

## Implementación de tecnologías limpias desde el diseño resiliente: simulación de un módulo básico de vivienda social en Passo Fundo

## Implementation of clean technologies from resilient design: simulation of a basic module of social housing in Passo Fundo

*Valentina Nieto-Barbosa(1); Grace Tibério Cardoso(2); Rolando-Arturo Cubillos-González(3)*

1 Arq. Mestranda del Programa de Posgrado en Arquitectura y Urbanismo, Escola Politécnica Atitus Educação, Campus Santa Terezinha, Passo Fundo/ RS, Brasil.

E-mail: 1128526@atitus.edu.br

2 Arq. Doctora en Ciencias de la Ingeniería Ambiental, Profesora del Programa de Posgrado en Arquitectura y Urbanismo, Escola Politécnica Atitus Educação, Campus Santa Terezinha, Passo Fundo/ RS, Brasil.

E-mail: grace.cardoso@atitus.edu.br

3 Arq. Doctor. Profesor de la Facultad de Diseño de la Universidad Católica de Colombia, Bogotá / Colombia.

E-mail: racubillos@ucatolica.edu.co

**Revista de Arquitetura IMED**, Passo Fundo, vol. 12, n. 2, p. 25-37, julho-dezembro, 2023 - ISSN 2318-1109

DOI: <https://doi.org/10.18256/2318-1109.2023.v12i2.4945>

Artigo convidado do



IX Seminário Internacional de  
**Construções Sustentáveis**

Sistema de Avaliação: *Double Blind Review*

Como citar este artigo / How to cite item: [clique aqui/click here!](#)

## Resumen

El cambio climático y la recurrencia de temperaturas extremas, representa un desafío para el diseño y la construcción de vivienda, desde una perspectiva de eficiencia energética y sostenibilidad, sobre todo en las ciudades latinoamericanas. En este sentido, el diseño resiliente, implica la adaptación de los proyectos para combatir los efectos del cambio climático sobre el confort y la salud de las personas. Del mismo modo, el uso de tecnologías limpias se convierte en una oportunidad para lograr proyectos más sostenibles y resilientes ante fenómenos como este. En este sentido, el objetivo del trabajo es implementar tecnologías aplicables en un módulo básico de vivienda social en Passo Fundo, a través de diferentes escenarios de cambio climático y así evaluar su potencial de resiliencia. Para ello, se utilizó una metodología mixta que se dividió en tres etapas: 1) Revisión sistemática de literatura, 2) proyección de datos climáticos para los años 2050, 2070 y 2100 y, 3) simulación del modelo con las características actuales de la vivienda social y simulación del modelo con las tecnologías limpias. Como parte de los resultados se encontró que, si bien el uso de estas tecnologías representa una mejora para el módulo básico, no necesariamente cumple en todos los casos con los estándares térmicos establecidos en escenarios futuros. Adicionalmente, se observó, que la inversión en I+D puede ser un mecanismo para promover la exploración y uso de estas tecnologías limpias en ciudades de América Latina. Sin embargo, es necesario evaluar otros factores como el económico y el social, para determinar completamente su potencial de resiliencia en esta ciudad.

**Palabras clave:** Cambio climático; Diseño resiliente; Tecnologías limpias.

## Abstract

Climate change and the recurrence of extreme temperatures represent a challenge for the design and construction of housing, from a perspective of energy efficiency and sustainability, especially in Latin American cities. In this sense, resilient design implies the adaptation of projects to combat the effects of climate change on people's comfort and health. In the same way, the use of clean technologies becomes an opportunity to achieve more sustainable and resilient projects in the face of phenomena like this. In this sense, the objective of the work is to implement applicable technologies in a basic module of social housing in Passo Fundo, through different climate change scenarios and thus evaluate its resilience potential. For the lo, a mixed methodology was used that was divided into three stages: 1) Systematic literature review, 2) projection of climate data for the years 2050, 2070 and 2100 and, 3) simulation of the model with the current characteristics of social housing and simulation of the model with clean technologies. As part of the results, it was found that, although the use of these technologies represents an improvement for the basic module, it does not necessarily comply in all cases with the thermal standards established in future scenarios. Additionally, it was observed that investment in R+D can be a mechanism to promote the exploration and use of these clean technologies in Latin American cities. However, it is necessary to evaluate other factors such as economic and social, to fully determine its resilience potential in this city.

**Keywords:** Climate change; Resilient design; Clean technologies.

## 1 Introducción

El cambio climático y la recurrencia de temperaturas extremas, consecuencia del acelerado crecimiento de las ciudades, representan un reto para el diseño y la construcción de vivienda (IEA AND UNEP, 2018), principalmente desde una perspectiva de eficiencia energética y sostenibilidad. Esta situación es más representativa en las ciudades de América Latina (HERNÁNDEZ MORENO; HERNÁNDEZ MORENO; ALCARAZ VARGAS, 2021), ya que tenderán a sufrir más las secuelas del cambio climático y es donde los procesos de transferencia tecnológica tienen un bajo impacto en la construcción de vivienda a nivel general (CUBILLOS-GONZÁLEZ; CARDOSO, 2020).

Como respuesta a esta situación, surge el diseño resiliente (RESILIENT DESIGN INSTITUTE, 2020), el cual implica la adaptación y flexibilidad de los proyectos para combatir los efectos del cambio climático sobre el confort y la salud de las personas considerando condiciones climáticas extremas en escenarios futuros. Por ello, es necesario realizar estudios que puedan identificar la compatibilidad del desempeño de las viviendas en términos de resiliencia (NURDINI; HADIANTO, 2018).

Del mismo modo, y desde este concepto de diseño, el uso de tecnologías limpias se convierte en una oportunidad para lograr proyectos más sostenibles y resilientes en el tiempo ante fenómenos como este (COLEY *et al.*, 2017; CUBILLOS-GONZALES, 2017). Esto se traduce en la necesidad de diseñar y construir en función de abordar los efectos de la variación del clima sobre los ocupantes en el ambiente interior, pero también para minimizar el impacto del entorno construido. No obstante, cabe mencionar que estos factores no siempre son considerados por la industria de la construcción, debido a condiciones primariamente económicas.

De acuerdo a lo anterior, surge la pregunta que guía esta investigación: ¿cuál es el potencial de resiliencia de las tecnologías limpias aplicables en un módulo básico de vivienda social en Passo Fundo? Dicho esto, el objetivo del trabajo es implementar tecnologías aplicables en un módulo básico de vivienda social en Passo Fundo, a través de diferentes escenarios de cambio climático y así evaluar su potencial de resiliencia. A continuación, la estructura del artículo se presenta de la siguiente manera: primero se expone la metodología; en segundo lugar, se describen los resultados; en tercer lugar, se muestra la discusión y conclusiones derivadas; y, por último, las referencias.

## 2 Metodología

El marco metodológico de este estudio es de naturaleza mixta, puesto que incluye aspectos tanto cualitativos como cuantitativos. De la misma forma, es de tipo confirmatoria, en donde se utiliza investigación bibliográfica y experimental para la

obtención de los datos. Para su desarrollo se establecieron tres etapas principales: 1) revisión sistemática de literatura, 2) proyección de datos climáticos y, 3) simulaciones.

## 2.1 Revisión sistemática

En primer lugar, se hizo una revisión sobre tecnologías limpias bajo el método PRISMA (MOHER *et al.*, 2009). Para ello, se emplearon los tres constructos que guían esta investigación: tecnologías limpias, diseño resiliente y vivienda social (ver tabla 1). Los cuales se combinaron entre sí para lograr un total de 7 revisiones. Como bases de datos para esta búsqueda se usaron Scopus (como fuente de datos estructurados) y Google Scholar (para fuente de datos no estructurados).

Una vez ejecutada la revisión, se analizó la información y se identificaron las tecnologías limpias más usadas en el sector construcción a nivel global. Posteriormente, se revisaron sus posibles aplicaciones en países latinoamericanos y finalmente se evaluó cuáles pueden ser resilientes para los países de estudio: Brasil y Colombia.

## 2.2 Proyección de datos climáticos

Para la segunda etapa, se tomó de trabajos previos (FONSECA GRANADOS, 2019; GRANADOS, 2021; NIETO-BARBOSA; CUBILLOS-GONZALEZ; BARRIOS SALCEDO, 2021), el Año Típico Climático de Passo Fundo, y se proyectó con ayuda del software *Meteonorm*, para los años 2050, 2070 y 2100 (ver figura 1).

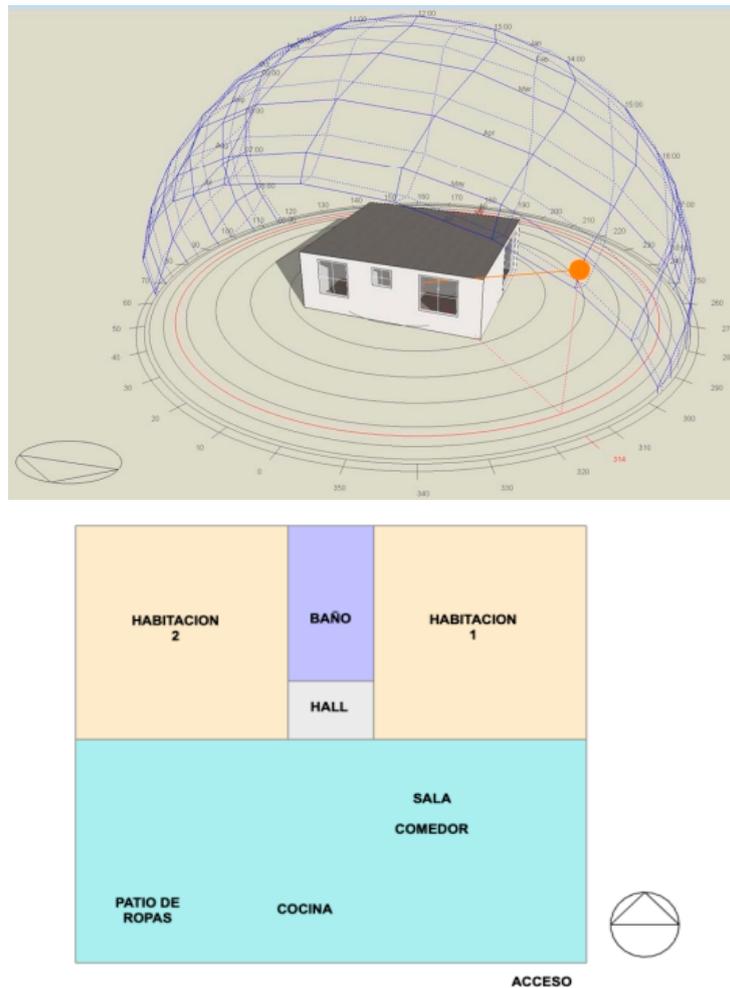
## 2.3 Simulaciones

Esta última etapa se dividió en tres partes: 1) simulaciones de un módulo básico de vivienda con materiales existentes, 2) simulaciones de un módulo básico de vivienda con un material sostenible, y, 3) simulaciones de un módulo de vivienda incorporando estrategias de diseño más un material sostenible. Para cada una de estas etapas, se utilizó el software *Design Builder*, modificando las variables de entrada de acuerdo al propósito de cada simulación.

- ♦ *Simulaciones de un módulo básico de vivienda con un material existente:* como primer paso, se modeló un apartamento tipo de vivienda social de Passo Fundo de 42.5 m<sup>2</sup>. En cuanto a su distribución espacial, consta de 1 habitación, 1 baño, sala-comedor, cocina y área de ropas (ver figura 1). Adicional a lo anterior, se utilizó el bloque de arcilla como material principal de la envolvente, pues es el material más utilizado para la vivienda social en este lugar. Una vez realizado el modelo básico, se procedió a simular correspondiente bajo las condiciones climáticas proyectadas para los años 2050, 2070 y 2100. Cabe resaltar, que, para esto se emplearon los datos

promedios diarios, tomando como referencia el día más frío y el día más cálido de cada año.

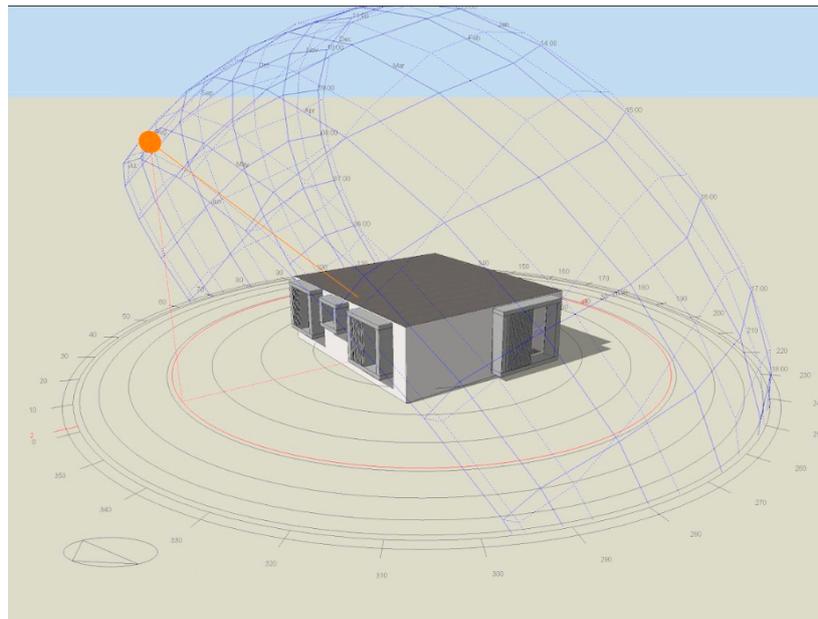
**Figura 1.** Modelo básico Passo Fundo



**Fuente:** Elaborado por Luis Edgardo Fonseca Granados.

- ♦ *Simulaciones de un módulo básico de vivienda con un material sostenible:* Posteriormente a la simulación de cada modelo con sus características de diseño actuales y material común, se procedió a simular cambiando el material de la envolvente por uno considerado sostenible. En este caso, se seleccionó el cáñamo y se repitió el proceso de simulación con las condiciones climáticas de los años proyectados para Passo Fundo.
- ♦ *Simulaciones de un módulo de vivienda incorporando estrategias de diseño más un material sostenible:* finalmente, se alteró el modelo, incluyendo, además del cambio de material del paso anterior, estrategias de diseño sostenibles y resilientes para esta ciudad de acuerdo a la literatura revisada (ver figura 2), y se continuó con las simulaciones en el clima proyectado.

**Figura 2.** Modelo con modificaciones en el diseño para Passo Fundo



## 3 Resultados

### 3.1 Revisión sistemática de la literatura

Una vez revisada la literatura, se encontró que las tecnologías limpias más usadas en general para el sector de la construcción son: calor y energía combinados (subestaciones eléctricas a gas); la Passive house con el uso de elementos operables, ventilación cruzada, aislamiento en sótanos, garajes o áreas de almacenamiento en el costado del edificio que enfrenta el mayor viento; la envolvente baja en gases de efecto invernadero, o construcción liviana y uso de materiales sostenibles; el techo fresco, que se traduce en superficie de techo clara y material con reflectancia solar  $>0.7$ ; y, el aprovechamiento solar mediante la orientación (ABDILDIN; NURKENOV; KERIMRAY, 2021; KORETSKY *et al.*, 2021; ŠVAJLENKA; KOZLOVSKÁ, 2021).

Dicho esto, de estas tecnologías mencionadas, las que pueden aplicar para Passo Fundo y representan un potencial de resiliencia allí, son: Passive House, envolvente baja en gases de efecto invernadero, y aprovechamiento de la luz del día (ABDILDIN; NURKENOV; KERIMRAY, 2021). Esto teniendo en cuenta sus características climáticas, ubicación y accesibilidad. De este modo, según el software *Climate Consultant*, para esta ciudad, el Passive House se puede implementar con voladizos de ventanas o parasoles operables, así como facilitando la ventilación cruzada en el edificio. En cuanto la envolvente baja en gases de efecto invernadero, se pueden utilizar materiales de baja emisión o *sostenibles* como la madera, el bloque de tierra comprimida o el cáñamo. Para el caso del aprovechamiento de la luz del día por orientación, en la ciudad brasilera, la fachada principal debe orientarse hacia el norte (ver tabla 1).

**Tabla 1.** Descripción tecnologías limpias con potencial de resiliencia en Passo Fundo

Tecnologías limpias	Concepto	Estrategias de Diseño Resiliente Passo Fundo	Técnicas/aplicación
1 Calor e Energia Combinados (CHP)	Es la producción simultánea de dos formas de energía a partir de una sola fuente de combustible.	Ganancia de calor de luces, personas y equipos.	Subestación eléctrica a gas
2 Passive house	Estándar de diseño que logra el confort térmico con un mínimo de calefacción y refrigeración mediante el aislamiento, hermeticidad, diseño adecuado de ventanas y puertas, sistemas de ventilación con recuperación de calor y eliminación de puentes térmicos.	Voladizos de las ventanas o parasoles operables.  Facilitar ventilación cruzada localizando puertas y ventanas en el lado opuesto del edificio.	Elementos verticales y celosías para orientaciones diferentes hacia la línea del ecuador. Aberturas de entrada perpendiculares a (o como máximo $\pm 45^\circ$ ) desde los vientos dominantes. Las aberturas de salida en el lado opuesto.
		n.a	Acristalamiento de 10% a 28°.
		n.a	Ventanas operables, paneles corredizos, black outs, cortinas.
		n.a	Árboles ni coníferos ni caducifolios) no deben plantarse frente a ventanas solares pasivas pero si a $45^\circ$ . Barreras impermeables continuas con suficiente circulación de aire interior.
		n.a	Pasillo entre fachada y espacios interiores (la fachada con un mínimo de 10 cm de espesor, con ‘relación de superficie expuesta a área de acristalamiento solar’ de 3:1 a 9:1.

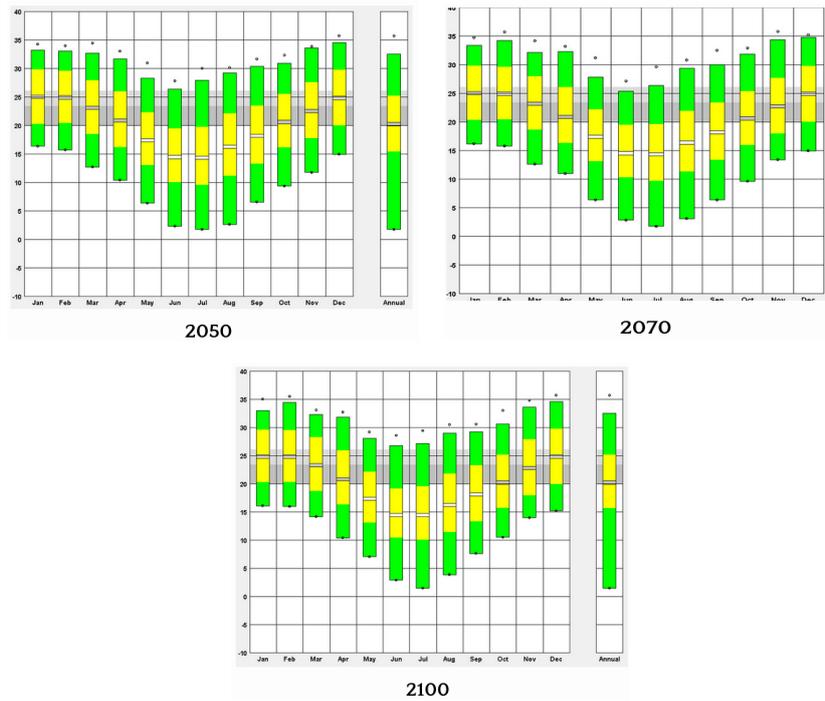
Tecnologías limpias	Concepto	Estrategias de Diseño Resiliente Passo Fundo	Técnicas/aplicación
3	Envolvente de baja GEI  Se logra a través de la optimización de espesor de aislamiento y la resistencia térmica del material que se esté utilizando.	Construcción liviana y paredes operables, espacios al aire libre sombreados.	BTC (Bloque de tierra comprimida). Madera recuperada o de bosques climáticamente inteligentes. Muros monolíticos de Cañamo. Acero de hornos de arco electrónico.
4	Techo fresco  Techo elaborado con materiales o recubrimientos que reflejan considerablemente la luz solar y reducen el calor de un edificio.	n.a	Superficie del techo color clara y material con Reflectancia solar (SR) de > 0,7; y Emitancia térmica (TE) de > 0,75.
5	Aprovechamiento de la luz del día  Proporcionar adecuada iluminación en cuanto a calidad y cantidad se refiere.	Ganancias solares por orientación. Maximizar exposición en verano.	Orientación fachadas principales en norte (para Passo Fundo) y sur (para Tunja).

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2 Proyección de datos

Se visualizó que los meses que presentan mayor variación promedio de temperatura en Passo Fundo son febrero y abril, no obstante, enero y julio que por lo regular son meses críticos, mantienen un promedio muy similar durante los años proyectados. Así mismo, cabe resaltar que, aunque las temperaturas promedio no presentan mayor variación durante estos años, se evidencia que el clima tiende a calentarse 1°C. También se detectó que el clima tiende a comportarse de forma similar cada 50 años, pues los datos en las proyecciones para 2050 y para 2100 son muy equivalentes (ver figura 3).

**Figura 3.** Proyección de datos climáticos Passo Fundo



**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.3 Simulaciones

En las simulaciones del modelo con sus condiciones actuales de diseño y de materialidad (bloque de arcilla), se observó que, para 2050 la temperatura operativa mínima promedio es de 23.76°C, y la máxima de 34.21°C. Para el 2070, la temperatura mínima sería de 24.06°C y la máxima de 35.53°C; y, para el 2100, los resultados son 23.68°C y 34.22°C respectivamente. Teniendo en cuenta que el rango de confort para esta ciudad es de 20°C a 30°C, Passo Fundo, estaría en confort el 50% del tiempo durante los años proyectados y el otro 50% tendería a sobrecalentarse.

Por otra parte, continuando con los procesos de simulación, para la aplicación de la tecnología limpia, se realizó un cambio de material en la envolvente del modelo por uno de baja emisión de gases de efecto invernadero como lo es el *cáñamo*. En este caso, se evidenció que para 2050 la temperatura mínima es de 26.66°C y la máxima de 35.81°C. Mientras que para 2070, el dato mínimo es de 27.02°C y el máximo de 36.58°C; y, para 2100, son de 26.03°C y 35.94°C consecutivamente. Esto quiere decir, que al igual que en proceso anterior, se estaría en confort el 50% del tiempo durante los años proyectados y el otro 50% tendería a sobrecalentarse.

Por último, cuando se simuló el modelo con la envolvente de bloque de cáñamo y las modificaciones en el diseño de acuerdo a las estrategias de Passive house y de orientación aplicables en esta ciudad, se visualizó lo siguiente: para 2050 la temperatura operativa mínima es de 22.45°C y la máxima es de 27.09°C; para 2070, la temperatura mínima es de 22.50°C y la máxima es de 30.63°C; y, para 2100, los valores son 22.31°C y

27.93°C respectivamente. Lo anterior, indica que, con las modificaciones en el diseño, la temperatura interior tiende a mejorar significativamente en los años proyectados, y, solo se encuentra fuera del rango de confort en la época cálida del año 2070 (ver tabla 2).

**Tabla 2.** Síntesis resultados simulaciones

RESULTADOS SIMULACIONES													
PASSO FUNDO	Material	2050		2070		2070		2100		2100			
		Día más frío °C		Día más cálido °C		Día más frío °C		Día más cálido °C		Día más cálido °C			
	Bloque de arcilla	23,76	34,21	23,92	30,37	24,06	34,83	26,06	35,53	23,68	34,22	24,55	31,76
	Bloque de cañamo	26,66	35,81	25,27	29,99	27,02	36,58	28,16	36,21	26,63	35,94	26,03	31,52
	Bloque de arcilla + diseño	21,24	26,77	23,28	27,94	21,67	26,93	24,73	31,05	21,07	26,55	23,72	28,76
	Bloque de cañamo + diseño	22,45	26,74	24,14	27,09	22,59	26,96	30,63	30,63	22,31	26,6	24,56	27,93

Fuente: Elaborado por Luís Edgardo Fonseca Granados.

## 4 Discusión y conclusiones

Acorde con los resultados derivados de las simulaciones, se puede afirmar que en Passo Fundo, la implementación de las estrategias de diseño resiliente sobre el modelo básico, es suficiente para mantener el módulo de vivienda dentro de la zona de confort durante la mayor parte del tiempo en los años proyectados. Por el contrario, el cambio de material en la envolvente resulta menos eficiente y tiende a sobre calentar el espacio durante los momentos cálidos del año. En este orden, para la ciudad brasileña, la tecnología *Passive house* tiene mayor potencial de resiliencia que la tecnología *Envolvente baja en gases de efecto invernadero*.

Lo anterior, evidencia que no necesariamente los materiales considerados sostenibles, llegan a ser resilientes y aplicables a cualquier contexto o lugar. Por ejemplo, se tiene la creencia de que la construcción en madera es sostenible, sin embargo, de acuerdo con Pelli (2021), existen otras soluciones que además de ser sostenibles, tienen potencial de resiliencia desde el punto de vista del mercado pues demuestran innovaciones de servicio más versátiles.

Es decir, la efectividad de las tecnologías limpias depende en gran parte de las características tanto climáticas, como económicas, sociales y culturales particulares de cada lugar. Por otra parte, la sostenibilidad de la vivienda desde la perspectiva de los usuarios, está directamente relacionada con la mano de obra y el tiempo de construcción, que a su vez dependen de la elección del sistema de construcción, la rentabilidad del uso, la composición del material y el diseño (ŠVAJLENKA; KOZLOVSKÁ, 2021).

De manera similar, las motivaciones y expectativas de las entidades gubernamentales y constructoras también influyen en el uso y adopción de tecnologías limpias en función de la sostenibilidad (VALENCIA-GRAJALES *et al.*, 2019). Dicho esto, es necesario mencionar que este tipo de tecnologías cuentan con baja inversión en los países europeos a comparación de la inversión en tecnologías limpias para sectores como el automotriz o el industrial (KALKABAYEVA; RAKHMETOVA; ASSANOVA, 2021; KORETSKY *et al.*, 2021).

Finalmente, autores como Rocha, L. A., Lima, P. V. P. S., Khan, A. S., y De Sousa, E. P. (2019) sugieren una relación significativa y heterogénea entre la innovación y el desempeño empresarial, en donde las inversiones en I+D (investigación más desarrollo), muestran mayor contribución (LAURENS; LE BAS; LHUILLERY, 2018-; TIMILSINA; MALLA, 2021). Esto indica que la inversión en I+D puede ser una herramienta para promover la exploración y aplicación de tecnologías limpias en ciudades latinoamericanas como la seleccionada en este trabajo, así como los procesos de innovación asociados (DÖRR, 2022; HERMAN, 2018; LI *et al.*, 2021).

### *Agradecimientos*

Este trabajo fue posible gracias al apoyo financiero del programa PROSUP CAPES. Programa al cual agradezco por permitirme realizar mis estudios de maestría y formarme en investigación a través de sus Becas. Así mismo, agradezco a mis tutores Grace Tibério Cardoso y Rolando Arturo Cubillos Gonzalez, por su apoyo, conocimiento y aportes en el desarrollo de este trabajo y del proyecto de disertación.

## Referencias

- ABDILDIN, Yerkin G.; NURKENOV, Serik A.; KERIMRAY, Aiymgul. Analysis of Green Technology Development in Kazakhstan. *International Journal of Energy Economics and Policy*, [s. l.], 2021.
- ANDRADE ROCHA, Leonardo *et al.* R&d spillovers, innovation and market value: Evidence of absorptive capacity in the generation of clean technologies. *Estudios de Economia Aplicada*, [s. l.], v. 37, n. 2, 2019.
- COLEY, D *et al.* Probabilistic adaptive thermal comfort for resilient design. *Building and Environment*, [s. l.], 2017.
- CUBILLOS-GONZALES, Rolando. Principios para el diseño de vivienda social resiliente frente al cambio climático. In: LOS RETOS EN LA VIVIENDA DEL SIGLO XXI. [S. l.]: Universidad Autónoma de Coahuila, 2017.
- CUBILLOS-GONZÁLEZ, Rolando Arturo; CARDOSO, Grace Tiberio. Clean technology transfer and innovation in social housing production in Brazil and Colombia. A framework from a systematic review. *Sustainability*, [s. l.], v. 12, n. 4, p. 1–12, 2020.
- DÖRR, Julian Oliver. Mapping Technologies to Business Models: An Application to Clean Technologies and Entrepreneurship. *SSRN Electronic Journal*, [s. l.], 2022.
- FONSECA GRANADOS, Luis Edgardo. *Análisis del comportamiento térmico de las envolventes de las viviendas VIS en la ciudad de Tunja desde el enfoque de las tecnologías limpias*. 2019. 84 f. - Tesis de Maestría Universidad Católica de Colombia, [s. l.], 2019.
- GRANADOS, Luis Edgardo Fonseca. *Informe de Asistencia Técnica*. Tunja: [s. n.], 2021.
- HERMAN, K. S. *Cross-border, policy-induced innovation in clean technologies*. 2018. - Doctoral dissertation, Rutgers University-Graduate School-Newark, [s. l.], 2018.
- HERNÁNDEZ MORENO, Silverio; HERNÁNDEZ MORENO, José Antonio; ALCARAZ VARGAS, Bianca Gilliana. *Reducción de la huella de carbono en las ciudades mexicanas. Enfoque urbano-arquitectónico*. Primeraed. Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México, 2021.
- IEA AND UNEP. *International Energy Agency and the United Nations Environment and UNEP. (2018). International Energy Agency and the United Nations Environment Programme - Global Status Report 2018: Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construct*. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://www.worldgbc.org/news-media/2018-global-status-report-towards-zero-emission-efficient-and-resilient-buildings-and>.
- KALKABAYEVA, Gaukhar; RAKHMETOVA, Aibota; ASSANOVA, Marina. Financing of eco-innovations: Sources and trends in Kazakhstan. *International Journal of Energy Economics and Policy*, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 173–179, 2021.
- KORETSKY, Zahar *et al.* A qualitative-computational cataloguing of the EU-level public research and innovation portfolio of clean energy technologies (2014–2020). *Current Research in Environmental Sustainability*, [s. l.], v. 3, 2021.

LAURENS, Patricia; LE BAS, Christian; LHUILLERY, Stéphane. *Firm specialization in clean energy technologies: The influence of path dependence and technological diversification*. [S. l.: s. n.], 2018-. ISSN 01543229.v. 164

LI, Jiawei *et al.* Are clean technologies more effective than end-of-pipe technologies? Evidence from chinese manufacturing. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, [s. l.], v. 18, n. 8, 2021.

MOHER, David *et al.* Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses : The PRISMA Statement. *PLoS med*, [s. l.], v. 6, n. 7, 2009.

NIETO-BARBOSA, V.; CUBILLOS-GONZALEZ, R.; BARRIOS SALCEDO, R. Resilient Design Aspects Applied to the Envelope that Determine Thermal Comfort in Social Housing. *Revista Ingenieria de Construccion*, [s. l.], v. 36, n. 2, p. 197–209, 2021.

NURDINI, Allis; HADIANTO, Nur Fitra. Conformity of Vertical Public Housing's Performance With Resilience Agenda in Bandung Metropolitan Area. *Indonesian Journal of Science & Technology*, [s. l.], v. 3, n. 1, p. 53–63, 2018.

PELLI, Päivi. Service innovation and sustainable construction: Analyses of wood vis-à-vis other construction projects. *Cleaner Engineering and Technology*, [s. l.], v. 2, n. February, 2021.

RESILIENT DESIGN INSTITUTE. *Resilient Design Buildings*. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://www.resilientdesign.org/>

ŠVAJLENKA, Jozef; KOZLOVSKÁ, Mária. Factors influencing the sustainability of wood-based constructions' use from the perspective of users. *Sustainability (Switzerland)*, [s. l.], v. 13, n. 23, 2021.

TIMILSINA, Govinda; MALLA, Sunil. *Do Investments in Clean Technologies Reduce Production Costs? Insights from the Literature*. [S. l.: s. n.], 2021.

VALENCIA-GRAJALES, A. M *et al.* Qualitative analysis of the factors motivating green roof adoption. *Revista Lasallista de Investigación*, [s. l.], v. 16, n. 2, p. 53–66, 2019.