad que envejece, brindando intervenciones sostenibles que adoptan un enfoque de “toda la casa”. La investigación de Alejandro se enfoca en brindar ambientes interiores más saludables a través de este enfoque, considerando el impacto de los aspectos biosociológicos y sociales de la salud, las interacciones entre los comportamientos de los residentes y el entorno construido, los impactos del cambio climático y las interacciones de los métodos de eficiencia energética. Los intereses de investigación de Alejandro también se extienden al uso de sensores de bajo costo como herramientas de investigación y el efecto que podrían tener en el comportamiento residencial, el diseño y la salud y el bienestar humanos. Alejandro es un arquitecto colegiado en las Américas, donde tiene una práctica en el desarrollo de proyectos residenciales. Alejandro estudió en M.Arch con un itinerario en Vivienda Personalizada Masiva de Energía Cero en la Escuela de Arte de Glasgow, donde también completó su doctorado. Diseñador Passivhaus certificado (CPHD) en 2021.



Emmanuel Tseklevs, Senior Lecturer, Lancaster University

El Dr. Emmanuel Tseklevs dirige el diseño para la salud global en ImaginationLancaster, Universidad de Lancaster. Impulsado por los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU, su investigación se centra en abordar los desafíos de salud comunitaria en todo el mundo. Actualmente está trabajando para comprender las prácticas de limpieza y eliminar las infecciones de los hogares en Ghana; desarrollar políticas de salud y atención para las personas mayores en Malasia y promover los productos del mar en Europa a través de un diseño de envases novedoso. Emmanuel es codirector del Future Cities Research Institute; un nuevo instituto interuniversitario y multidisciplinario de investigación urbana, entre las universidades de Sunway y Lancaster, cuyo objetivo es hacer una contribución importante a la conversación internacional sobre ciudades sostenibles, ayudando a abordar desafíos importantes asociados con la rápida urbanización experimentada en todo el Sur Global.



Juan Manuel Vazquez, Executive Director, ILAPH.

Juan actualmente se desempeña como Director Ejecutivo fundador del Instituto Passivhaus de América Latina (ILAPH). Egresado de Ingeniero Agrónomo de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires, desde el año 2000 incursiona en la construcción de viviendas con materiales naturales, primero tierra cruda, y luego se especializa en Fibra Agrícola Comprimida. Se dedica exclusivamente a la construcción con materiales Biológicos de alta eficiencia energética y reconocido por Isobioproject. Coordinador del área de Construcción dentro del Programa de Bioeconomía Facultad de Agronomía UBA. Curso de Consultor Passivhaus en noviembre de 2017. Presidente de Ekosystem Consultoría y Desarrollo Proyectos Inmobiliarios con altos Estándares Ecológicos y Energía Casi Cero Edificio Passivhaus. Diseñador Passivhaus certificado (CPHD) y Passivhaus Tardes Person en 2020.



Tyler Schmetterer, International Advisor, ILAPH

Tyler Schmetterer es un experto en prefabricación sostenible con sede en Suiza y Nueva York con más de 30 años de experiencia comercial. Tyler es actualmente el Director Gerente de MOD X, una red global de consultoría e intercambio de conocimientos en la industria de la construcción modular prefabricada y volumétrica fuera del sitio, y forma parte de varios Consejos Asesores Internacionales en los sectores de construcción de alto rendimiento, energía renovable y cadena de suministro de derechos humanos. En 2006, Tyler cofundó un grupo asesor y productor galardonado de edificios prefabricados sostenibles centrados en el diseño y la fabricación de viviendas ecológicas de alto rendimiento. La organización aboga por la colaboración universal, el intercambio de conocimientos y la integración de estándares de desempeño líderes en el mundo y programas de certificación de sostenibilidad en toda la industria de la construcción externa a nivel mundial. Hasta la fecha, la empresa ha obtenido varias certificaciones y premios ambientales históricos de EE. UU., Incluida la primera casa prefabricada LEED Platinum del USGBC en Nueva York, Nueva Jersey y Georgia. Tyler obtuvo una licenciatura de Skidmore College (doble especialización), un MBA de la Universidad de Fordham y completó el Programa de Consultoría de Casas Pasivas (CPHC) en 2014.

Referencias

1. B. Adamson, *Towards Passive Houses in Cold Climates as in Sweden*. Lund: Lund University, 2011.
2. PHI, "Passipedia: The Passive House Resource," Basics, 2017. <https://passipedia.org/basics> (accessed May 03, 2021).
3. A. Moreno-Rangel, T. Sharpe, G. McGill, and F. Musau, "Indoor air quality in passivhaus dwellings: A literature review," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 17, no. 13, pp. 1–16, 2020, doi: 10.3390/ijerph17134749.
4. PHI, "Passive House Institute," 2015. <http://www.passiv.de/en/index.php> (accessed May 20, 2009).
5. J. Schnieders and A. Hermelink, "CEPHEUS results: Measurements and occupants' satisfaction provide evidence for Passive Houses being an option for sustainable building," *Energy Policy*, vol. 34, no. 2 SPEC. ISS., pp. 151–171, 2006, doi: 10.1016/j.enpol.2004.08.049.
6. M. Wassouf, *De la casa pasiva al estándar Passivhaus, la arquitectura pasiva en climas cálidos.*, First. Barcelona, Spain: Gustavo Gili, 2014.
7. J. Schnieders, "CEPHEUS – measurement results from more than 100 dwelling units in passive houses," in *ECEEE 2003 Summer Study*, 2003, pp. 341–351.
8. W. Feist et al., *Passive House Planning Package Version 9, The energy balance and design tool for efficient buildings and retrofits*, 1st ed. Darmstadt, Germany: Passive House Institute, 2015.
9. J. Schnieders, W. Feist, and L. Rongen, "Passive Houses for different climate zones," *Energy Build.*, vol. 105, pp. 71–87, 2015, doi: 10.1016/j.enbuild.2015.07.032.
10. PHI, *Passive Houses for different climate zones*, 1st ed. Darmstadt: Passive House Institute, 2011.
11. C. J. Hopfe and R. S. McLeod, *The PassivHaus designer's manual*:

A technical guide to low and zero energy buildings, 1st ed. London: Routledge, 2015.

12. M. H. Sherman and R. Chan, "Building Airtightness: Research and Practice," 2004.
13. T. Waltjen, W. Georgii, K. Torghele, H. Mötzl, and T. Zelger, *Passivhaus-Bauteilkatalog / Details for Passive Houses: Ökologisch Bewertete Konstruktionen / A Catalogue of Ecologically Rated Constructions*, 3rd ed. Basel, Switzerland, Switzerland: Birkhauser, 2009.
14. IBO, *Details for Passive Houses: Renovation : A Catalogue of Ecologically Rated Constructions for Renovation*, 1st ed. Basel, Switzerland: Birkhauser, 2017.
15. T. Hatt, G. Saelzer, R. Hempel, and A. Gerber, "High indoor comfort and very low energy consumption through the implementation of the passive house standard in Chile," *Rev. la Constr.*, vol. 11, no. 2, pp. 123–134, 2012, doi: 10.4067/S0718-915X2012000200011.
16. A. Moreno-Rangel, T. Sharpe, F. Musau, and G. McGill, "Indoor Fine Particle (PM2.5) Pollution and Occupant Perception of the Indoor Environment During Summer of the First Passivhaus Certified Dwelling in Latin America," *J. Nat. Resour. Dev.*, vol. 8, pp. 78–90, 2018, doi: 10.5027/jnrd.v8i0.08.
17. C. Sheinbaum-Pardo and B. J. Ruiz, "Energy context in Latin America," *Energy*, vol. 40, no. 1, pp. 39–46, 2012, doi: 10.1016/j.energy.2011.10.041.
18. E. Milutienė, J. K. Staniškis, A. Kručius, V. Augulienė, and D. Ardickas, "Increase in buildings sustainability by using renewable materials and energy," *Clean Technol. Environ. Policy*, vol. 14, no. 6, pp. 1075–1084, 2012, doi: 10.1007/s10098-012-0505-2.
19. LAKKAD, "Mechanical properties of bamboo, a natural composite," *Fibre Sci. Technol.*, vol. 14, no. 4, pp. 319–322, 1981, doi: 10.1016/0015-0568(81)90023-3.
20. G. Damonte, "ELLA Policy Brief: Improving Environmental Management of Extractives through Environmental Impact Assessments," Lima, Peru, 2013. [Online]. Available: <https://www.gov.uk/research-for-de>

velopment-outputs/ella-policy-brief-improving-environmental-management-of-extractives-through-environmental-impact-assessments.

21. M. Fan and F. Fu, *Advanced High Strength Natural Fibre Composites in Construction*, 1st ed. Kidlington: Elsevier Science & Technology, 2017.
22. PHI, "Passive House Database," 2014. <http://www.passivhausprojekte.de/index.php?lang=en> (accessed Mar. 26, 2018).
23. C. Pérez Marraco, "Análisis del comportamiento de la Larixhaus," Universidad Politecnica de Cataluna, 2017.
24. L. C. Aza Medina, "La totora como material de aislamiento termico: Propiedades y potencialidades," Universitat Politècnica de Catalunya, 2016.
25. J. Posada Gomez and A. Ramirez, "Vivienda Passivhaus en un clima tropical de alta montana," in *Vivir mejor con menos energia*, Libro de comunicaciones 11a conferencia Passivhaus, 2019, pp. 77–82.
26. IFC, "Green Buildings: a Finance and Policy Blueprint for Emerging Markets," Washington, DC, 2019. [Online]. Available: https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/a6e06449-0819-4814-8e75-903d4f564731/59988-IFC-GreenBuildings-report_FINAL_1-30-20.pdf?MOD=AJPERES&CVID=m.TZbMU.
27. GlobalABC, IEA, and UNEP, "GlobalABC Regional Roadmap for Buildings and Construction in Latin America 2020-2050," Paris, 2020. [Online]. Available: <https://www.iea.org/reports/globalabc-roadmap-for-buildings-and-construction-2020-2050>.
28. IEA, "Energy Technology Perspectives 2017," Paris, 2017. doi: 978-92-64-27597-3.
29. GlobalABC and IEA, "Roadmap for Buildings and Construction in Latin America," Latin America Roadmap for Buildings and Construction, 2019. https://iea.blob.core.windows.net/assets/c610e6fb-46fb-42b6-b229-2aa655ad54aa/Presentationandfeedbackwebinar_LatinAmericaRoadmap_final.pdf.