

Director
Dr. Arq. Daniel Vedoya

Coordinadora
Dra. Arq. Claudia Pilar



ANUARIO DEL ITDAHu

2021



DIRECTOR

Dra. Arq. Daniel Edgardo Vedoya

COORDINADORA

Dra. Arq. Claudia Pilar

Anuario del ITDAHu

2021

Autores

Daniel Vedoya - Claudia Pilar

Florencia Galizzi – Sol Gasparini

Mario Rubén Berent - Luis Vera

2023

Vedoya, Daniel Edgardo

Anuario del ITDAHu 2021 / Daniel Edgardo Vedoya ; Claudia Alejandra Pilar ; compilación de Daniel Edgardo Vedoya ; Claudia Alejandra Pilar. - 1a ed adaptada. - Corrientes : Ediciones del ITDAHu, 2023.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-48995-2-1

1. Nuevas Tecnologías. I. Pilar, Claudia Alejandra. II. Título.
CDD 720.2

Ediciones del ITDAHU

Av. Maipú 228 – (3400) Corrientes (Rep. Argentina)

Diseño de tapa: Claudia Pilar

Impreso por Sistema Gráfico Digital

en el departamento de Publicaciones del Área de Técnicas Educativas del ITDAHu

Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Universidad Nacional del Nordeste

Impreso en Argentina

Mayo de 2023

ISBN 978-987-48995-2-1



INDICE

INDICE.....	4
PRÓLOGO.....	5
EL MITO DEL PANAL DE ABEJAS.....	6
ENFOQUE SOCIOTÉCNICO DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED EN BARRIOS DE VIVIENDAS EN CIUDADES DE LA REGIÓN NORDESTE ARGENTINA.....	17
SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED EN BARRIOS DE LA CIUDAD DE RESISTENCIA, CHACO.....	24
PERCEPCIÓN SOBRE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA DE LOS PROFESIONALES DE LA CONSTRUCCIÓN.....	39
LAS ENVOLVENTES VERDES COMO PRINCIPALES HERRAMIENTAS PARA DISMINUIR EL CONSUMO ENERGÉTICO DE LOS EDIFICIOS	53
RELEVAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE CASOS DE MUROS Y TECHOS VERDES EN LA CIUDAD DE RESISTENCIA, CHACO.....	66
LOS SISTEMAS DE ENVERDECIMIENTO COMO EXPRESIÓN DE LA ARQUITECTURA BIOINSPIRADA Y SU INCIPIENTE APLICACIÓN EN LA CIUDAD DE RESISTENCIA	81
LAS ENVOLVENTES VERDES COMO PRINCIPALES HERRAMIENTAS PARA DISMINUIR EL CONSUMO ENERGÉTICO DE LOS EDIFICIOS	93
PROYECTOS Y RECICLAJE EN LA REGIÓN TRANSFRONTERIZA.....	100
RELEVAMIENTO DE EJEMPLOS INTERNACIONALES Y NACIONALES, Y APLICACIÓN HIPOTÉTICA DE MADERA CONTRALAMINADA CRUZADA EN EDIFICIO DE LA REGIÓN NORDESTE ARGENTINA	105
MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL DESDE LA PERSPECTIVA CIRCULAR DE LA MATERIA Y LA ENERGÍA	120

PRÓLOGO

El escenario que nos presentó 2021 no fue diferente al de 2020, persistiendo la situación pandémica que comprometió a todo el planeta.

No obstante, la convicción y determinación por mantener en alto el compromiso asumido con la comunidad, desde nuestros respectivos roles como docentes, investigadores, y formadores de recursos humanos, nos ha permitido llegar a los resultados que hoy pueden apreciarse en esta nueva entrega del Anuario del ITDAHu, ahora correspondiente a las acciones desarrolladas durante 2021.

2020 fue una especie de ámbito preparatorio para lo que pudiere sobrevenir, luego del impacto sorpresivo que fue la presencia del virus del Covid 19.

2021 no nos encontró desprevenidos y, gracias a la experiencia vivida, hemos podido afianzar aún más los ideales perseguidos en nuestro Estatuto, en cumplimiento de los Fines propuestos.

Este es, sin duda, el comienzo de una nueva etapa de trabajo, en la que se han incorporado las herramientas informáticas en el ejercicio de la docencia, para un trabajo de grupo en ámbitos virtuales, con modalidad de enseñanza a distancia, a lo que se suman otras actividades centradas en la investigación, en las que se comparten nuestras propias experiencias con las de catedráticos e investigadores de otros ámbitos universitarios de nuestro planeta.

Resistencia (Prov. del Chaco), abril de 2023.

Dr. Arq. Daniel Edgardo Vedoya

Director del ITDAHu

EL MITO DEL PANAL DE ABEJAS

Daniel Edgardo Vedoya

III Simposio Internacional de Biomímesis.

“Interacciones entre bioinspiración, ciencias y artes del Futuro”.

Xalapa, Veracruz, México.

5 al 8 de octubre de 2021

Resumen

Es corriente afirmar que los panales de abejas son una demostración del conocimiento que tienen estos insectos sobre geometría y teselado del espacio.

Realmente, el panal de abejas es un emocionante caso de organización del espacio.

No obstante, la abeja actúa respondiendo a ciertos códigos genéticos que la naturaleza le impuso. Carece por completo de conocimientos de geometría.

Construye las celdas que albergarán las larvas y la miel, en forma de pequeños cilindros, utilizando sus antenas como medida, y empleando la cera que ella misma produce.

Mientras la cera se mantiene caliente está blanda y moldeable, y de este modo va acomodando las celdas unas con otras.

La genialidad de esta construcción no es precisamente una distribución hexagonal, que es la consecuencia del acomodamiento de la cera blanda en los encuentros, sino la selección natural de un modelo de ordenamiento que deja el menor intersticio entre las celdas adyacentes y, con esto, el cumplimiento estricto de dos leyes básicas y fundamentales de la naturaleza: la economía de la sustancia y el mínimo esfuerzo.

Así como en el espacio una pompa de jabón adopta la forma esférica por ser la respuesta más económica al equilibrio de las tensiones internas contenidas en un volumen máximo, la circunferencia es, en el plano, la respuesta más económica a las tensiones internas contenidas en una superficie máxima para un determinado perímetro.

La respuesta de equilibrio entre las tensiones internas de una trama de circunferencias, y las tensiones externas que actúan uniformemente sobre la trama es, precisamente, una trama hexagonal. El hexágono representa la máxima adaptación isotrópica correspondiente a una trama que tesela totalmente el espacio, sin dejar huecos. Como en este caso particular se está trabajando con una sola variedad de figura, el hexágono, se dice que el conjunto logrado es una equipartición del espacio.

Palabras Clave: Organización del espacio – Economía de la sustancia – Mínimo esfuerzo
- Equipartición

Abstract

It is common to affirm that honeycombs are a demonstration of bee's knowledge regarding geometry and tessellation of space. Honeycomb's are actually an exciting case of space organization. However, bee's act by responding to genetic codes imposed by nature. They completely lack knowledge about geometry. Using its antennae as a measure and the wax it produces, it builds cells in cylinder forms that will keep larvae and honey. While the wax is still warm it is soft and workable, in this way the bee accommodates the cells with each other. The genius of this construction is not precisely a hexagonal distribution, which is the consequence of the accommodation of soft wax in the encounters, but the natural selection of an ordinary model that leaves the smallest gap between the adjacent cells and, with this, the strict compliance of two basic and fundamental laws of nature: economy of substance and minimum effort. In space, a bubble of soap adopts the spherical shape because it is the most economical response to the equilibrium of the internal stress contained in a maximum volume. Similarly, in the plane, the circumference is the most economical response to the internal stress contained in a maximum surface area for a given perimeter. The equilibrium response between the internal stresses of a circle frame and the external stresses that act uniformly on the frame is precisely a hexagonal frame. The hexagon represents the maximum isotropic adaptation corresponding to a pattern that tiles the space completely without leaving gaps. As in this particular case we are working with a single variety of figure, the hexagon, it is said that the set achiever is an equipartition of space.

Keywords: Space organization - Economy of substance - Minimum effort - Equipartition

Introducción

Así como la esfera, en el espacio de tres dimensiones, es la respuesta más económica al equilibrio de las tensiones internas contenidas en un volumen máximo y para una determinada superficie, la circunferencia representa en el plano de dos dimensiones la respuesta más económica a las tensiones internas contenidas en una superficie máxima para un determinado perímetro.

Esto dicho en cuanto se considera, tanto a la esfera como a la circunferencia, cada una en forma individual.

La pompa de jabón (Fig. 1) es el resultado del equilibrio entre dos fuerzas opuestas. Por un lado, la presión del aire contenido en su interior, que pugna por expandirse, y por el otro, la presión atmosférica que se opone y tiende a aplastar la pompa.

En el medio, la membrana jabonosa, cuya forma es la de una esfera perfecta, se convierte en el límite que separa estas dos tensiones, y determina la superficie mínima necesaria y suficiente para contener el volumen de aire en su interior. Cualquier otro recipiente que contenga el mismo volumen de aire y cuya forma no sea esférica, indefectiblemente necesitará mayor superficie que la de la pompa.



Fig. 1 – Una pompa de jabón en el espacio. Fuente: Producción propia

Al apoyar esa misma pompa sobre una superficie plana, inmediatamente se convertirá en una semi esfera perfecta, como lo demuestra la imagen (Fig. 2).



Fig. 2 – Pompa apoyada sobre una superficie plana horizontal. Fuente: Producción propia

Al analizar una pompa de jabón, se descubrirá que en ella se cumplen las dos leyes básicas fundamentales de la naturaleza: de economía de la sustancia y del mínimo esfuerzo. Ahora, al anexar dos pompas entre sí, inmediatamente se deformarán definiendo una pared que las separa, que será plana o curva según estas pompas sean iguales o de diferente tamaño (Fig. 3).

Lo mismo pasará cuando se anexe una tercera pompa (Fig. 4), y una cuarta (Fig. 5).



Fig. 3 – Dos pompas anexadas



Fig. 4 – Tres pompas anexadas



Fig. 5 – Cuatro pompas anexadas

Fuente: Producción propia

Desarrollo

Si se observa en detalle el límite entre estas pompas, se comprobará que en ninguno de estos casos concurren más de tres en el encuentro, debido a que en este punto se produce una distribución tensional en tres direcciones.

Este fenómeno se puede aplicar cuando se trata de encontrar el menor recorrido entre tres (Fig. 6), cuatro (Fig. 7), cinco (Fig. 8), y no importa cuántos puntos sean, distantes unos de otros.

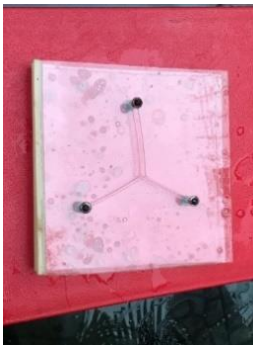


Fig. 6 – Distancia entre 3 puntos Fig. 7 – Distancia entre 4 puntos Fig. 8 – Distancia entre 5 puntos

Fuente: Producción propia

Esto que se vio hasta acá confirma el Teorema de Fermat, también conocido como “Punto de Fermat”, que propone que en todo triángulo siempre habrá un punto interior, y sólo uno, por el que pasará el recorrido menor que una con dicho punto los vértices del triángulo considerado.

En la siguiente imagen (Fig. 9) se comprueba una nueva convención, constante en toda distribución espacial existente en la naturaleza. Dado un conjunto de pompas en el espacio, a cada arista concurrirán sólo tres superficies o caras, y a cada vértice concurrirán sólo cuatro aristas.



Fig. 9 – Concurrencia de caras a cada arista y aristas a cada vértice. Fuente: Producción propia

Es corriente afirmar que los panales de abejas son una demostración del conocimiento que tienen estos insectos sobre geometría y teselado del espacio.

Realmente, el panal de abejas (Fig. 10) es un emocionante caso de organización del espacio.

Sin embargo, la abeja es un insecto que sólo actúa respondiendo a ciertos códigos genéticos que la naturaleza le impuso. Carece por completo de conocimientos de geometría.

Construye las celdas que albergarán las larvas y la miel, en forma de pequeños cilindros, utiliza sus antenas como medida, y emplea para la construcción la cera que ella misma produce.

Mientras la cera se mantiene caliente está blanda y moldeable, y de este modo va acomodando las celdas unas con otras.



Fig. 10 – Panal de abejas. Fuente: <https://howtodoright.com/where-do-honey-bees-live/>

Lo realmente genial de esta construcción no es precisamente su distribución hexagonal, que en definitiva es la consecuencia del acomodamiento de la cera blanda en los encuentros, sino la selección natural de un modelo de ordenamiento que deja el menor intersticio entre las celdas adyacentes y, por consiguiente, el cumplimiento fiel y estricto de esas dos leyes básicas y fundamentales de la naturaleza: la economía de la sustancia y el mínimo esfuerzo.

Así como la esfera, representada por una pompa de jabón en el espacio, es la respuesta más económica al equilibrio de las tensiones internas contenidas en un volumen máximo, la circunferencia representa en el plano, para una determinada superficie, la

respuesta más económica a las tensiones internas contenidas en una superficie máxima para un determinado perímetro.

Cuando se trata de llenar el espacio partiendo de una circunferencia, la propiedad de isotropía que estaba presente cuando fue considerada individualmente, ya no es posible lograr debido a su incapacidad para llenar por sí sola el espacio sin dejar intersticios. Esta incapacidad no significa que no puedan desarrollarse tramas a partir de circunferencias, por el contrario, se puede establecer perfectamente un sinnúmero de combinaciones de circunferencias entre sí (Fig. 11).

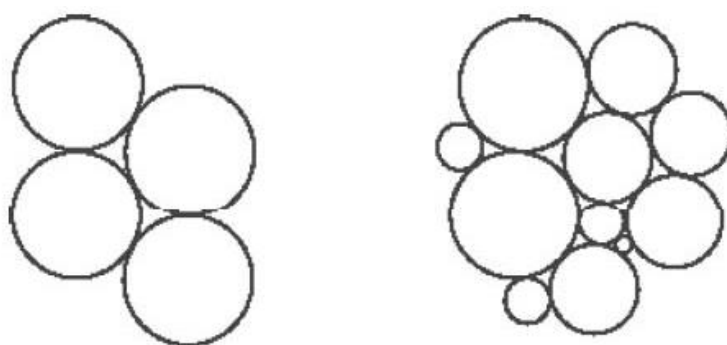


Fig. 11 – Distintas formas de componer circunferencias anexadas. Fuente: Producción propia

Cuando se trata de organizaciones con circunferencias iguales, el problema se reduce a dos alternativas; la 1ª con una circunferencia central y otras 6 adyacentes Fig. 12), ordenadas según tres direcciones, y la 2ª con una circunferencia central y otras 4 adyacentes (Fig. 13), a las que se adicionan otras 4 más, adyacentes a estas últimas, ordenadas en dos direcciones.

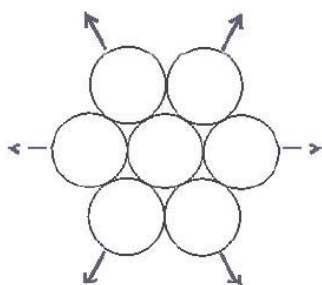


Fig. 12 – Ordenamiento según 3 direcciones

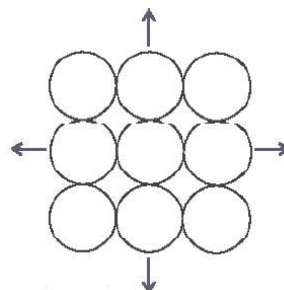


Fig. 13 - Ordenamiento según 2 direcciones

Fuente: Producción propia

En los dos casos mencionados se producen espacios intersticiales; en el primero, con tres lados curvos Fig. 14), y en el segundo con cuatro (Fig. 15).

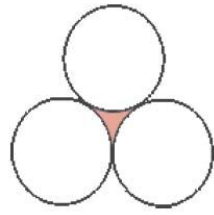


Fig. 14 – Intersticio de tres lados curvos

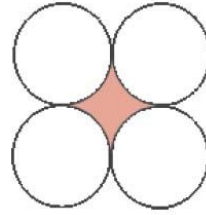


Fig. 15 – Intersticios de cuatro lados curvos

Fuente: Producción propia

En cada circunferencia de estas tramas, existen tensiones que pugnan por expandir el espacio interior, fuerzas que son contenidas por las circunferencias adyacentes, en el punto de contacto. A medida que se aleja del punto de contacto, se podrá observar que comienza a deformarse bajo la acción de aquella tensión. Como la circunferencia es la respuesta de equilibrio a las tensiones que se producen en su interior en forma uniforme (isotropía), al ser iguales entre sí las circunferencias que integran la trama, sus tensiones también lo serán, pues de otro modo las respuestas hubieran sido diferentes.

Consecuentemente, las deformaciones debidas a dichas tensiones serán uniformes (considerando que hay tensiones externas que actúan hacia el interior de la trama). En el punto de contacto de una circunferencia con la adyacente, las tensiones internas en ambas son iguales y, por lo tanto, se anulan mutuamente (Fig. 16). No obstante, en la zona del intersticio, como ahí no existe tensión alguna que actúe, la circunferencia tenderá a aplastarse hasta llegar a cubrir dicho espacio (Fig. 17), equilibrándose con la adyacente.

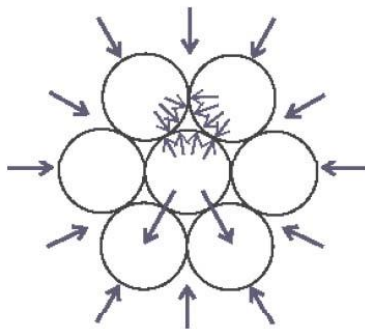


Fig. 16 – Las tensiones se anulan en los puntos de contacto

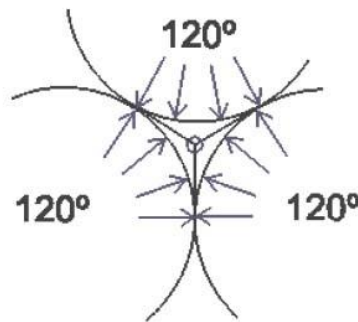


Fig. 17 – Las tensiones deforman la superficie

Fuente: Producción propia

Esta deformación continuará hasta cubrir totalmente el hueco y convertir las curvas en líneas rectas. Los ángulos que se forman en el punto de incidencia de las tres

circunferencias, por tratarse de una deformación uniforme, debida a tensiones iguales, serán también iguales entre sí. Como se trata de tres ángulos iguales que dividen a la circunferencia de 360° , cada uno valdrá 120° , que es precisamente el valor del ángulo interior en los vértices de un hexágono regular (Fig. 18).

La respuesta de equilibrio a las tensiones externas que actúan uniformemente en todas las direcciones posibles sobre una trama de circunferencias como en los ejemplos dados, es precisamente una trama hexagonal. El hexágono representa la máxima adaptación isotrópica correspondiente a una trama que tesela totalmente el espacio, sin dejar huecos. Como en este caso particular se ha trabajado con una sola variedad de figura, el hexágono, el conjunto logrado se dice que es una equipartición del espacio.

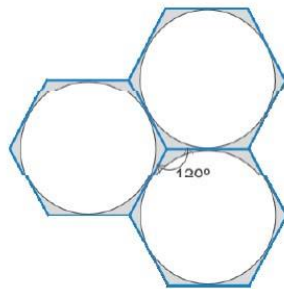


Fig. 18 – Conformación hexagonal como resultado de la deformación. Fuente: Producción propia

Decirlo con palabras y gráficos elaborados puede resultar interesante pero no verosímil. No obstante, las leyes físicas son inalterables y demuestran una vez más que esto es así. Para ello, las pompas de jabón ponen nuevamente de manifiesto la presencia de esas dos leyes fundamentales, del mínimo esfuerzo y de economía de la sustancia (Figs. 19 a 25).



Figuras 19 a 21: Proceso de integración desde una a 2 y 3 pompas. Fuente: Producción propia



Figuras 22 a 24: Proceso de integración de 4, 5 y 6 pompas. Fuente: Producción propia



Figuras 25: Proceso de integración de 7 pompas formando un hexágono. Fuente: Producción propia

Nótese la forma hexagonal adoptada por la pompa central, encerrada por las otras seis.

Conclusiones

La Trama hexagonal es una constante en innumerables ejemplos que nos brinda la naturaleza, como el ordenamiento, también según una trama hexagonal, de los ocelos en el ojo complejo de una mosca (Fig. 26).



Fig. 26 – Ojo complejo de una mosca. Fuente: <https://es.calcuworld.com/cuantos/cuantos-ojos-tiene-una-mosca/>

O también el esquema que se destaca en el caparazón de una tortuga (Fig. 27).



Fig. 27 – Diseño hexagonal del caparazón de una tortuga. Fuente: Producción propia

La geometría está en la naturaleza, en la forma de los seres animados e inanimados, y parece seguir leyes matemáticas que el ser humano ha intentado descifrar a lo largo de la historia. Es muy común que, debido a la curiosidad investigadora de la especie humana, se pregunte por qué son tan abundantes en la naturaleza, tanto en el reino vegetal como en el animal, las formas pentagonales, hexagonales y espiraladas, del mismo modo que en el reino mineral predomina la estructura reticular basada en los órdenes cristalinos.

La forma en que crecen o en la que se mueven los seres vivos es a veces la razón de su forma, esto explica la abundancia de formas simétricas o el arrollamiento cónico-espiral de los caracoles. Otras veces son las propiedades físicas de la materia y la economía energética de la naturaleza las que explican ciertas elecciones, que parecen más bien hechas por un escultor, como ocurre en el caso de las formas esféricas de las gotas de rocío, las burbujas en líquidos hirvientes o las formas globosas de los frutos.

Las formas con curvatura son más abundantes en la naturaleza, las formas poliédricas en las construcciones humanas. Unas y otras disponen de un buen servicio de representación en el plano: las curvas planas y las líneas poligonales.

El estudio de las matemáticas partió de la formulación de preguntas relativas al mundo, ese mundo en el que se inserta el diseñador cuando observa las formas naturales para inspirarse.

Bibliografía

- Du SAUTOY, Marcus (2015): Los misterios de los números. Barcelona (España): Editorial Acantilado
- GHYKA, Matila C. (1953): Estética de las proporciones en la naturaleza y en las artes. Buenos Aires (Argentina): Editorial Poseidón
- GHYKA, Matila C. (1968): El número de oro - I. Los ritmos. Barcelona (España): Editorial Poseidón,
- PRAT, Emma Susana (2012): Sustentabilidad en la Educación Superior basada en la Tecnología Educativa Apropriada y Crítica. Tesis Doctoral. Doctorado en Arte Universidad Nacional de Misiones (UNAM), Argentina.
- SKINNER, Stephen (2007): Geometría sagrada. Madrid (España): Gaia Ediciones
- VEDOYA, Daniel E, et al (2020): Aprendiendo de la naturaleza desde los procesos. En Revista ARQUITECNO 11, págs. 47 a 51. Corrientes (Argentina): Ediciones del ITDAHu, junio de 2018
- VEDOYA, Daniel E. y HERMIDA, María del C. (2013): Principios básicos para la estructuración del espacio – Corrientes (Argentina): Ediciones del ITDAHu – ISBN: 978-987-25052-7-1
- VEDOYA, Daniel Edgardo y LONDERO, Mabel (2009): Las estructuras formales y las leyes de distribución en la naturaleza como estrategias para el diseño en arquitectura. Corrientes (Argentina): Ediciones del ITDAHu

ENFOQUE SOCIOTÉCNICO DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED EN BARRIOS DE VIVIENDAS EN CIUDADES DE LA REGIÓN NORDESTE ARGENTINA

Claudia Pilar

Mención del Premio de Investigación ARQUISUR

Mención Honorífica en el marco del premio INVESTIGACIÓN ARQUISUR,

Categoría 2 “Investigador formado”

Tucumán (Argentina) y Santiago de Chile (Chile). 7 de octubre de 2021

1. Información general

1.1. Título del Trabajo de Investigación:

Sistemas fotovoltaicos conectados a red en barrios de viviendas en ciudades de la Región Nordeste Argentina. Un enfoque sociotécnico.

1.2. Autora: Claudia Pilar.

Dr. Daniel Vedoya (Director) y Dr. Marcelo Zárate (Co Director).

1.3. Datos personales: E-mail: claudiapilar2014@gmail.com. Tel: +54 3624 248740. Dirección: Av. San Martín 880, Resistencia, Chaco, República Argentina.

1.4. Datos institucionales:

Unidad Académica de pertenencia: Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional del Nordeste.

Institución en el a que se realizó el doctorado: Doctorado en Arquitectura, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad Nacional del Litoral.

1.5. Fecha de culminación: 8 de noviembre de 2019.

1.6. Categoría: Investigador formado.

1.7. Área temática: Científico – Tecnológica.

2. Resumen

El presente trabajo aborda las posibilidades de incorporación de Sistemas Fotovoltaicos Conectados a Red (SFCR) en la envolvente arquitectónica de barrios de vivienda de la ciudad de Resistencia, provincia del Chaco, República Argentina, como caso de innovación sociotécnica.

Los SFCR permiten generar energía renovable de tipo distribuida, disminuyendo la facturación de energía, disminuyendo la emisión de gases de efecto invernadero, sin ocupar espacio adicional y transformando al usuario en un prosumidor.

Todos estos aspectos positivos, en especial desde una faceta ambiental, significan al mismo tiempo un desafío para el diseño arquitectónico.

En el ámbito de aplicación propuesto las condiciones ambientales son favorables, las cuestiones técnicas se encuentran resueltas, existe normativa que permite la generación distribuida y los SFCR son cada vez más competitivos económicamente, sin embargo, su aplicación es nula. Por ello surge la siguiente pregunta ¿Cuáles son los obstáculos que impiden la implementación-apropiación de la integración arquitectónica de los SFCR?

La metodología de carácter hipotético inferencial responde a la complejidad del objeto de investigación y combina instancias cualitativas y cuantitativas. Se abordan casos de estudio y de aplicación haciendo foco en la relación vivienda–usuario.

Como instancia propositiva se delinea un “Modelo Sociotécnico Situado” para favorecer la apropiación sociocultural de esta innovación técnica, que posee grandes beneficios ambientales.

3. Palabras clave

Energías renovables, sustentabilidad ambiental, innovación, generación distribuida, Prosumidor.

4. Objetivos Generales y Específicos.

Objetivo general: Comprender las posibilidades de implementación técnica y apropiación sociocultural de SFCR, tomando como campo de aplicación los barrios de viviendas de ciudades de la Región Nordeste Argentina (NEA).

Objetivos específicos:

- Identificar y describir los factores técnicos, ambientales, económicos, profesionales y humanos que condicionan la implementación-apropiación de la integración arquitectónica de los SFCR en ciudades de la Región NEA.
- Evaluar las posibilidades de implementación-apropiación de los SFCR en barrios de viviendas a partir del relevamiento profundo del “Caso de Estudio” y la aplicación hipotética en dos “Casos de Aplicación”.
- Proponer un “Modelo Sociotécnico Situado” que favorezca la implementación técnica y la apropiación sociocultural de los SFCR.

5. Metodología empleada:

Dada la complejidad del objeto de estudio se adopta el método “hipotético inferencial”, combinando diversos procesos lógicos como ser la deducción, la inducción, la abducción y la analogía. Se plantea una estrategia cuali-cuantitativa con dos instancias: “caso de estudio” y “casos de aplicación” (ver tabla 1).

	Caso de estudio	Casos de aplicación hipotética	
Ubicación	Corrientes	Resistencia, Chaco	
			
Nombre	Caso de estudio Barrio Concepción	Caso de aplicación 1: Barrio MUPUNNE	Caso de aplicación 2: Prototipo
Construcción	2017	1998	No construido
Instrumentos Metodológicos	Análisis de documentación técnica gráfica. Análisis de consumos eléctricos. Observación científica. Entrevistas a actores clave. Entrevistas a usuarios y vecinos del barrio.	Análisis de documentación técnica gráfica. Análisis de consumos eléctricos. Observación científica. Entrevistas a actores clave. Entrevistas vecinos del barrio construido. Modelación a través del Software PV*sol.	
Objetivo	Conocer las condiciones reales de implementación de SFCR: costos, impactos en la facturación, percepción de los usuarios y vecinos del barrio.	Analizar la potencial incorporación de SFCR en barrios construidos y a construir, determinando la generación de energía, costos, aspectos tecnológicos y posibilidades de implementación-apropiación.	

Tabla 1: metodología de abordaje. Fuente: elaboración propia.

El “caso de estudio” es un análisis post ocupacional del único caso construido de la Región NEA que posee SFCR: Barrio Concepción, Corrientes. En los “casos de aplicación” se realizaron dos hipotéticas intervenciones en barrios de la ciudad de Resistencia. El “caso de aplicación 1” es un barrio construido y el “caso de aplicación 2” es un prototipo del Instituto Provincial de Desarrollo Urbano y Vivienda (IPDUV). Se simuló tres arreglos fotovoltaicos a través del software PVsol Premium 2019 y se abordó la percepción del usuario y otros actores a través de estrategias cuali cuantitativas (entrevistas y encuestas).

A través diagramas matriciales y esquemas gráficos de redes se integran los datos obtenidos en un proceso de interpretación de complejidad creciente del concepto incorporación de los SFCR con el propósito de delinear pautas para la elaboración de un Modelo Sociotécnico Situado (MoSS) que favorezca la implementación-apropiación de esta innovación.

6. Resultados o conclusiones más trascendentes obtenidos.

Los barrios de viviendas sociales aparecen como un programa propicio para la aplicación de las tecnologías fotovoltaicas aun considerando sus obstáculos, principalmente del ámbito socio cultural, económico y político. El modelo de implementación “llave en mano” de las políticas habitacionales resulta un primer obstáculo para lograr el compromiso de los usuarios. En la generación distribuida el usuario adquiere un nuevo rol de “prosumidor” que contrasta con el rol pasivo que generalmente adopta un beneficiario de vivienda social.

En el “Caso de Estudio” se evidenciaron múltiples dificultades en la implementación de SFCR tanto de los organismos intervinientes como de los usuarios. Surgieron problemas técnicos y no se previeron mecanismos de monitoreo de la experiencia.

En los “Casos de Aplicación” el uso de la herramienta computacional PVsol Premium 2019 permitió de forma confiable, ágil, en un entorno amigable para los arquitectos, modelizar distintas posibilidades de incorporación de SFCR tanto de barrios ya construidos como en proyectos nuevos. La simulación de distintos arreglos fotovoltaicos, dentro del rango de “pequeños generadores” de la normativa vigente arrojan porcentajes de cobertura que van desde un tercio del consumo a la totalidad (edificio de energía cero) en arreglos de diversas potencias (1, 2 y 3 kWp) y sin utilizar la superficie total disponible de la cubierta.

La actualización de los “Estándares mínimos de calidad para viviendas de interés social”, el “Manual de vivienda sustentable”, el proyecto “Eficiencia Energética y Energías Renovables en la Vivienda Social Argentina”, financiado por el BID y la aprobación de la norma “Prestaciones energéticas en viviendas. Método de cálculo” (IRAM 11900, 2017) evidencia una constelación de oportunidades para mejorar la sustentabilidad de la vivienda social.

Los barrios de vivienda son un programa arquitectónico que permitiría una escalada de la tecnología fotovoltaica por su implementación masiva (un 23% de las viviendas de la ciudad de Resistencia se construyeron a través de operatorias oficiales) pero se reconocen obstáculos políticos, culturales y socioculturales que dificultan la implementación e impiden la apropiación de la tecnología.

El espacio doméstico (la vivienda) puede favorecer la “apropiación” de los usuarios en la implementación de SFCR, considerando un plan o programa de concientización ambiental y uso racional y eficiente de la energía. Pero la “apropiación” de la tecnología no es un proceso que se dé automáticamente, sino que requiere de acciones deliberadas para romper actitudes rutinarias del vínculo con la energía.

El fortalecimiento de las organizaciones intermedias, como ser las comisiones vecinales, pueden resultar un mecanismo de enlace y fomento de acciones comunitarias sustentables. El empoderamiento de la comunidad es una oportunidad que se manifiesta de forma más clara en los barrios, favoreciendo la idea de pertenencia.

Respecto a los aspectos técnicos y económicos el trabajo es una “instantánea” en una vorágine permanente de novedades, que demuestra el dinamismo de los aspectos técnicos, económicos y normativos en la temática.

Las estimaciones económicas resultan dificultosas o casi imposibles por dos cuestiones: falta de madurez del mercado e inestabilidad económica y política del país que no permite hacer comparaciones confiables en moneda nacional de forma diacrónica.

Los datos económicos fueron obtenidos del mercado local y el costo de las viviendas analizadas surge de los pliegos licitatorios, a pesar de ello resultan relativos, en función de un contexto nacional económico inflacionario que dificulta notablemente el análisis.

La inexistencia de definiciones de políticas tarifarias para el contexto provincial impide una proyección cierta de los tiempos de amortización de los equipos.

La opción de generar espacios semicubiertos, sin necesidad de impermeabilidad, aparece como la más recomendable por la importancia de ese tipo de espacio para el clima de la región y por sus implicancias culturales.

El principal aporte del trabajo se sintetiza en el cambio de enfoque de una cuestión abordada habitualmente como “sólo-técnica” pasando a una perspectiva “socio-técnica” para dar cuenta de su complejidad.

La visión técnica restringida que habitualmente hace énfasis en lo tecnológico–constructivo, en el presente trabajo se complejizó hacia el concepto de “integración arquitectónica de los SFCR” como constructo amplio y referenciado a todas las dimensiones de la arquitectura.

En una segunda instancia se consideró a la “Integración Arquitectónica de los SFCR” como un caso de “innovación”, y desde allí se interrelacionó en un esquema triangular con los vértices gobierno, infraestructura científico–tecnológica y estructura productiva.

En una tercera instancia se completó la perspectiva “sociotécnica” con la identificación de “actantes” que conforman el entramado de la “Integración Arquitectónica de los SFCR” y que por sus debilidades y controversias condicionan las posibilidades de implementación–apropiación.

Las controversias, que se manifiestan en programas y antiprogramas (enfrentamiento de paradigmas) dan por resultado una red de interrelaciones débiles.

En el campo energético se enfrentan los defensores del modelo “fosilista” contra los de la “matriz energética diversificada”, la “generación concentrada” frente a la “generación distribuida”, la “especialización entre generación y consumo” en oposición al “resurgimiento del prosumidor”. En cuanto a la filosofía de la tecnología se enfrenta el “modelo ingenieril” a la “filosofía de la tecnología humanista”. En el ámbito de la arquitectura se enfrenta la de “inspiración mecanicista” a la “arquitectura sustentable” y el énfasis en lo “disciplinar” frente a la necesidad de trabajo de un campo “inter y trans disciplinario” en la búsqueda de una nueva ética y estética de la energía. En cuanto a las posibilidades de innovación se enfrentan las actitudes rutinarias con las acciones disruptivas que rompen la inercia, con consecuencias en los ámbitos económico, social y cultural.

Las posibilidades de incorporar los SFCR implica sortear obstáculos político–normativos, económico–tarifarios, del mercado y socioculturales. El desafío del campo disciplinar es

comprender esta complejidad y proponer una nueva estética de la energía sobre la base del compromiso ambiental.

A partir de la descripción de la red, se propuso un Modelo Sociotécnico Situado (MoSS) para favorecer la implementación-apropiación de la de los SFCR en barrios de vivienda en la ciudad de Resistencia, en la región Nordeste y el resto del país con recurso solar suficiente.

Se trata de un esquema de visibilización de las trayectorias de las distintas variables estableciendo parámetros óptimos, suficientes y deficitarios. Se lo propone como “herramienta de gestión” para ser utilizada por todos los actores implicados en un proceso participativo, interdisciplinario e intersectorial en situaciones de implementación de la tecnología de los SFCR, favoreciendo las posibilidades de “apropiación”.

Se trata de un instrumento de gestión in progress que puede ser discutido, ampliado o sintetizado por los actores, definiendo con mayor precisión las variables tenidas en cuenta y los parámetros de cumplimiento.

El MoSS delineado podría ser utilizado en todo el país como “panel de visualización simultánea” de las variables a considerar en un proceso de implementación-apropiación de SFCR en barrios de vivienda o cualquier otro programa arquitectónico.

El presente trabajo representa un aporte de carácter empírico (a partir de los resultados de las simulaciones y la valoración de los usuarios a través de encuestas), pero sobre todo teórico incorporando una mirada holística de una innovación que generalmente se aborda como un desafío técnico, pero que en realidad está condicionada por las posibilidades de apropiación sociocultural.



Figura 1: poster presentado en el Premio de Investigación Arquisur.

Fuente: elaboración propia

7. Citas de referencia y bibliografía.

IRAM 11900. (2017). Prestaciones energéticas en viviendas. Método de cálculo. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación.

Latour, B. (1992). Ciencia en acción. Barcelona: Labor.

_____ (1996). On actor-network theory: A few clarifications. *Soziale Welt*, 4(47), 369-381.

_____ (2001). La esperanza de Pandora. Ensayos sobre la realidad de los estudios de la ciencia. Gedisa.

_____ (2005). *Reassembling the Social. An Introduction to Actor-Network-Theory*. New York: Oxford University Press.

_____ (2017). Cara a cara con el planeta. Una nueva mirada sobre el cambio climático alejada de las posiciones apocalípticas. Buenos Aires: Siglo Veintiuno Editores.

Latour, B. y Woolgar, S. (1995). La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos. Madrid: Alianza Universidad.

Ley N° 27.424 (2017). Régimen de Fomento a la Generación Distribuida de Energía Renovable Integrada a la Red Eléctrica Pública.

Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda de la Nación. (2018). Manual de la Vivienda Sustentable. Buenos Aires: Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda.

_____ (2017). Resolución 9-E: Estándares mínimos de calidad para viviendas de interés social. Buenos Aires: Secretaría de Vivienda y Hábitat.

SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED EN BARRIOS DE LA CIUDAD DE RESISTENCIA, CHACO

Claudia Pilar y Luis Vera

Ponencia publicada en libro de actas
XLIII Reunión de Trabajo de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente ASADES.
Chubut, 1 al 5 de noviembre. Libro de Resúmenes, p. 26.
Publicado en libro de ACTA DE LA XLIII REUNIÓN DE TRABAJO, Vol. 8 Año 2021,
ISBN 978-987-29873-1-2. P. 99 - 110

RESUMEN: Los barrios de viviendas sociales representan un alto porcentaje del sector residencial de la ciudad de Resistencia. Las operatorias oficiales priorizan la cantidad por sobre la calidad. El resultado es que las viviendas construidas no cumplen con los actuales estándares de habitabilidad. Considerando que a nivel nacional se ha promulgado la Ley de Generación Distribuida y la Provincia del Chaco ha adherido a la misma, el presente artículo analiza la factibilidad de incorporar sistemas fotovoltaicos conectados a red (SFCR) en barrios construidos para disminuir su consumo eléctrico de fuentes convencionales.

La metodología aplicada es la selección de un barrio construido como caso de estudio, análisis de su resolución constructiva, análisis histórico del consumo promedio, propuesta de un SFCR de 2,1 kWp, análisis técnico, económico, simulación de la generación y encuesta de percepción de los usuarios (en relación a cuestiones ambientales, estéticas y aspectos operativos que consideran importantes para una implementación exitosa).

Los principales resultados son que existe factibilidad técnica (cobertura de generación solar de aproximadamente dos tercios en relación al consumo), que normativamente resulta factible y que existe predisposición de los usuarios. El alto costo inicial sigue siendo un obstáculo para su implementación.

Palabras clave: Energía Solar. Arquitectura. Usuario-Generador.

INTRODUCCIÓN:

A nivel mundial la toma de conciencia de los efectos ambientales negativos del excesivo consumo de energía, preponderantemente de origen fósil, precipitó la necesidad de cambiar el paradigma hacia una matriz diversificada, con participación creciente de las energías renovables.

Los efectos ambientales son tan drásticos que algunos autores consideran que ya no es factible hablar de “crisis” climática sino de un “Nuevo Régimen Climático” como “mutación” ambiental y que nos encontramos transitando una nueva era geológica definida como “Antropoceno” (Latour, 2017).

Frente a estas preocupaciones, las acciones de diversos actores políticos, científicos, económicos, empresariales y hasta religiosos apoyan el desarrollo de las energías renovables, que actualmente ocupan un lugar importante en la matriz energética mundial.

Una de las facetas de la insostenibilidad ambiental de la construcción del hábitat es el alto consumo energético. El sector residencial a nivel nacional consume el 47% de la electricidad de la Argentina (CAMMESA, 2021) y en la provincia del Chaco éste valor asciende casi al 70% (Serrani, 2018).

En el año 2020, como resultado del aislamiento social preventivo y obligatorio (ASPO) la demanda de energía de la Argentina registró una disminución interanual del 1,3%. Sin embargo, la demanda residencial se incrementó en un 8,1% (CAMMESA, 2021) como puede observarse en la Tabla 1.

Tipo de usuario	2019 (GWh)	2020 (GWh)	Variación (%)	Demanda 2020
Residencial	55.531	60.001	8,1	47%
Comercial	37.026	35.098	-5,2	28%
Gran Demanda	36.390	32.207	-11,5	25%
Total	128.946	127.306	-1,3	100%

Tabla 1: Demanda anual y variación interanual de energía por tipo de usuario.

Fuente: CAMMESA, 2021

En la ciudad de Resistencia, capital de la citada provincia, la expansión urbana se dio principalmente a partir de la construcción de barrios de vivienda de producción estatal. Por ello se considera oportuno el análisis de la factibilidad de instalación de SFCR en esta tipología arquitectónica, que actualmente representa aproximadamente una cuarta parte del parque habitacional construido, con el objetivo de reducir el consumo energético, generar un ahorro en las tarifas de sus ocupantes y propiciar un cambio en el ciudadano, que pasa de ser consumidor pasivo, para asumir un rol bidireccional activo en la cuestión energética.

En el paradigma de la Generación Distribuida (GD) el usuario pasa a ser también un generador de energía. Esto lo posiciona en el rol de prosumidor (Toffler, 1980). Dado que la política de construcción del hábitat de interés social ha sido preponderantemente la de “llave en mano”, con baja o nula participación del “destinatario”, este posible empoderamiento del usuario resulta altamente disruptivo.

METODOLOGÍA:

La metodología implementada se basa en los siguientes análisis:

- Factibilidad normativa

- Los barrios de vivienda como tipología arquitectónica para la implementación de SFCR
- La ciudad de Resistencia como ámbito de aplicación
- Estudio de caso: Barrio MUPUNNE, Resistencia, Chaco
- Propuesta y simulación de arreglo de SFCR
- Análisis de la percepción de los usuarios

Factibilidad normativa

En el contexto nacional, en noviembre de 2017 el Congreso Nacional aprobó la Ley N° 27.424 “Régimen de Fomento a la Generación Distribuida de Energía Renovable Integrada a la Red Eléctrica Pública”, que entró en vigencia por decreto 1075/2017.

Esta ley establece las condiciones jurídicas y contractuales para la generación de energía eléctrica de origen renovable por parte de usuarios de la red de distribución, para su autoconsumo, con eventual inyección de excedentes a la red. Además, crea el FODIS (Fondo para la Generación Distribuida de Energías Renovables) para proveer recursos y otorgar préstamos, subsidios o bonificaciones, fijar incentivos a la inyección o bonificaciones para la adquisición de sistemas de generación y el FANSIGED (Fondo para el fomento de la industria nacional asociada).

En noviembre de 2018 a través del decreto N° 986 se aprobó la reglamentación de esta ley estableciendo que el cálculo de compensación estará a cargo del Distribuidor bajo el modelo de balance neto de facturación. La Resolución N° 314/18 de la Secretaría de Energía (20 de diciembre de 2018) es la norma de implementación y establece una clasificación de 3 tipos de usuarios generadores: pequeños (hasta 3 kW), medianos (desde 3 y hasta 300 kW) y grandes (más de 300 kW) (Secretaría de Energía, 2018). La provincia del Chaco se adhirió por Ley provincial 3001-r (mayo de 2019) y finalmente por Decreto 872 (agosto de 2020).

A través de este hito normativo, ahora los usuarios residenciales, comerciales e industriales que residan en Chaco podrán interactuar con la red eléctrica por medio de fuentes de energías renovables, generando ahorros en sus tarifas eléctricas.

Los barrios de vivienda como tipología arquitectónica para la implementación de SFCR

Los barrios son tipologías urbanas que agrupan viviendas similares, de rasgos comunes o idénticas, que conforman una unidad. Como tipología urbano-arquitectónica posee características que por una parte favorecen y por otra condicionan las posibilidades de incorporación de SFCR.

Entre las fortalezas y oportunidades se puede señalar:

- Generalmente poseen una morfología uniforme, lo que simplifica cuestiones técnicas y geométricas (como ser el análisis de sombra, inclinaciones y materiales).
- Posible economía de escala.

- En general son viviendas individuales con un solo propietario, lo que favorece la implementación y posteriormente la facturación (aunque existen otras tipologías como por ejemplo los monoblocks).
- Representa un alto porcentaje de la superficie construida de las ciudades de la Argentina y la región Nordeste Argentina.
- Son planificados participando en su diseño y construcción profesionales de la arquitectura, existiendo además la posibilidad de integrar equipos interdisciplinarios.
- Se verifica un vínculo emocional entre el usuario y su vivienda lo que genera mayor conciencia ambiental y del uso de la energía.
- Es factible la existencia o conformación de entidades intermedias que favorezcan la interacción comunitaria para la promoción, implementación y apropiación de este tipo de iniciativas.

Entre las amenazas y debilidades se puede señalar que:

- La actividad residencial posee una curva de consumo que no coincide exactamente con la curva de generación solar.
- Si bien existen diversos modelos de gestión para la construcción de barrios, en la República Argentina prevalece la vivienda social de producción estatal, a través de operatorias de tipo “llave en mano”. Los “destinatarios” tienden a asumir un rol pasivo en los procesos de toma de decisión, por lo que el grado de compromiso con cuestiones ambientales es altamente variable.

Desde hace unos veinte años se realizan una serie de esfuerzos normativos por mejorar la habitabilidad y calidad higrotérmica de este tipo de operatorias.

En el año 2000 la Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda del Ministerio de Infraestructura y Vivienda, estableció los “Estándares mínimos de calidad para viviendas de interés social” con consideraciones técnicas referidas a aspectos constructivos para las viviendas. Posteriormente esta norma fue actualizada en el año 2006.

En julio de 2017 se promulgó la Resolución 9-E/2017 (Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda de la Nación, 2017) mediante la cual se revisan los estándares mínimos, aumentado las exigencias de calidad térmica edilicia e incorporando un anexo de energías renovables. En 2019 se realizó una nueva actualización a través de la Resolución N° 59/2019, que sintetiza numerosas normativas y recomendaciones. Por último, en noviembre de 2019 se promulgó la Resolución N° 75/2019 de “Sello de vivienda sustentable” como metodología de evaluación, diagnóstico y certificación de viviendas y establece el procedimiento y especificaciones técnicas.

Estas modificaciones se enmarcan en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, enfocada, sobre todo, a mejorar la respuesta de la vivienda, con respecto a las condiciones climáticas y a la reducción del consumo de energía. Estas acciones tienden a disminuir el gasto de las familias y a mejorar su calidad de vida, reducir la emisión de gases de efecto invernadero y la contaminación ambiental.

En 2018 se elaboró el “Manual de vivienda sustentable” editado por la Secretaría de Vivienda del Ministerio de Infraestructura y Vivienda de la Nación, en forma conjunta con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable y el Ministerio de Energía.

En esta constelación de acciones también se destaca la actualización de la norma “Prestaciones energéticas en viviendas. Método de cálculo” (IRAM 11900, 2017) que establece un cambio de paradigma en lo que respecta a la evaluación de la eficiencia. El cálculo propuesto está conformado por los aportes de energía primaria en climatización, agua caliente sanitaria, energía solar térmica y fotovoltaica e iluminación, plasmando en la etiqueta los resultados que permiten calificar a la vivienda en la escala de eficiencia. El objetivo del estudio de la IRAM 11900 es la unificación a nivel nacional de los criterios de evaluación y calificación energética de viviendas para la aplicación de políticas públicas de ahorro de energía. La Etiqueta de Eficiencia Energética de Viviendas es un documento que las clasifica (desde la “A” hasta la “G”) en relación a los valores del Índice de Prestaciones Energéticas (IPE), que, para Resistencia, Chaco, aún no posee valores de comparación.

La ciudad de Resistencia como ámbito de aplicación

La ciudad de Resistencia, capital de la provincia del Chaco, ubicada en Latitud 27°27'38" S y Longitud Oeste 58°59'02". La radiación solar puede considerarse buena, con una generación anual de 1,80 MWh/m² para un ángulo óptimo de 21,32 grados (Righini y Grossi Gallegos, 2011).

Se ubica en la Zona I, muy cálida (IRAM 11603, 2011) que durante la época estival presenta valores de temperaturas máximas superiores a 34°C y valores medios superiores a 26°C, con amplitudes térmicas siempre inferiores a 15°C. El periodo invernal es poco significativo con temperaturas medias durante el mes más frío de superiores a 12°C. Resistencia corresponde a la Subzona Ib, de características húmedas y con amplitudes térmicas menores a 14°C (IRAM 11603, 2011).

Según datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC) para el 2010 su población era de 290.723 habitantes (lo que resulta muy gravitante sobre el total provincial de 1,06 millones de habitantes).

La ciudad en los últimos años ha sufrido un vertiginoso crecimiento poblacional con la consecuente expansión urbana.

La implantación de la trama urbana se encuentra girada 45° con respecto al Norte, por ello para la implementación de SFCR las orientaciones posibles más favorables serían la Noroeste y Noreste.

En la ciudad de Resistencia los barrios de viviendas sociales de producción estatal han sido decisivos en la expansión y la conformación del tejido urbano. La Figura 1 presenta un gráfico con la cantidad de viviendas construidas por año y se observa que a finales de los 70 y principios de los 80 se produce un pico, en coincidencia con la construcción de los barrios de mayor escala. Son justamente los barrios de número más alto, los que presentan los problemas sociales más agudos, y en la actualidad conforman un foco de inseguridad y degradación.

A partir de fines de la década del 80 y principios de los 90, en coincidencia a una descentralización de las políticas habitacionales hacia los institutos provinciales, esta situación se revierte y se prioriza el desarrollo de propuestas mutuales y a través de Organizaciones No Gubernamentales que producen agrupaciones pequeñas, de hasta 100 viviendas, generalmente de viviendas individuales con patio y posibilidades de expansión.

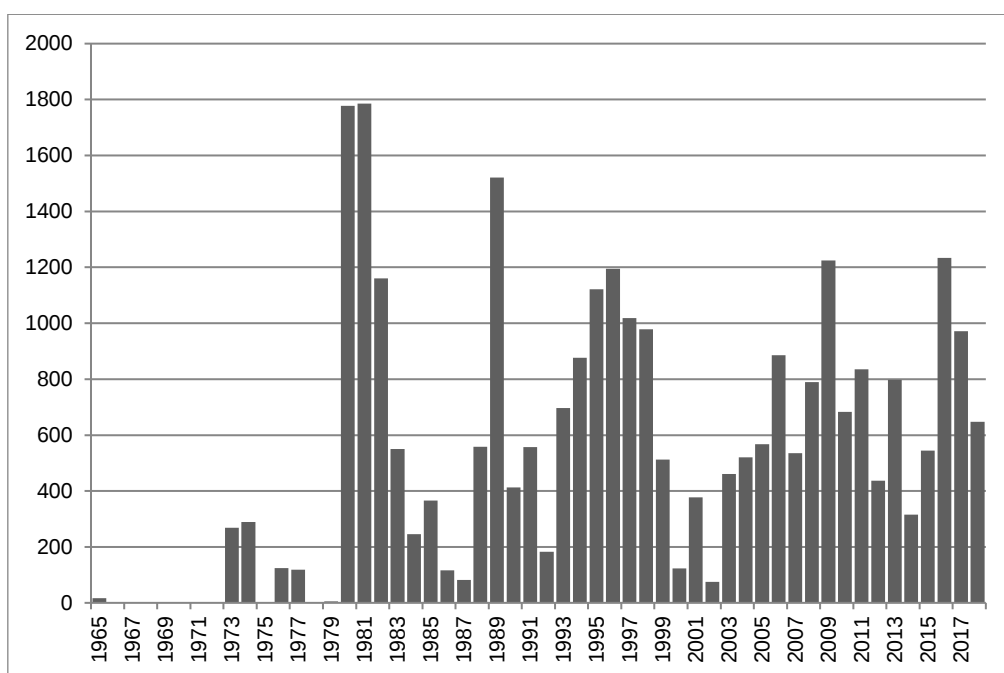


Figura 1: Cantidad de viviendas construidas por el estado en la ciudad de Resistencia.

Fuente: Elaboración propia en base a datos otorgados por el IPDUV, 2018.

En la Figura 2 se muestra un plano de la ciudad de Resistencia, donde se señala en tono azulado los distintos conjuntos de viviendas construidos en operatorias oficiales. En la zona sur se asienta la mayoría de los complejos, principalmente construidos a fines de los 70 y principios de los 80.

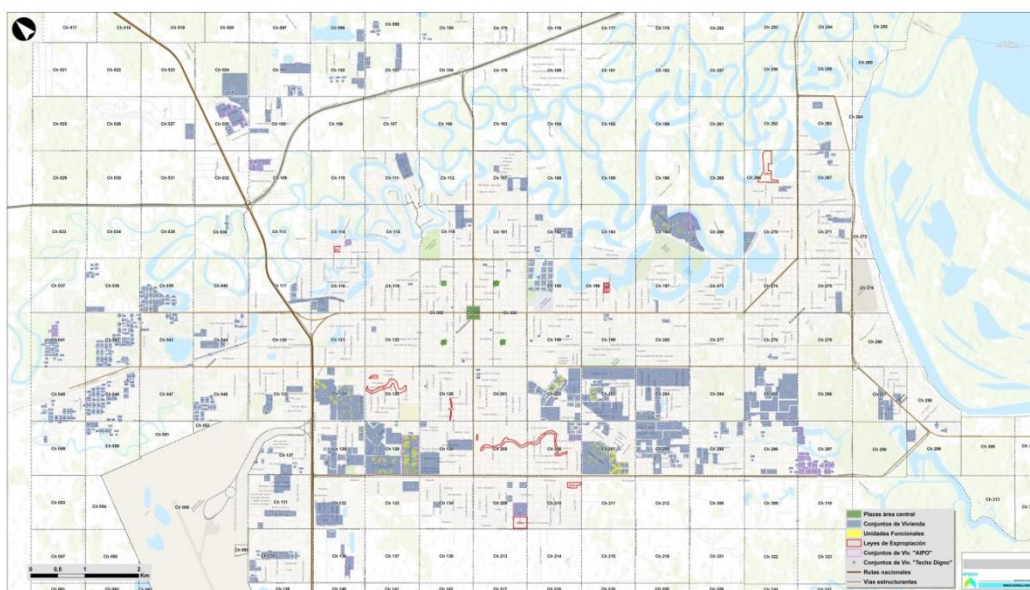


Figura 2: Barrios de viviendas sociales ubicados en el plano del Área Metropolitana del Gran Resistencia.
Fuente: IPDUV, 2018.

En la ciudad de Resistencia de acuerdo a la Dirección de Estadísticas del Chaco el número total de casas es de 114.309 y el de departamentos es de 9.668. Ambas categorías sumadas dan un total de 123.977 viviendas.

De acuerdo al Instituto Provincial de Desarrollo Urbano y Vivienda (IPDUV) el número de viviendas sociales construidas en Resistencia es de 28.564 esto significa que aproximadamente el 23% de las viviendas de la ciudad han sido construidas y financiadas por el estado en diversas operatorias.

Caso de estudio: barrio MUPUNNE

El barrio de la Mutual del Personal de la Universidad Nacional del Nordeste (MUPUNNE) ha sido construido mediante la Resolución 10/20 en la ciudad de Resistencia en el año 1998. Posee una antigüedad de 22 años y se encuentra en las dos terceras partes de su vida útil esperada.

El barrio se emplaza sobre un terreno de aproximadamente una hectárea, constituido por dos manzanas separadas por una calle pública con un total de 70 viviendas.

El prototipo que se repite hacia cualquier orientación, sin tener en cuenta criterios de diseño bioclimático, es una vivienda en dúplex (planta baja y planta alta) de 82 m². La construcción es de tipo tradicional con paredes de ladrillos comunes a la vista en la cara exterior y con revoque completo en la cara interior, cubierta de chapa galvanizada sinusoidal a dos aguas: el faldón de fachada, de mayor superficie, a 12° y el de contrafachada, de menor superficie a 20°. En la Figura 3 se observa la situación del barrio en la actualidad. Si bien existen ampliaciones de los vecinos, incorporación de especies arbóreas, presencia de cables, etc., la posibilidad de considerar el techo del segundo nivel para la incorporación de un SFCR es favorable además del retroceso de la línea municipal que aleja la incidencia de las sombras de elementos y forestación urbana.



Figura 3: Fotografía del Barrio MUPUNNE en la actualidad.

Los muros exteriores presentan una transmitancia térmica que no verifica a ningún nivel de confort propuesto por normas IRAM 11605. No presenta riesgo de condensaciones intersticiales, pero sí superficiales, debido a la baja resistencia del cerramiento.

La cubierta de chapa galvanizada sinusoidal, sobre una cámara de aire ventilada y un cielorraso de placas de yeso con aislación térmica incorporada de poliestireno expandido, posee un K que verifica en condiciones mínimas de confort (nivel C). En cuanto al riesgo de condensaciones, el cerramiento presenta riesgos de condensaciones superficiales e intersticiales. El techo de planta baja es de losa de viguetas pretensadas y ladrillones cerámicos, con capa de compresión, hormigón de pendiente, sin aislación térmica y la aislación hidráulica, con una transmitancia que no verifica en ninguna condición de confort. Este techo presenta riesgos de condensaciones superficiales e intersticiales.

Las carpinterías son muy sencillas en cuanto a sus prestaciones, pero tienen la ventaja de poseer postigones de madera que mejoran su rendimiento energético.

La propuesta no evidencia criterios de diseño ambiental pasivo y, por sus bajas prestaciones higrotérmicas no favorecen el confort del usuario y un alto consumo energético.

Para analizar la variación en el consumo se tomó una muestra de veintiún (21) viviendas (30% del barrio) y se comparó el consumo de diciembre de 2007 en relación al del mismo período de 2017 sobre la base de los datos de la empresa distribuidora de energía provincial “Servicios Energéticos del Chaco Empresa del Estado Provincial” (SECHEEP), dando como resultado un incremento del 58% en diez años.

Este aumento del consumo resulta alarmante y puede ser explicado por modificaciones de comportamiento energético, acceso a crédito para la compra de equipos de aire acondicionado y un posible incremento vegetativo. En el excesivo consumo energético también resulta importante la distorsión que genera en la percepción de la temática los subsidios de la energía convencional.

Propuesta de SFCR

Considerando el comportamiento higrotérmico inadecuado de la envolvente y la falta de criterios de diseño ambientalmente consciente del barrio, la situación ideal para una rehabilitación energética del mismo sería una adecuación tecnológica constructiva, mejorando la aislación térmica, proponiendo protecciones y pantallas solares, entre otros criterios de diseño pasivo. Sin embargo, este tipo de intervenciones resultan difíciles de implementar por su alto costo, la falta de interés de usuarios y las incomodidades que generara en la vida cotidiana de sus ocupantes. Las estrategias enfocadas en la corrección térmica de la envolvente resultan las más difíciles de implementar, sin embargo, resulta más viable lograr mejoras en la eficiencia de sistemas de acondicionamiento térmico mecánico y lumínico.

Considerando el aumento del consumo de los últimos años, la factibilidad normativa a partir de la promulgación de la Ley Nacional de GD y la adhesión provincial, se realiza una propuesta de mejora del desempeño energético ambiental del barrio a partir de la incorporación de SFCR, para disminuir el consumo energético de fuentes convencionales, disminuir la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) e incrementar la conciencia ambiental de los usuarios.

En función del análisis del barrio se realiza una propuesta general de incorporación de SFCR teniendo en cuenta las distintas orientaciones priorizando el Noreste (NO) y Noroeste (NE) que serían las más favorables luego del Norte (que como se señaló no es una orientación frecuente en la ciudad de Resistencia).

Para ello se realizó un modelo en tres dimensiones del barrio en el programa Sketch Up (producto de Google de uso libre y gratuito) teniendo en cuenta un entorno aproximado de 100 metros e incorporando la vegetación existente de gran porte. El modelo fue exportado al programa PV*SOL premium 2019.

En una primera instancia se ensayaron distintas alternativas para la incorporación del arreglo fotovoltaico, de 8 o 10 módulos de 260 W de potencia por cada vivienda, considerando superficies “brutas” factibles de intervenir evaluando las siguientes alternativas: paralelo a la cubierta, parasoles y cubiertas adicionales (espacios semicubiertos para garaje o expansión).

En la Figura 4 se puede observar el arreglo adoptado de 8 módulos de 260 W, en una superficie de 13,4 m², orientados al Noreste y Noroeste.

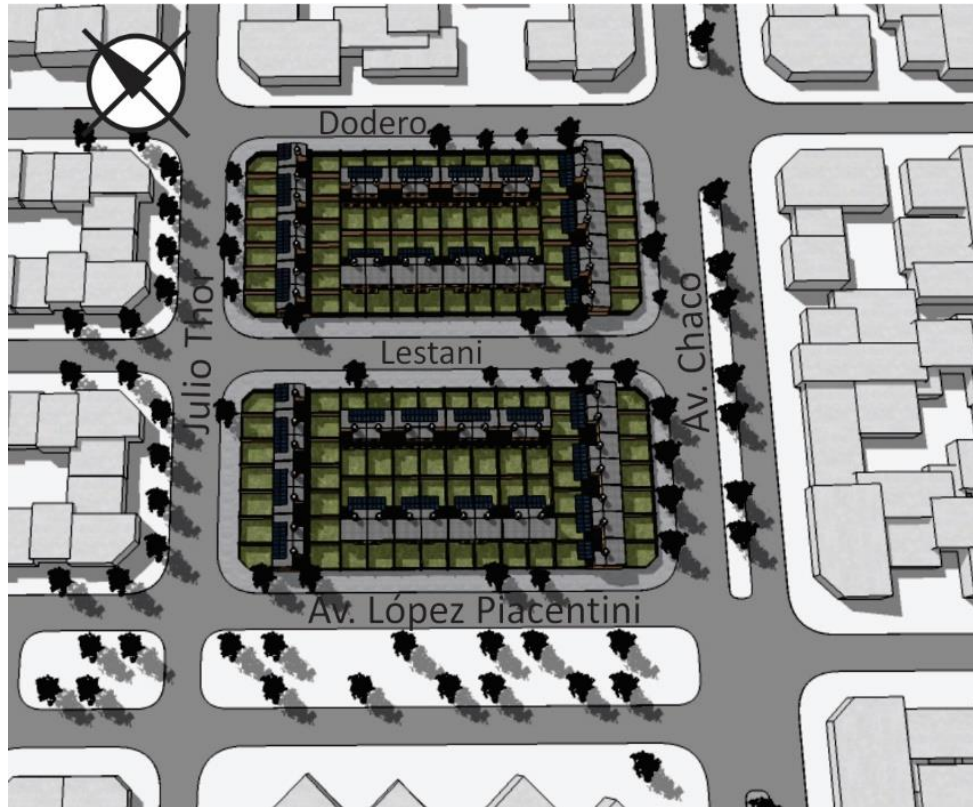


Figura 4: Planimetría de la propuesta de intervención con SFCR del B° MUPUNNE.

En la Figura 5 se observa una perspectiva de la propuesta, modelada a través del programa Sketchup.



Figura 5: Perspectiva de propuesta de intervención con SFCR del B° MUPUNNE.

Se incorporaron los resultados del flujo energético obtenido en el programa PVSol en la aplicación RETScreen Expert (AgenciaSE, 2020) para realizar la evaluación económica/financiera para la implementación de generación fotovoltaica.

El usuario

En general en el ámbito de las investigaciones sobre tecnologías energéticas se observa un énfasis en la “implementación” y se dejan relegadas las posibilidades de “apropiación” del usuario, considerando implícitamente que se dará de forma automática, lo que resulta una perspectiva ingenua y simplista.

Esta dimensión social de la tecnología es generalmente desatendida, a pesar de que resulta definitoria para la GD, dado que el usuario pasa de un rol pasivo a un nuevo protagonismo de tipo “bidireccional” en el que produce y consume energía.

Frente a la falta de participación del “destinatario” en las políticas “llave en mano” habitacionales dominantes la posibilidad de que el vecino se transforme en un “prosumidor” resulta un aspecto importante a abordar.

Por ello, para conocer cuál es la percepción sobre la temática de los vecinos del barrio se realizó una encuesta estructurada, de carácter anónima (para aumentar la confianza), siendo verificable la realización fehaciente de la misma a través del domicilio declarado por los encuestados.

Un total de quince (15) vecinos del barrio respondieron la encuesta, que representa una muestra de poco más del 20% de los casos dado que el barrio cuenta con 70 viviendas.

RESULTADOS

La simulación del arreglo de 8 módulos de 260 W, en una superficie de 13,4 m², dio una potencia de generador fotovoltaico de 2,1 kWp. El consumo de la vivienda adoptado es de 4.308 kWh/año, correspondiente a una familia tipo (2 adultos y 2 niños) previsto por el programa PV*SOL.

En la Tabla 2 se transcriben los principales resultados de la simulación donde se observa una cobertura de la generación solar en relación al consumo teórico del 66,1% para la orientación Noreste y el 69% para la orientación Noroeste del arreglo.

Las emisiones de CO₂ evitadas considerando la totalidad del barrio de 70 viviendas, rondarían las 122 toneladas anuales, lo que resulta uno de los principales aspectos positivos de una intervención de este tipo.

PARÁMETROS DE SIMULACIÓN	UNIDADES	NE	NO
Coeficiente de rendimiento de la instalación (PR)	%	77,1	78,4
Reducción de rendimiento por sombreado	%/año	2,3	0,6
Energía de generador FV (Red CA)	kWh/año	2.849	2.972
Emisiones de CO ₂ evitadas	kg /año	1.709	1.783
Cobertura solar/consumo	%	66,1	69,0

Tabla 2: Resultados de la simulación de un arreglo de 2,1 kWp por vivienda para cada orientación

Fuente: Pilar, 2019, mediante el programa PV*SOL premium 2019.

Tomando los valores de componentes del sistema de proveedores nacionales, para el mes de septiembre de 2021, se ha obtenido que un sistema fotovoltaico con las características especificadas en el presente trabajo, tiene un costo (llave en mano) de aproximadamente \$302.540 pesos. Con este valor inicial se realizó el análisis económico con la aplicación *RETScreen Expert*, aplicando una reducción, en el año 0, de \$ 90.000 (pesos noventa mil) correspondiente al incentivo del crédito fiscal disponible por la Ley 27.424 (Disposición N°40/2021) de \$45.000 por kW instalado. Además, se consideró que el valor de la tasa de inflación anual es igual a la tasa de aumento en el costo de la energía y a la tasa de descuento. Por último, se tomó el valor de la tarifa en el cuarto rango de consumo de energía residencial con los impuestos, lo que da un valor final de costo de 6,05 \$/kWh.

Con las consideraciones especificadas se tiene un retorno del capital inicial o tiempo hasta flujo de caja positivo de 7,7 años.

Se considera que el porcentaje de cobertura de la generación sobre el consumo será principalmente para autoabastecimiento, es decir que el impacto económico en el usuario será en la reducción en la facturación. La posibilidad de líneas de crédito asequibles para el usuario promedio, representa una condición insalvable para la implementación de SFCR en el sector residencia, dado que, si bien los costos están bajando, aun implican un alto costo inicial.

En cuanto a la valoración de los usuarios se pudo corroborar una alta permeabilidad a este tipo de intervenciones. Ante la pregunta “¿Cómo valoraría sus conductas de consumo eléctrico?”, en una escala de 1 a 5, donde 1 significa que no es cuidadoso con el uso de la energía y 5 que es muy cuidadoso, un 26,7% consideró un comportamiento medio y un 66,7% considera que es “muy cuidadoso con la energía”.

Un 73,3% de los encuestados considera que la factura de SECHEEP es muy cara y un 26,7% que es correcta. Consultados sobre el servicio que presta la empresa SECHEEP, y con la posibilidad de señalar más de una opción, un 53,3% considera que “la facturación es confusa. No se entiende de donde surgen los valores”, un 40% señala la problemática de “los cortes de luz”, “la fluctuación de tensión” y “es muy cara la factura”.

Ante la pregunta “¿Qué opinión le merecen las energías renovables?” debiendo optar en una escala numérica entre 1 (nada importante) y 5 (muy importante), el 86,7% consideró que las energías renovables son muy importantes.

En relación a la pregunta “¿Qué opina de la energía solar?”, con la posibilidad de elegir más de una opción y añadir otras, el mayor número de respuestas se enfocan en la cuestión económica, con un 60% que considera que “puede ser un ahorro para la economía familiar”, seguido de un 53,3% que la considera “ecológica”. En cuanto a las respuestas que demuestran dudas se registra: “no sabría a quién recurrir en caso de un desperfecto” (26,7%), “es muy alto el costo de la instalación” (23%), “no sabría cómo usarla” (6,7%) y “no me parece interesante” (6,7%). Ningún encuestado señaló la opción “Tengo miedo que tenga efectos negativos en la salud”. Luego se registran respuestas no previstas entre las opciones con una respuesta cada una “no existen equipos y

aparatólogía adaptada en el barrio”, “no conozco los costos de instalación” y “falta de capacitación”, como se observa en la Figura 6.

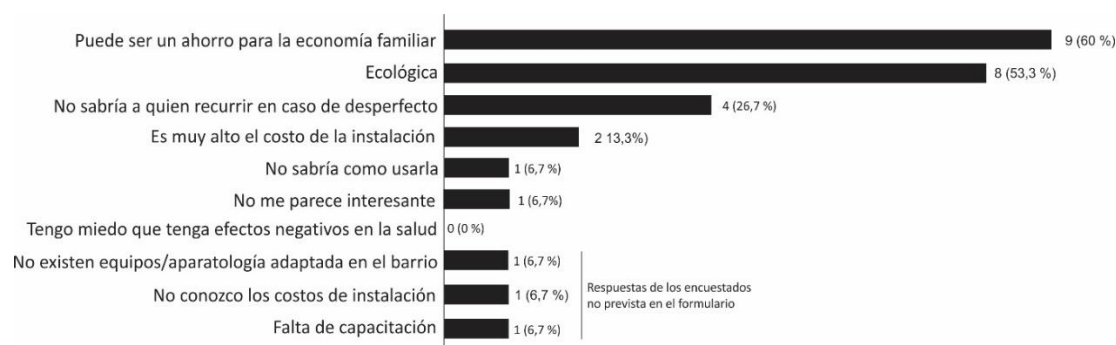


Figura 6: Opinión de los vecinos sobre la energía solar. Fuente: Pilar, 2019.

CONCLUSIONES:

Los barrios de vivienda en la ciudad de Resistencia, Chaco, representan el 23% de la superficie residencial construida. En general la calidad constructiva es deficiente y no cumple con los estándares mínimos de confort recomendables. La solución tecnológico – constructiva tendiente a una rehabilitación energética desde un punto de vista constructivo resulta onerosa y compleja, dado que altera la vida cotidiana de sus ocupantes.

En el caso de estudio analizado, barrio MUPUNNE, se observa un aumento del 58% del consumo eléctrico en los últimos 10 años. Por ello, y como una medida para disminuir el consumo energético de fuentes de origen fósil, disminuir la emisión de GEI y aumentar la conciencia ambiental de los usuarios se propuso la incorporación de SFCR en las viviendas de 2,1 kWp, con una superficie de 13,4 m², que dio como resultado una cobertura de dos tercios de generación sobre el consumo promedio.

Las emisiones de CO₂ evitadas considerando el conjunto del barrio de 70 viviendas, rondarían las 122 toneladas anuales, lo que resulta uno de los principales aspectos positivos de una intervención de este tipo.

El porcentaje de cobertura de la generación solar sobre el consumo principalmente será para autoabastecimiento, es decir que el impacto económico en el usuario se verá reflejado en la reducción en la facturación, que sigue siendo subsidiado por el estado, lo que genera una distorsión que no favorece la adopción de las energías renovables. A pesar de ello, el análisis económico/financiero desarrollado, arroja como resultado que la amortización del equipo se daría en un plazo menor a 8 años.

La posibilidad de líneas de crédito asequibles para el usuario promedio, representa una condición fundamental para la implementación de SFCR en el sector residencial de los barrios estatales.

Un aspecto gravitante para este tipo de implementación es considerar la perspectiva de los usuarios, generalmente dejada de lado en las intervenciones estatales, cuya política dominante ha sido el sistema de “llave en mano”.

Por ello en el presente trabajo se realizó una encuesta para conocer la percepción de los posibles usuarios – generadores sobre las posibilidades de implementación de SFCR. De los resultados de la misma se rescata una alta valoración de las energías renovables y la solar en particular y la necesidad de prever en la implementación mecanismos de información y capacitación, asistencia técnica, manual del usuario y asesoramiento. La sensibilización y participación activa de los vecinos resulta el camino ineludible para modificar la inercia del comportamiento generalizado e impulsar un nuevo rol de “prosumidor”.

REFERENCIAS

- AgenciaSE. Agencia de Sostenibilidad Energética (2020). Software RETScreen Expert lanza octava versión y permite utilizar licencia profesional gratuita hasta el 14 de septiembre de 2020. Recuperado de: <https://www.agenciase.org/2020/06/15/software-etscreen-expert-lanza-octava-version-y-permite-utilizar-licencia-profesional-gratuita-hasta-el-14-de-septiembre-de-2020/>
- Borges, J. C., Scornik, C., 2001. Conflictos entre circulaciones y desarrollo potencial de la circulación peatonal en la Ciudad de Resistencia. Secretaría General de Ciencia y Técnica. UNNE. Corrientes.
- CAMMESA, 2021. Informe Anual 2020. Cámara Argentina del Mercado Mayorista Eléctrico SA. Buenos Aires.
- IRAM 11603, 2011. Acondicionamiento Térmico de Edificios: Clasificación Bioclimática de la República Argentina. Buenos Aires.
- IRAM 11605, 1996. Condiciones de Habitabilidad en Edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos. Buenos Aires.
- IRAM 11900, 2017. Prestaciones energéticas en viviendas. Método de cálculo. Buenos Aires.
- Latour, B., 2017. Cara a cara con el planeta. Una nueva mirada sobre el cambio climático alejada de las posiciones apocalípticas. Siglo Veintiuno Editores. Buenos Aires.
- Ley N° 27.424, 2017. Régimen de Fomento a la Generación Distribuida de Energía Renovable Integrada a la Red Eléctrica Pública. Buenos Aires.
- Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda de la Nación, 2017. Resolución 9-E: Estándares mínimos de calidad para viviendas de interés social. Secretaría de Vivienda y Hábitat. Buenos Aires.
- Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda de la Nación, 2018. Manual de la Vivienda Sustentable. Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda. Buenos Aires.
- Pilar, C., 2019. Integración arquitectónica de sistemas fotovoltaicos conectados a red en barrios de viviendas de la ciudad de Resistencia, Chaco. Un enfoque sociotécnico. Tesis doctoral. Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe.

REN21, 2021. Renewables Global Status Report. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. Paris.

Righini, R., Grossi Gallegos, H., 2011. Mapa de energía solar colectada anualmente por un plano inclinado. Un ángulo óptimo en la República Argentina. Cuarto Congreso Nacional - Tercer Congreso Iberoamericano Hidrógeno y Fuentes Sustentables de Energía - págs. 11-161. HYFUSEN. Mar del Plata.

Secretaría de Energía, 2018. Resolución 314. Buenos Aires.

Serrani, E., 2018. Alternativas energéticas para Chaco. Escuela de Gobierno de la Provincia del Chaco. Resistencia.

Toffler, A., 1980. La tercera ola. Plaza y Janes Editores. Colombia.

ABSTRACT

Social housing districts represent a high percentage of the residential sector of the city of Resistencia. Official operators prioritize quantity over quality. The result is that the homes built do not meet current standards of habitability. Considering that at the national level the Distributed Generation Law has been enacted and the Province of Chaco has adhered to it, this article analyzes the feasibility of incorporating grid-connected photovoltaic systems in neighborhoods built to reduce their electricity consumption from conventional sources.

The methodology applied is the selection of a neighborhood built as a case study, analysis of its constructive resolution, historical analysis of average consumption, proposal of a grid-connected photovoltaic systems of 2.1 kWp, technical and economic analysis, simulation of generation and user perception survey (in relation to environmental issues, aesthetics and operational aspects that they consider important for a successful implementation).

The main results are that there is technical feasibility (coverage of solar generation of approximately two thirds in relation to consumption), that normatively it is feasible and that there is predisposition of the users. The high initial cost remains an obstacle to its implementation.

KEYWORDS: Solar Energy. Architecture. User- Generator.

PERCEPCIÓN SOBRE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA DE LOS PROFESIONALES DE LA CONSTRUCCIÓN

Claudia Pilar

Artículo publicado en

Comunicaciones Científicas y Tecnológicas Anuales 2021.

29 y 30 de octubre de 2021. Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU).

Universidad Nacional del Nordeste (UNNE). Pp. 105 – 114.

ISSN 1666-4035 e ISSN 2314-114X.

RESUMEN

El presente trabajo tiene por objetivo conocer la percepción de los profesionales de la construcción de las provincias de Chaco y Corrientes, en relación a la implementación de energías renovables y en especial los Sistemas Fotovoltaicos (SFV).

Para ello se realizó una encuesta a una muestra de cincuenta profesionales que arroja como resultado una alta valoración de las energías renovables, un conocimiento de los obstáculos para su implementación y el reconocimiento de carencias de formación de grado y posgrado.

Los profesionales de la construcción son actores clave para lograr la implementación de este tipo de energía, tan recomendables en el actual contexto de crisis ambiental y cambio climático.

PALABRAS CLAVES: encuesta, energías renovables, innovación.

OBJETIVOS

Los profesionales de la construcción son actores fundamentales para la implementación de innovaciones en el campo del diseño y la materialización de las obras de la arquitectura. Entre estas innovaciones se destaca la posibilidad de incorporar a la arquitectura sistemas solares fotovoltaicos que conviertan a la envolvente en una generadora de energía.

Para que los profesionales impulsen el uso de las energías renovables en la construcción resulta necesario una formación y conocimientos sólidos, un compromiso con la cuestión ambiental y una actitud innovadora, todos aspectos una percepción favorable, en general sobre la temática.

Con el objeto de conocer la percepción de los profesionales de la construcción de las provincias de Chaco y Corrientes sobre las energías renovables en general y la solar fotovoltaica en particular, se diseñó e implementó una encuesta a profesionales de la construcción.

INTRODUCCIÓN

La arquitectura es una actividad que genera espacios útiles para la vida del ser humano. Pero este proceso no es gratuito para el ambiente, dado que se incorpora materia y energía, se generan residuos y se modifica el entorno de manera directa e indirecta.

En definitiva, la arquitectura no es ajena a los cuestionamientos actuales sobre los patrones de producción y consumo, puestos en crisis desde un punto de vista ambiental, económico y social.

La construcción a nivel mundial consume el 36% de la energía y genera el 39% de las emisiones (IEA, 2018).

El desarrollo sustentable de los edificios implica lograr la funcionalidad requerida, intentando minimizar los impactos ambientales negativos. Al mismo tiempo se propician mejoras en aspectos culturales, económicos y sociales a nivel local, regional y global (IRAM 11.930, 2010).

A partir de la crisis del petróleo de 1973, la energía se convirtió en una preocupación generalizada a nivel mundial, por la toma de conciencia del agotamiento de los recursos energéticos tradicionales, principalmente de origen fósil y sus efectos ambientales. Este escenario global precipitó la necesidad de cambiar el paradigma energético hacia una matriz diversificada, con participación creciente de las energías renovables. A su vez, existe una nueva tendencia hacia la generación descentralizada de la energía, a fin de acercar la producción al consumo y disminuir las pérdidas por transmisión conocida como Generación Distribuida (GD).

Una de las facetas de la insustentabilidad ambiental de la construcción del hábitat es el alto consumo energético, dado que aproximadamente el 42% de la electricidad de la Argentina, se consume en el sector residencial (CAMMESA, 2018).

Desde un punto de vista arquitectónico la energía solar reviste especial interés, por la posibilidad de incorporarla a la envolvente generando un cambio en la concepción de los edificios como consumidores de energía, hacia un nuevo paradigma en el que generan parcial o totalmente la energía.

La energía solar puede ser de conversión térmica o fotovoltaica. En este último caso se reconocen los sistemas de funcionamiento aislado, los híbridos y los conectados con la red de distribución.

La Región NEA posee un razonable recurso solar para su aprovechamiento y por otra parte la excesiva radiación resulta un problema para el desarrollo de la vida del hombre y un desafío del diseño arquitectónico.

Los obstáculos habitualmente señalados como causantes de la baja implementación de los SFV son el económico y el normativo, situación que se está revirtiendo con el tiempo. La tecnología fotovoltaica hoy disponible y cada vez más accesible, aparece como un gran adelanto científico-tecnológico adecuado para las condiciones climáticas del ámbito de aplicación y con alta factibilidad de integración a la arquitectura.

En este escenario los profesionales de la construcción son actores fundamentales que posibilitan (u obstaculizan) la implementación de las energías renovables en la construcción. Por ello resulta fundamental conocer cuál es la percepción sobre las energías renovables, qué nivel de formación, capacidad o competencia poseen y cuáles son sus actitudes para propiciar o no la implementación de estas innovaciones en la construcción.

DESARROLLO

El Desarrollo Sustentable ha sido definido por el Informe Brundtland (1987) como aquel que resuelve las necesidades presentes sin comprometer las capacidades de futuras generaciones para cubrir sus necesidades.

Se basa en un principio tridimensional de equilibrio entre el sistema ecológico, económico y social. Los tres sistemas proveen la ayuda mutua en el proceso de desarrollo de la distribución y uso racional de los recursos.

Las energías renovables son un componente fundamental del desarrollo sustentable. Un mayor aprovechamiento de este tipo de energía puede significar una modificación en los paradigmas actuales de consumo, pudiendo derivar en un proceso de “democratización” del acceso a la energía. Esto permitiría que más personas logren acceder a la electricidad, teniendo impactos sociales positivos sobre el conjunto de la sociedad, especialmente en las poblaciones en situaciones económicas más vulnerables; permitiría además descentralizar el sistema energético, lo cual implica romper con los modelos actuales de organización concentrado; evitaría pérdidas significativas fundamentalmente relacionadas con su distribución ya que la energía se generaría localmente (Asamblea General de las Naciones Unidas, 1987) citado por (Serrani, 2018).

La democratización energética de la mano de las energías renovables, daría paso a una nueva etapa, caracterizada por romper con la dependencia y falta de autonomía en el establecimiento de los precios energéticos y transformaría radicalmente la forma en la cual se concibe la generación, uso y consumo de energía (ONU, 1987) en (Serrani, 2018).

Esta misma organización declaró al período 2014 – 2024 como “Década de la Energía Sostenible para Todos” apoyando las fuentes de energía renovables, como estrategia privilegiada para suministrar energía eléctrica a los sectores más vulnerables y en el marco de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, se plantea como primera meta del Objetivo 7, garantizar al año 2030, el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos (ONU, 2015).

Si se analizan las energías renovables desde las distintas dimensiones del desarrollo sustentable se observa que:

Desde el punto de vista ecológico resulta beneficiosas, se encuentran disponibles de manera indefinida en el tiempo y durante su ciclo de vida genera impactos ambientales menores que las fuentes de energía de origen fósil, en especial en cuanto a la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Esto no significa que no generen impactos en su ciclo de vida, principalmente al inicio (producción) y fin (disposición final).

Desde el punto de vista social permitiría la democratización de la energía, un posible mayor equilibrio territorial y en el caso de la GD, el empoderamiento del usuario, logrando un mayor equilibrio social. También es cierto que la falta de “control” y “centralidad” que implica esta tecnología, puede generar incomodidad en el sector político, porque desafía estructuras instituidas.

La cuestión económica es habitualmente puesta en duda en este tipo tecnologías, dado que, si bien ha reducido drásticamente su costo, la inversión inicial sigue siendo, sobre todo si se analiza un escenario de financiamiento por el propio usuario. Otro aspecto objetado por sus detractores es su “eficiencia”, que si bien ha aumentado notablemente sigue siendo en algunos casos baja.

En el presente trabajo la perspectiva teórica se funda en considerar a la energía como definitoria de la organización de las sociedades (Toffler, 1980), desde un posicionamiento de la sostenibilidad ambiental (Organización de las Naciones Unidas, 1987), reconociendo también sus limitaciones prácticas de implementación en un modelo dominante de producción y consumo que lamentablemente se sigue concibiendo de la cuna a la tumba, a pesar de que la perspectiva circular permite idear ciclos virtuosos de la “Cuna a la Cuna” (Braungart y McDonough, 2005), (Hawken, Lovins y Lovins, 1999), (Leonard, 2010).

Cada vez resulta más evidente que los efectos del mal uso de los recursos naturales han desencadenado una crisis ecológica ampliamente divulgada (Gore, 2006) y que ya es definida como una mutación ambiental (Latour, 2017).

Por su parte la arquitectura desde el paradigma del desarrollo sustentable, se vincula con la construcción del hábitat y la materialización consciente de la envolvente en una nueva relación con la energía respetuosa e inspirada en la naturaleza (De Garrido, 2014) (Evans, 2010) (Galiano, 1991) (Prieto, 2014) (Benyus, 2012).

Tender hacia una arquitectura sustentable, por ejemplo, mediante la implementación de energías renovables, posiciona a los profesionales de la construcción como actores clave, que pueden motivar, difundir, proponer, diseñar y construir con una nueva “estética de la energía”, entendida como la valoración favorable de los elementos formales, perceptuales y comunicacionales (Prieto, 2014).

La arquitectura solar activa representa un cambio de paradigma, que sin desconocer la importancia del uso consciente de la energía y el diseño energéticamente optimizado (estrategias pasivas) pretende dar un paso hacia adelante en el cual la arquitectura no solo reduzca el consumo de energía, sino que además la genere.

Por la cobertura de las energías renovables en relación al consumo del edificio se pueden diferenciar distintas situaciones:

Edificios que disminuyen el consumo de energía tradicional mediante estrategias pasivas de acondicionamiento ambiental y/o mediante estrategias activas de generación de energías renovables.

Edificios Energía Cero (EEC) o Net Zero Energy Building (NZEB): construcciones cuyo consumo de energía neta es cercano a cero en un año típico. La energía que produce el

edificio mediante fuentes renovables es igual a la energía que demanda o consume. Es decir que hay un equilibrio entre demanda y generación. Esto se logra con estrategias pasivas (para reducir el consumo al mínimo) y estrategias activas (para generar energías).

Edificios PlusEnergy (que genera más energía que la que consume) que con estrategias pasivas y activas logran una generación de energía en exceso.

Este cambio de paradigma posiciona al profesional de la construcción en el centro neurálgico de la cuestión y por ello resulta necesario conocer cuál es la perspectiva de los profesionales de la construcción en la Región NEA, sobre esta temática.

METODOLOGÍA IMPLEMENTADA

La encuesta se implementó mediante un formulario de Google Drive (formulario on – line gratuito) con preguntas cerradas excluyentes, cerradas no excluyentes y preguntas abiertas (Hernandez Sampieri, 2014).

La muestra fue de cincuenta (50) profesionales de la construcción de las provincias de Chaco y Corrientes y se realizó en el año 2019.

Como instancia previa se realizó una fase de validación con un grupo reducido de encuestados (cinco participantes), que realizaron las críticas al instrumento metodológico. A partir de estas devoluciones se realizaron los ajustes, adecuaciones y mejoras al cuestionario, que posteriormente se socializó de forma masiva.

Los datos recabados fueron dirección de correo electrónico, edad, sexo, profesión (arquitecto, ingeniero, maestro mayor de obras, otro) y ocupación (profesional independiente, profesional en relación de dependencia, docente universitario, docente investigador, docente universitario u otra ocupación).

- Las preguntas se enfocaron a los siguientes observables:
- Importancia otorgada a las energías renovables.
- Tipo de energía renovable que considera más factible de implementar.
- Percepción personal sobre la propia formación de grado y trayectoria posterior en formación de posgrado en la temática.
- Iniciativa y experiencia profesional en la implementación de SFV.
- Percepción de los obstáculos para la implementación de SFV.

El diseño de la encuesta apunta a conocer percepciones, valoraciones y opiniones de los profesionales y que pueda ser contestada en un tiempo limitado. No se indagan en cuestiones técnicas que puedan eventualmente incomodar a los encuestados (profesionales en muchos casos de vasta trayectoria) que deban reconocer su desconocimiento al respecto.

PRINCIPALES RESULTADOS

La edad promedio de los encuestado es de 43,43 años de edad, con un 10% de menores de 30 años, 30% de entre 31 y 40 años, 36% entre 41 y 50 años, 18 % entre 51 y 60 años y 6% de más de 60 años.

En la Fig. 1 a la izquierda se puede observar que del total de encuestados (60% de hombres y 40% de mujeres), mientras que en la Fig. 1 a la derecha se puede observar que el 78% son arquitectos, el 14% ingenieros, 4% Técnicos (Maestros Mayores de Obra) y 4% manifestaron encontrarse en otra situación (por ejemplo, estudiantes avanzados que trabajan en la arquitectura).

En cuanto a la ocupación (y pudiendo elegir más de una opción), 35 manifestaron ser profesionales independientes, 16 trabajar en relación de dependencia, 19 docentes universitarios, 10 investigadores, 1 docente secundario y 4 encuestados manifestaron tener otra ocupación.

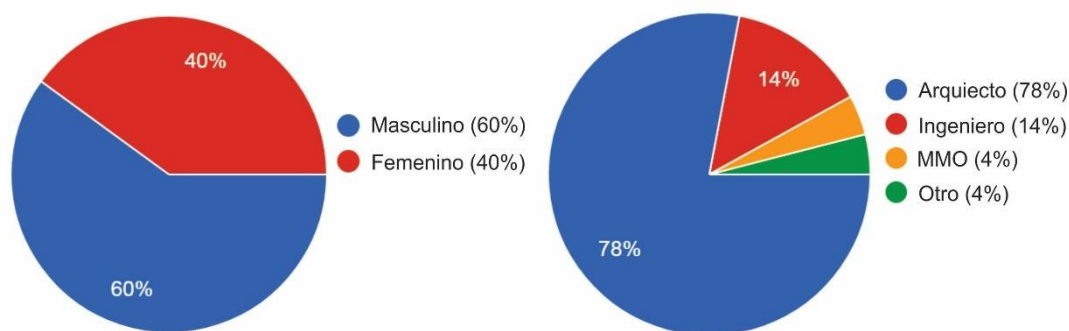


Fig. 1: Género y profesión de los encuestados. Fuente: Elaboración propia.

Importancia otorgada a las energías renovables por los profesionales

A la pregunta sobre la importancia de las energías renovables el 76% manifestó que son muy importantes, el 20 % importantes y 4% medianamente importantes (ver Fig. 2).

Ningún profesional opinó que las energías renovables no sean importantes. El 4% de los que consideraron las energías renovables como medianamente importantes, corresponde encuestas respondidas por ingenieros.

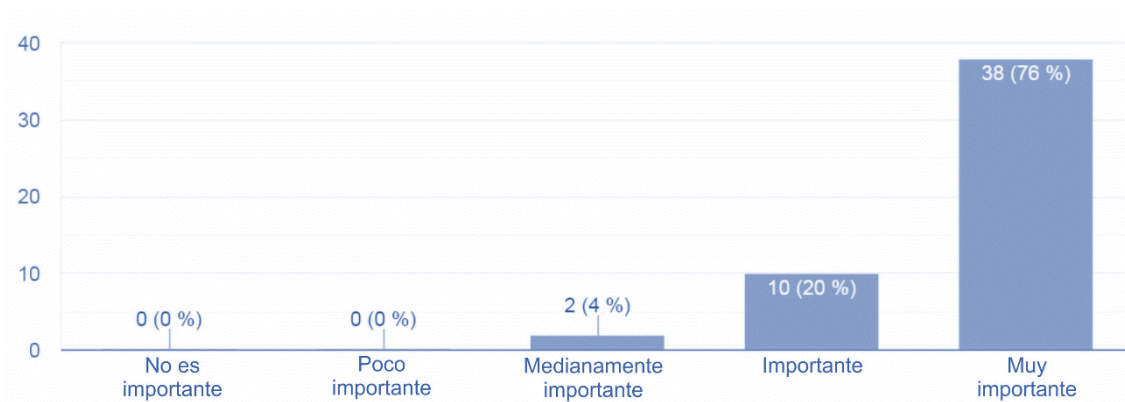


Fig. 2: Importancia otorgada por los encuestados a las energías renovables. Fuente: Elaboración propia.

Luego se solicitó a los encuestados que fundamenten su respuesta, las que fueron procesadas identificando las siguientes categorías de análisis (ver Tabla 1): fundamento ecológico, cuestión energética, aspecto económico, responsabilidad profesional, dimensión política, empoderamiento y aspectos socioculturales.

Cada respuesta puede evidenciar más de una categoría de análisis.

Categoría de análisis	Cantidad de respuestas
Fundamento ambiental	39
Cuestión energética	10
Aspecto económico	9
Responsabilidad profesional	5
Dimensión política	2
Aspectos socioculturales	1

Tabla 1: Categorías identificadas sobre la importancia de las ER y su frecuencia de aparición. Fuente: Elaboración propia.

El “fundamento ambiental” es el más recurrente (apareció en 39 de 50 encuestas), siendo el aspecto menos controversial, con comentarios siempre positivos sobre la relación entre energías renovables y ambiente:

“El uso de energía renovable contribuye a una reducción del calentamiento global y a un menor impacto medioambiental” (Encuesta 23, 60 años).

La “cuestión energética” también apareció como un tópico de interés (con 10 encuestados que lo señalaron), con respuestas como:

“Es importante para diversificar la matriz energética, no depender de fuentes de combustibles interconectados y aprovechar la oferta energética de las energías renovables” (Encuesta 13, 50 años)

El “aspecto económico” resulta controvertido, porque aparece para argumentar tanto las oportunidades como las amenazas en la implementación de las energías renovables.

Entre los profesionales que consideran que la cuestión económica es un fundamento a favor de las energías renovables se observan respuestas como:

“La energía renovable contribuye a una mejor calidad de vida y a una economía más estable” (Encuesta 29, 32 años).

Y entre los profesionales que consideran la cuestión económica como negativa aparece la cuestión de los costos elevados de la inversión inicial.

“No son de extendida aplicación por los costos” (Encuesta 4, 35 años).

En cuanto a los aspectos relacionados a la cuestión profesional se presentaron algunas respuestas:

“...aún no existen suficientes profesionales con conocimientos sobre el tema, ni técnicos o empresas que lo puedan instalar...” (Encuesta 20, 61 años)

“El arquitecto debería pensar en el todo, y el todo implica también ocuparse de las posibilidades y nuevas energías renovables” (Encuesta 27, 30 años)

La dimensión política fue señalada en 2 respuestas, siempre como un obstáculo:

“Considero un tema importante a implementar en nuestras obras y ciudades. Faltan políticas de estado que propicien su implementación. Aún no reemplazan otro tipo de energías que hoy mueven el mundo” (Encuesta 46, 45 años)

Y también los que dudan desde una perspectiva política de la importancia de tender a las energías renovables, considerando que es necesario fortalecer las fuentes de generación concentradas:

“Si bien es muy importante que en el país se desarrolle esta actividad y tecnología, no resolvería la problemática de fondo que es la falta central de base que permitan reemplazar a la generación que utilizan combustibles de origen fósiles. Además, mientras se requiera de subsidios para hacer posible los desarrollos de energías renovables, se estarán desviando fondos que son imprescindibles para resolver el enorme problema de la falta de centrales generadores de base (atómicas e hidráulicas)” (Encuesta 21, edad 61 años).

Entre los aspectos socioculturales una encuesta se señaló la falta de tradición en su aplicación:

“Si bien es altamente recomendable en cuanto al ahorro energético y la disminución de la contaminación ambiental, todavía en la región no está muy difundido en la tradición de la gente...” (Encuesta 20, 61 años)

Tipo de energía renovable que considera más factible de implementar

En referencia a qué tipo de energía renovable considera más factible de implementar en la región (y pudiendo elegir más de una opción) el mayor número de encuestados consideró factible la implementación de energía solar con 94% de respuestas positivas, seguido de un 56% de la biomasa, 34% la hidráulica, 8% la geotérmica, 6% la eólica, 4% otra opción no prevista en la encuesta y ningún encuestado manifestó no saber qué tipo de energía renovable es factible implementar (ver Fig. 3).

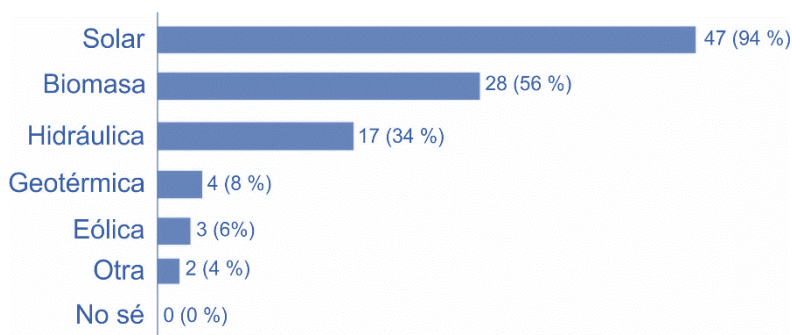


Fig. 3: Tipo de energía renovable considerada más factible de implementar. Fuente: Elaboración propia.

Las respuestas evidencian conocimiento por parte de los profesionales de la temática, siendo justamente la solar y la biomasa las energías que poseen mayor potencial para la región. La Energía minihidráulica es considerada renovable, mientras que las grandes centrales son puestas en tela de juicio por los efectos ambientales que provoca.

Percepción personal sobre su formación en la temática

En cuanto a la valoración de su propia formación profesional de grado para implementar sistemas fotovoltaicos (ver Fig. 4) el 64% la considera entre muy mala y mala, el 28% la considera regular y solo el 8 % consideró que tiene una formación entre buena y muy buena.

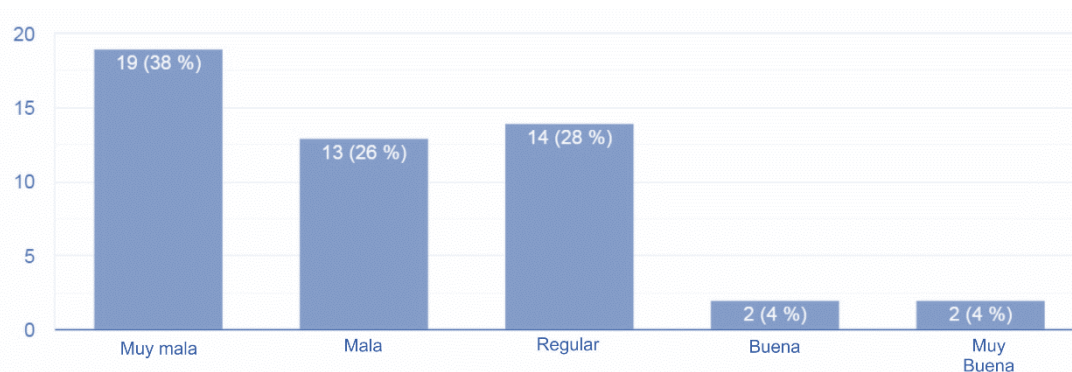


Fig. 4: Valoración de la formación de grado para implementar sistemas fotovoltaicos.

Fuente: Elaboración propia.

En relación a su capacitación de posgrado en energías renovables, el 38% manifestó que no realizó una capacitación posterior, el 44% que asistió a charlas o cursos de capacitación, el 10% realizó cursos de posgrado, 2% realizó una carrera de especialización, el 2% maestría, el 2% doctorado y 2% otra situación no prevista en la encuesta (ver Fig. 5).

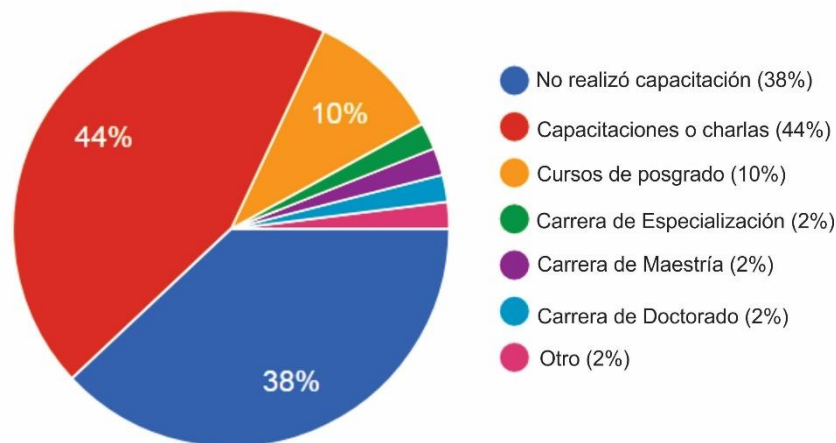


Fig. 5: Formación de posgrado en implementación de energías renovables.

Fuente: Elaboración propia.

Iniciativa y experiencia profesional en la implementación de SFV

En relación a la pregunta “¿alguna vez realizó un proyecto en el que propuso el uso de energía solar fotovoltaica?” el 54% respondió positivamente y el 46% manifestó que no propuso nunca (ver Fig. 6 a la izquierda).

Pero en relación a la pregunta “¿lograste construirlo?”, el 80% manifestó que no lo pudo materializar, 4% que lo pudo construir parcialmente, 8% que está trabajando en eso y 4% otra situación (ver Fig. 6 a la derecha).

Dos encuestados (4 %) manifestaron haber podido concretar su propuesta. Al indagar en profundidad en la respuesta se infiere que en realidad se trata de sistemas solares térmicos. Por lo que ningún profesional habría construido un SFV.

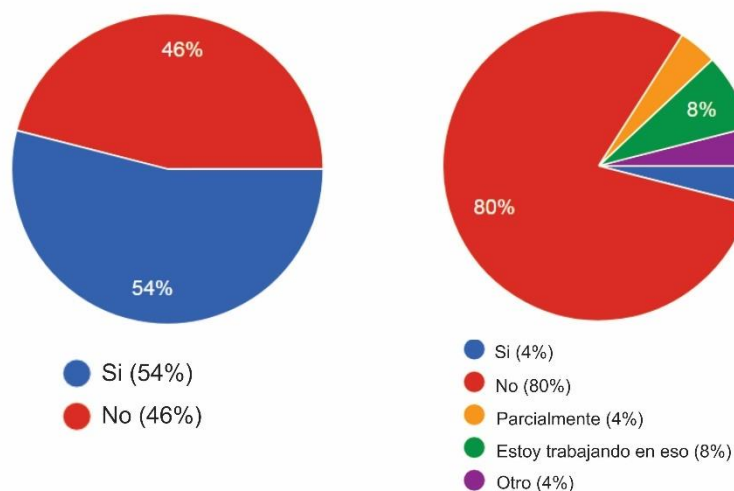


Fig. 6: Proyectos realizados implementando energía solar.

Fuente: Elaboración propia.

Percepción de los obstáculos para la implementación de SFV

En cuanto a los obstáculos para implementar sistemas fotovoltaicos en los edificios en la Región NEA, y con la posibilidad de elegir más de una opción, el mayor número de respuestas apuntó a la cuestión económica, con un 82% que considera que los costos son muy elevados y el 66% destaca la falta de incentivos económicos; un 54% señala la falta de mano de obra calificada, el 46% el bajo interés de los comitentes, el 44% carencias normativas, 40% su baja capacitación profesional en el tema, el 20% dificultades para conseguir materiales e insumos, el 8% señala las dificultades para trabajar en forma interdisciplinaria, el 4% señala que hay otros obstáculos no tenidos en cuenta en la encuesta, un 2% considera que no hay obstáculos para la implementación. Ningún encuestado manifestó no saber cuáles son los obstáculos.

En la Fig. 7 se puede observar un histograma ordenado de mayor a menor, de los obstáculos percibidos por los profesionales para la implementación de SFV. El mayor número de respuestas apunta a temas económicos.

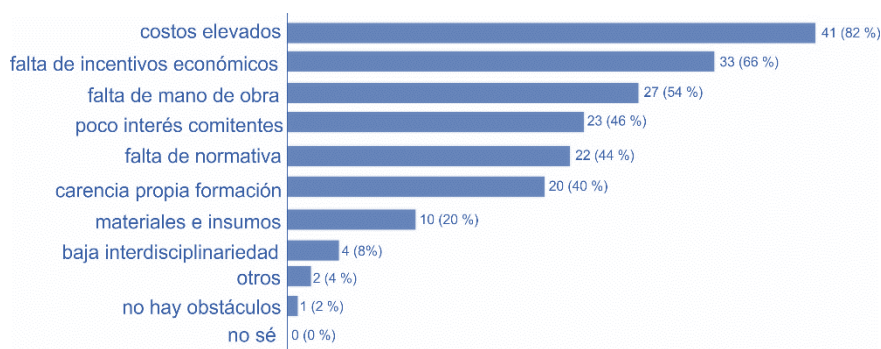


Fig. 7: Percepción de los profesionales sobre los obstáculos para la implementación de SFV.

Fuente: Elaboración propia.

Segmento de preguntas abiertas a comentarios, opiniones y reflexiones

Al finalizar la encuesta se abrió un campo no obligatorio para comentarios, opiniones, reflexiones sobre el tema de las energías renovables en general y la solar fotovoltaica en particular. Un total de 26 encuestados realizaron comentarios, los que fueron categorizados para su análisis.

En 5 encuestas se encontró un análisis integral de las posibilidades de implementación de las energías renovables. A modo de ejemplo se citan textualmente algunas opiniones.

“Me parece muy bueno que se esté investigando y relevando sobre estos temas. Considero que hay que trabajar sobre varios temas para que la implementación se pueda dar, desde los valores, la difusión de información, los beneficios y principalmente una legislación que acompañe, como así también si estos temas se están trabajando desde la universidad, ver la forma de que los profesionales y empresas del sector puedan estar al tanto de los avances y/o poder acceder a los resultados del mismo” (Encuesta 32, 45 años).

En 4 encuestas se señalaron cuestiones técnicas, consideradas tanto como dificultades o desafíos.

“El desafío es si la energía renovable puede alimentar a un estilo de vida moderno, que entendemos que sí lo puede hacer, y cuál sería mejor manera de financiar y acelerar su despliegue. En cuanto a la energía solar fotovoltaica, las tecnologías utilizadas en la actualidad son mucho más eficientes, cada vez más capaces de generar energía incluso en condiciones menos óptimas, como baja irradiación solar. Por otro lado, tengo entendido, que las tecnologías de almacenamiento de energía están y siguen mejorando continuamente” (Encuesta 29, 32 años).

En 4 encuestas se resaltó la relación entre la generación fotovoltaica y la arquitectura sustentable.

“Es fundamental la incorporación de energías renovables en los proyectos de arquitectura, reduciendo el consumo de energías convencionales y aprovechar en este caso el asoleamiento de nuestra zona” (Encuesta 34, 40 años).

En 3 encuestas se observó el tema económico, en general en forma positiva y con esperanzas de mejora.

“Creo que es súper importante. Creo que en un futuro cercano los costos se irán acomodando y se implementará en forma masiva” (Encuesta 41, 42 años).

En 3 encuestas se comentó el interés que despierta el tema en el ámbito profesional.

“Es un tema interesante que merece importancia en el contexto actual y además necesita de aval científico para su promoción y demostración de sus posibilidades, tanto técnicas como en lo que se refiere a la búsqueda de alternativas sustentables en el desarrollo del hábitat” (Encuesta 22, 30 años).

En 2 encuestas se relacionó las energías renovables con el futuro.

“Estas energías son el futuro inmediato. Y resultan de un gran interés. Por lo cual estoy dispuesto a una mayor participación” (Encuesta 47, 56 años).

También el espacio fue utilizado en un caso para señalar cierta desconfianza acerca de los intereses que motivan el impulso de las energías renovables.

“El desarrollo de estos sistemas debe ser progresivo hasta alcanzar índices reales de sustentabilidad. Mientras tanto será un buen negocio para pocos” (Encuesta 40, 63 años).

REFLEXIONES FINALES

De la encuesta realizada se extraen algunas conclusiones como ser:

Se observa un alto grado de interés que manifiestan los profesionales sobre las energías renovables en general y la solar fotovoltaica en particular.

Si bien aproximadamente la mitad de los encuestados manifiestan haber propuesto alguna vez un SFV, solo 2 profesionales afirman haberlo concretado, pero al indagar en profundidad la respuesta se infiere que en realidad se trata de sistemas solares térmicos. Por lo que ningún profesional habría construido un SFV.

Los profesionales consideran baja su formación de grado en relación a las energías renovables.

En cuanto a la formación de posgrado en relación a las energías renovables el 82% no realizó ningún estudio o solo asistió a alguna charla o capacitación. Un 10% afirma haber realizado un curso de posgrado y el resto otras situaciones.

En general los profesionales son conscientes de los obstáculos que existen para la implementación de la energía solar fotovoltaica en la arquitectura.

La faceta ambiental de las energías renovables y en particular de la Solar Fotovoltaica ha sido altamente ponderada. Sin embargo, se señalaron obstáculos económicos y técnicos para su implementación.

Los profesionales de la construcción son actores claves para la promoción de las energías renovables en la arquitectura.

Su percepción de las energías renovables es positiva, pero reconocen en general una carencia en su formación de grado y posgrado, lo que sumado a otros aspectos contextuales (como ser la cuestión económica, la falta de políticas e incentivos, la carencia en la mano de obra y los insumos) obstaculiza la implementación de la energía solar fotovoltaica en la construcción de la Región.

Resulta un desafío profesional vigente el diseño de una estética de la energía (valoración de aspectos formales y perceptuales) de carácter regional que integre en la envolvente sistemas que permitan generar parcial o totalmente la energía que la arquitectura requiere.

AGRADECIMIENTOS

A los profesionales que generosamente compartieron su tiempo para contestar la encuesta, a la vez que expresaron libremente su parecer en relación a la temática. Al Consejo Profesional de Corrientes y al Colegio de Arquitectos de la Provincia del Chaco, que a través de sus máximos representantes (Arq. Emilio Moralez Hanuch por Corrientes y Arq. Leandro Rosso por el Chaco) facilitaron la realización de la encuesta.

BIBLIOGRAFIA

- Benyus, J. (2012). Biomímesis. Innovaciones inspiradas por la naturaleza. Barcelona: TUSQUETS Editores.
- Braungart, M. y McDonough, W. (2005). Cradle to cradle. Rediseñando la forma en que hacemos las cosas. España: McGraw Hill.
- CAMMESA - Cámara Argentina del Mercado Mayorista Eléctrico S.A. (2018). Informe Anual 2017.
- De Garrido, L. (2014). Arquitectura Bioclimática Extrema. Barcelona: Monsa.
- Evans, J. (2010). Sustentabilidad en Arquitectura. Buenos Aires: CPAU.
- Galiano, F. (1991). El fuego y la memoria. Sobre arquitectura y energía. Madrid: Alianza.
- Gore, A. (2006). Una verdad incómoda. La crisis planetaria del calentamiento global y cómo afrontarla. Barcelona: Gedisa.
- Hawken, P., Lovins, A. y Lovins, H. (1999). Capitalismo Natural. Creando la próxima Revolución Industrial. San Pablo: Cultrix – Amana Key.
- Hernandez Sampieri, R. F. (2014). Metodología de la investigación. México: McGraw Hill.

- International Energy Agency (IEA) for the Global Alliance for Buildings and Construction (GlobalABC). (2018) Informe Global: Hacia un sector de edificios y de la construcción eficiente, resiliente y con cero emisiones. United Nations Environment Programme.
- IRAM 11930. (2010). Construcción Sostenible. Principios Generales. Buenos Aires: Instituto Argentino de de Normalización y Certificación.
- Latour, B. (2017). Cara a cara con el planeta. Una nueva mirada sobre el cambio climático alejada de las posiciones apocalípticas. Buenos Aires: Siglo Veintiuno Editores.
- Leonard, A. (2010). La Historia de las Cosas. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica
- ONU. Organización de las Naciones Unidas. (1987). Nuestro futuro común (Informe Bruntland), Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo presidida por Gro Harlem Bruntland. Nueva York: Naciones Unidas.
- (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Recuperado de: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Prieto, E. (2014). Máquinas o atmósferas. La estética de la energía en la arquitectura, 1750-2000. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Madrid.
- Serrani, E. (2018). Alternativas energéticas para Chaco. Resistencia: Escuela de Gobierno de la Provincia del Chaco.
- Toffler, A. (1980). La tercera ola. Colombia: Plaza y Janes Editores.

LAS ENVOLVENTES VERDES COMO PRINCIPALES HERRAMIENTAS PARA DISMINUIR EL CONSUMO ENERGÉTICO DE LOS EDIFICIOS

Florencia Belén Galizzi,

Profesor/a guía: Claudia Pilar y Daniel Vedoya

Seleccionado como Mejor Trabajo de Becario de Pregrado,
Área de las Ciencias Tecnológicas de la UNNE
para participar de la XXVIII Jornadas de Jóvenes Investigadores 2021,
de la Asociación de Universidades del Grupo Montevideo,
realizado en la Universidad de Santiago de Chile del 10 al 12 de noviembre de 2021

RESUMEN

El presente trabajo aborda la problemática de la envolvente edilicia considerando que su adecuado diseño es la principal herramienta para disminuir el consumo energético de los edificios y lograr de forma sustentable condiciones de confort en los espacios.

Como estrategia de aprovechamiento pasivo, se plantea la incorporación del verde en techos y paredes, dado que constituyen la piel a través de la cual los edificios realizan su intercambio energético entre el ambiente interior y exterior. De esta manera, las envolventes verdes se consideran moderadoras ambientales.

El objetivo general del presente trabajo es analizar y comparar soluciones tecnológico-constructivas tradicionales y las que incorporan el verde, considerando la variable térmica y acústica. El propósito es verificar la mejora en los niveles de confort que brinda la envolvente verde, además de sus conocidas prestaciones ambientales urbano – arquitectónicas.

El uso de envolventes verdes en la construcción desde una perspectiva ecológica, resulta relativamente reciente. Si bien existen estudios e investigaciones de carácter científico sobre muros y techos verdes que permiten evaluar como positiva su efectividad, en función del clima y las demás condicionantes específicas, su aplicación sigue siendo muy baja, existiendo muy pocos ejemplos en la Ciudad de Resistencia (Chaco, Argentina). Debido a esto el presente trabajo busca demostrar los beneficios energéticos que presentan las envolventes naturadas por medio de cálculos aplicados a sistemas constructivos propios de la ciudad y a la identificación de experiencias locales que incorporen al verde en muros y techos.

Para verificar el incremento termo-acústico, se calcula la transmitancia térmica según las Normas IRAM 11.601 y 11.605, y se realiza la verificación del incremento en el aislamiento acústico de los siguientes cerramientos: Cerramiento vertical con mampostería de Bloques de Hormigón Celular Curado en Autoclave (HCCA), luego con

Envolvente Vertical-Hidropónica y Cubierta plana Losa de Hormigón Armado (H°A°), posterior con Envolvente Horizontal- Techo Verde Semi-Intensivo.

La envolvente vertical a analizar, es un sistema hidropónico patentado por Singular Green que está formado por una capa impermeable, sellante, membrana de distribución y sustrato proyectado con una mezcla de semillas. Su paquete tecnológico se compone de la siguiente manera: perfilera de aluminio, paneles de PVC espumado, doble tubería, panel de lana de roca, sustrato de piedra pómez, microleca, perlita y zeolita, acabado vegetal en geotextil con bolsillos, rejilla y canal metálico.

Por otro lado, el techo verde semi-intensivo es una cubierta también patentada por Singular Green, con elevada capacidad de almacenamiento de agua. Es el único en el mercado que utiliza cajas de fruta de HDPE recicladas y reciclables para la configuración del aljibe. Su paquete tecnológico se compone de la siguiente manera: lámina impermeable sobre la capa soporte, capa antipunzonada y separadora, capa drenante-aljibe, capa filtrante, capa absorbente, sustrato de mezcla de compost, corteza de pino, microleca, perlita y zeolita, y la vegetación.

Con respecto al relevamiento e identificación de los casos locales, se analizan tres tipos de envoltentes verdes, un sistema hidropónico, enrejado modular y sistema de cables.

Los resultados obtenidos demuestran de manera satisfactoria, tanto el aislamiento térmico como el acústico de las envoltentes verdes, al igual que su factibilidad de ser aplicadas a obras nuevas y edificios existentes gracias a los casos identificados.

En el primer caso del cerramiento vertical, el aumento del aislamiento térmico se debe gracias a la capa de sustrato, que por su baja conductividad térmica aumenta la Resistencia Total del cerramiento, obteniendo de esta manera un menor Coeficiente K. Para las cubiertas, nuevamente es el sustrato el encargado de marcar la diferencia por su baja conductividad térmica.

En el caso del aislamiento acústico, se determina el destino del paquete constructivo para obtener los niveles de ruido de acuerdo al local y el ruido de fondo en relación a la situación exterior. Como resultado, al igual que en el aislamiento térmico, la mejora en la aislación también está dada por la capa de sustrato, la cual fue calculada con un peso específico considerando al sustrato seco, lo que quiere decir que si se lo considerara húmedo (donde su peso superficial aumenta considerablemente), seguiría verificando positivamente ya que el cálculo se realizó con el menor peso. Tanto en el cerramiento vertical como en las cubiertas la mejora acústica se traduce en el aumento de un promedio de 10 dB.

De esta manera se obtiene que cuanto mayor sea el espesor y densidad del sustrato, mayor será el colchón de aire encerrado que cumple el efecto de un aislante térmico-acústico. En consecuencia, al aumentar el aislamiento térmico se disminuye por ende el consumo energético por parte de sistemas de refrigeración y calefacción.

Además, el análisis e identificación de las distintas experiencias del verde en la Ciudad de Resistencia (Chaco, Argentina) clarifica los beneficios que otorgan las mismas: estéticos (atractivo visual y sustentable), ecológicos (reducen las islas de calor), higro-térmicas-acústicas y paisajísticas (preservan la biodiversidad local). Al igual que

constituyen soluciones que concientizan ambientalmente, permiten innovar tecnológicamente y son factibles de ser aplicadas tanto a obras nuevas como remodelaciones.

Introducción

El presente trabajo aborda la problemática de la envolvente edilicia considerando que su adecuado diseño es la principal herramienta para disminuir el consumo energético de los edificios y lograr de forma sustentable condiciones de confort en los espacios.

En los últimos diez años la sociedad se ha enfrentado a múltiples problemáticas: crecimiento demográfico descontrolado, agotamiento de los recursos naturales, incontrollado calentamiento global, avance sobre el medio ambiente, destrucción de la biodiversidad, entre otros.

En Argentina, de acuerdo a Czajkowski (2009) el consumo energético en relación con otros países es sumamente alto y la calidad energética edilicia tiende a reducirse con el transcurso de los años. Esto quiere decir que las técnicas de habitabilidad higrotérmica y racionalidad energética no se encuentran desarrolladas o bien su aplicación continúa siendo muy baja.

Como estrategia de aprovechamiento pasivo, se plantea la incorporación del verde en techos y paredes, dado que constituyen la piel a través de la cual los edificios realizan su intercambio energético entre el ambiente interior y exterior. De esta manera, las envolventes verdes se consideran moderadoras ambientales.

Los envolventes verdes son elementos vivos que interactúan con el ambiente y la obra, presentando ventajas estéticas (atractivo visual y sustentable), ecológicas (reducen las islas de calor), higro-térmicas-acústicas y paisajísticas (preservan la biodiversidad local). Al igual que constituyen soluciones que concientizan ambientalmente, permiten innovar tecnológicamente y son factibles de ser aplicadas tanto a obras nuevas como remodelaciones.

Objetivos

El objetivo general del presente trabajo es analizar y comparar soluciones tecnológico-constructivas tradicionales y las que incorporan el verde, considerando la variable térmica y acústica. El propósito es verificar la mejora en los niveles de confort que brinda la envolvente verde, además de sus conocidas prestaciones ambientales urbano – arquitectónicas.

Materiales y métodos

Las superficies vegetales son elementos vivos que interactúan con el ambiente y el edificio de maneras muy diversas, lo que supone efectos tan significativos como los siguientes:

- Estéticas: comunica de forma explícita la intención de diseño ambientalmente consciente.

- Ecológicas: actúa como un filtro natural del aire. Las bacterias en las raíces de las plantas metabolizan las impurezas del aire tales como los compuestos orgánicos volátiles. Además, fija el dióxido de carbono y genera oxígeno.
- Hígro – termo - acústicas: el “colchón” verde actúa como un aislamiento térmico de alto rendimiento y evita la ganancia solar excesiva dado que los rayos ultravioletas (UV) son absorbidos por este revestimiento exterior. Colabora con regulación de aspectos acústicos de la envolvente.
- Urbanas y paisajísticas: ayudan a conformar un espacio exterior agradable y en el que la sustentabilidad ambiental se materializa de forma explícita.
- Concientización ambiental: su uso alerta sobre la importancia de “reverdecer” nuestras construcciones y el espacio urbano.
- Innovación tecnológica - ambiental: resulta un tema de investigación, desarrollo e innovación tecnológica.
- Factibilidad de aplicarse en remodelaciones: es factible su uso en remodelación de edificios existentes ya sean estos contemporáneos o de diferentes épocas de construcción (desde edificios históricos con valor patrimonial a edificios viejos que carecen del mismo) reverdeciendo las ciudades.

La aplicación del verde en paredes y techos constituye una estrategia de diseño utilizada para combatir gran parte de los problemas actuales que enfrentan las ciudades, producto de su densificación urbana, crecimiento desmedido y cada vez más condiciones adversas que afectan al hábitat y a la calidad de vida.

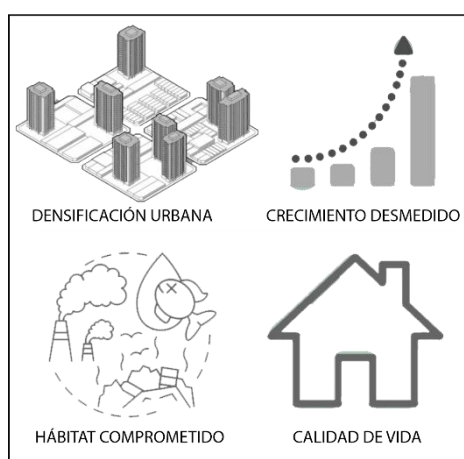


Figura 1: Esquemas de los problemas que enfrentan las ciudades. Elaboración propia (2021).

Para verificar el significativo aumento con respecto al aislamiento térmico que aportan, se procede al cálculo de la transmitancia térmica según las Normas IRAM 11.601 y 11.605 de lo siguiente, para luego compararlos y establecer conclusiones:

1. Cerramiento vertical con mampostería de Bloques de Hormigón HCCA y luego con Envolverte Vertical-Hidropónica.

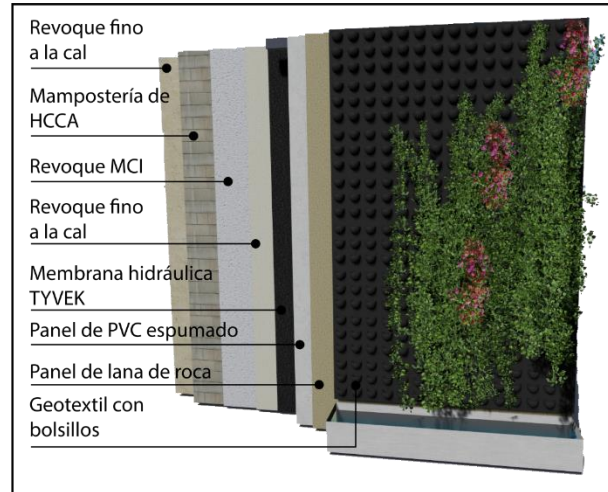


Figura 2: Esquema de Muro Verde analizado. Elaboración propia (2021).

2. Cubierta plana Losa de H°A° y luego con Envolverte Horizontal- Techo verde Semi-Intensivo.

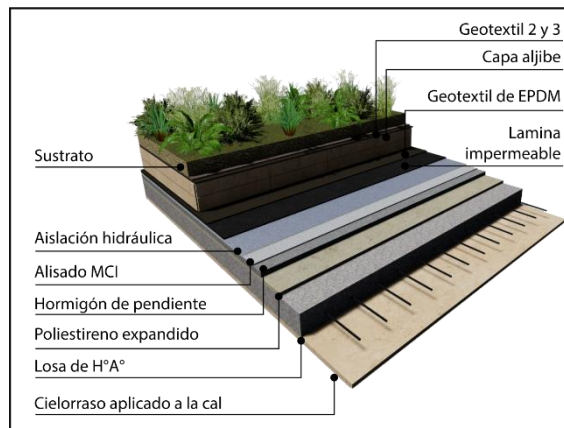
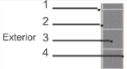


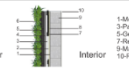
Figura 3: Esquema de Techo Verde analizado. Elaboración propia (2021).

Además, se realizó la verificación del incremento en el aislamiento acústico y posterior al añadido de la envolvente verde para establecer cuantos dB se incrementan con las mismas.

Cálculo 1 y 2: Cerramiento vertical con mampostería de Bloques de Hormigón HCCA y posterior con Envolverte Vertical-Hidropónica.

CÁLCULO COEFICIENTE DE TRANSMITANCIA TÉRMICA- Norma IRAM 11.601					
Mampostería de Bloques de Hormigón HCCA					
Zona BIOAMBIENTAL: lb	Exterior Interior				
Epoca del año: VER-INV	Sentido flujo de calor: Horizontal				
CAPAS CONSTITUTIVAS	Esesor (m)	Conductividad térmica (W/m.k)	Resistencia térmica (e/A)	Peso Especifico (ρ= kg/m3)	Peso Superficial (m= ρ.E= kg/m2)
Rse (1/ae)			0,04		
Revoque fino a la cal	0,015	0,7	0,02142857	1400	21
Revoque MCI	0,02	1,16	0,01724138	1800	36
Mampostería de HCCA	0,1	0,54	0,18518519	680	68
Revoque fino a la cal	0,015	0,7	0,02142857	1400	21
Rsi (1/ai)			0,13		
TOTAL	0,15		0,41528371		146
Transmitancia térmica del componente (W/m2 . K)					2,407992373
Transmitancia térmica de acuerdo a la Norma IRAM 11.605 (W/m2 . K)					
VERANO	2,41 > 1,80 NO Cumple con el Nivel C				
INVIERNO	2,41 > 1,67 NO Cumple con el Nivel C				

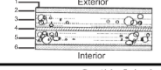
CÁLCULO 1

CÁLCULO COEFICIENTE DE TRANSMITANCIA TÉRMICA- Norma IRAM 11.601					
Sistema Hidropónico sobre Mampostería de Bloques de Hormigón HCCA					
Zona BIOAMBIENTAL: lb	Exterior Interior				
Epoca del año: VER-INV	Sentido flujo de calor: Horizontal				
CAPAS CONSTITUTIVAS	Esesor (m)	Conductividad térmica (W/m.k)	Resistencia térmica (e/A)	Peso Especifico (ρ= kg/m3)	Peso Superficial (m= ρ.E= kg/m2)
Rse (1/ae)			0,04		
Membrana hidráulica TYVEK	0,005	0,025	0,2	1200	6
Cámara de aire	0,04	0,18	0,22222222	2100	84
Panel de PVC espumado	0,05	0,07	0,71428571	1020	51
Panel de lana de roca	0,06	0,041	1,46341463	100	6
Geotextil con bolillos	0,002	0,25	0,008	1550	3,1
Sustrato de piedra poméz, microleca, perlita y zeolita	0,15	0,012	12,5	580	87
Revoque fino a la cal	0,015	0,7	0,02142857	1400	21
Revoque MCI	0,02	1,16	0,01724138	1800	36
Mampostería de HCCA	0,1	0,54	0,18518519	680	68
Revoque fino a la cal	0,015	0,7	0,02142857	1400	21
Rsi (1/ai)			0,13		
TOTAL	0,457		15,5232063		383,1
Transmitancia térmica del componente (W/m2 . K)					0,064419681
Transmitancia térmica de acuerdo a la Norma IRAM 11.605 (W/m2 . K)					
VERANO	0,06 < 0,45 Cumple con el Nivel A				
INVIERNO	0,06 < 0,35 Cumple con el Nivel A				

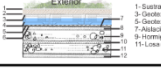
CÁLCULO 2

Tablas 1 y 2: Cálculos de coeficiente de transmitancia térmica en Mampostería de Bloques de Hormigón HCCA y posterior en Sistema Hidropónico sobre Mampostería de Bloques de Hormigón HCCA. Elaboración propia en base a Normas IRAM 11.601, 11.605.

Cálculo 3 y 4: Cubierta plana Losa de H°A° y posterior la misma con Techo Verde Semi-Intensivo.

CÁLCULO COEFICIENTE DE TRANSMITANCIA TÉRMICA- Norma IRAM 11.601					
Cubierta plana, losa de H° A°					
Zona BIOAMBIENTAL: lb	Exterior Interior				
Epoca del año: VER-INV	Sentido flujo de calor: Vertical				
CAPAS CONSTITUTIVAS	Esesor (m)	Conductividad térmica (W/m.k)	Resistencia térmica (e/A)	Peso Especifico (ρ= kg/m3)	Peso Superficial (m= ρ.E= kg/m2)
Rse (1/ae)			0,04		
Aislación hidráulica, carpeta bituminosa con lamina de aluminio sobre la superficie superior	0,005	0,17	0,02941176	1050	5,25
Alisado de MC	0,02	1,3	0,01538462	2100	42
Hormigón de pendiente	0,07	0,45	0,15555556	1200	84
Poliestireno expandido	0,03	0,035	0,85714286	20	0,6
Losa de H° A°	0,08	1,63	0,04907975	2400	192
Cielorraso aplicado mortero a la cal	0,02	0,93	0,02150538	1800	36
Rsi (1/ai)			0,1		
TOTAL	0,25		1,26807992		420
Transmitancia térmica del componente (W/m2 . K)					0,788593828
Transmitancia térmica de acuerdo a la Norma IRAM 11.605 (W/m2 . K)					
VERANO	0,78 > 0,72 NO cumple con el Nivel C				
INVIERNO	0,78 < 1,00 Cumple con el Nivel C				

CÁLCULO 3

CÁLCULO COEFICIENTE DE TRANSMITANCIA TÉRMICA- Norma IRAM 11.601					
Techo Verde Semi-Intensivo sobre Losa de H° A°					
Zona BIOAMBIENTAL: lb	Exterior Interior				
Epoca del año: VER-INV	Sentido flujo de calor: Vertical				
CAPAS CONSTITUTIVAS	Esesor (m)	Conductividad térmica (W/m.k)	Resistencia térmica (e/A)	Peso Especifico (ρ= kg/m3)	Peso Superficial (m= ρ.E= kg/m2)
Rse (1/ae)			0,04		
Sustrato de mezcla de compost, corteza de pino, microleca, perlita y zeolita	0,27	0,012	22,5	720	194,4
Capa absorbente y filtrante: Geotextil no tejido compuesto por fibras cortadas de políster	0,001	0,05	0,02	1800	1,8
Capa absorbente y filtrante: Geotextil no tejido compuesto por fibras de políster reciclado y polipropileno reciclado	0,004	0,05	0,08	1800	7,2
Capa de agua (consideramos el aljibe a un dos tercios de su capacidad)	0,1	0,58	0,17241379	1000	100
Cámara de aire entre el aljibe	0,05	0,18	0,27777778	2100	105
Capa absorbente y filtrante: Geotextil no tejido compuesto por fibras cortadas de polipropileno de alta tenacidad	0,0006	0,05	0,012	1550	0,93
Lamina impermeable flexible a base de Etileno Propileno Dieno	0,0012	0,25	0,0048	1300	15,6
Aislación hidráulica, carpeta bituminosa con lamina de aluminio sobre la superficie superior	0,005	0,17	0,02941176	1050	5,25
Alisado de MC	0,02	1,3	0,01538462	2100	42
Hormigón de pendiente	0,07	0,4	0,175	1200	84
Poliestireno expandido	0,03	0,035	0,85714286	20	0,6
Losa de H° A°	0,08	1,63	0,04907975	2400	192
Cielorraso aplicado mortero a la cal	0,02	0,93	0,02150538	1800	36
Rsi (1/ai)			0,1		
TOTAL	0,6018		24,3545159		483,58
Transmitancia térmica del componente (W/m2 . K)					0,041060147
Transmitancia térmica de acuerdo a la Norma IRAM 11.605 (W/m2 . K)					
VERANO	0,04 < 0,18 Cumple con el Nivel A				
INVIERNO	0,04 < 0,30 Cumple con el Nivel A				

CÁLCULO 4

Tablas 3 y 4: Cálculo coeficiente de transmitancia térmica en Cubierta plana, Losa de H°A° y en Techo Verde Semi-Intensivo. Elaboración propia en base a Normas IRAM 11.601, 11.605.

Cálculo 5 y 6: Aislación acústica de la mampostería de Bloques de Hormigón HCCA y posterior el mismo cerramiento con Envoltorio Vertical-Hidropónica.

CÁLCULO AISLACIÓN DEL DIVISORIO				
Mampostería de Bloques de Hormigón HCCA	1. Revoque fino a la cal.			
Exterior	2. Revoque de mortero de cemento impermeable.			
Interior	3. Mampostería de Bloques de Hormigón HCCA			
Interior-Exterior	4. Revoque fino a la cal.			
DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RUIDO	DETERMINACIÓN DEL PESO SUPERFICIAL	Espesor (m)	Peso Específico (γ= kg/m³)	Peso Superficial (m= γ.E= kg/m²)
Según TABLA 1 A y de acuerdo al destino como dormitorio de vivienda= 35 db	Revoque fino a la cal	0,015	1400	21
	Revoque MCI	0,02	1800	36
	Mampostería de HCCA	0,1	680	68
	Revoque fino a la cal	0,015	1400	21
	TOTAL			146
Surge de una fórmula que relaciona el Peso Superficial Total con el mayor de los componentes analizados (I= PsT/ Psi >): 146 kg/m² / 68 kg/m²= 2,14. Se corresponden 4,8 db.				
AISLACIÓN TOTAL DEL DIVISORIO				
Aislación por Ley de Masa				
Aislación por Material Heterogéneo				
48,3 dB				

CÁLCULO 5 **48,3 dB < 60 dB**

CÁLCULO AISLACIÓN DEL DIVISORIO				
Mampostería de Bloques de Hormigón HCCA + Envolvente Vertical Hidropónica	1. Membrana Hidráulica TYVEK			
Exterior	2. Panel de PVC expandido			
Interior	3. Geotextil con bolsillos			
Interior-Exterior	4. Sustrato de lana de roca			
	5. Revoque fino a la cal			
	6. Revoque MCI			
	7. Mampostería de Bloques de Hormigón HCCA			
	8. Revoque fino a la cal			
DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RUIDO	DETERMINACIÓN DEL PESO SUPERFICIAL	Espesor (m)	Peso Específico (γ= kg/m³)	Peso Superficial (m= γ.E= kg/m²)
Según TABLA 1 A y de acuerdo al destino como dormitorio de vivienda= 35 db	Membrana Hidráulica TYVEK	0,005	1200	6
	Cámara de aire	0,04	2100	84,00
	Panel de PVC expandido	0,05	1020	51,00
	Panel de lana de roca	0,06	100	6,00
	Geotextil con bolsillos	0,002	1550	3,10
	Sustrato de piedra poméz, microleca, perlita y zeolita	0,15	580	87,00
	Revoque fino a la cal	0,015	1400	21
	Revoque MCI	0,02	1800	36
	Mampostería de HCCA	0,1	680	68
	Revoque fino a la cal	0,015	1400	21
	TOTAL			383,10
Surge de una fórmula que relaciona el Peso Superficial Total con el mayor de los componentes analizados (I= PsT/ Psi >): 383,10 kg/m² / 87 kg/m²= 4,40. Se corresponden 8,8 db.				
AISLACIÓN TOTAL DEL DIVISORIO				
Aislación por Ley de Masa				
Aislación por Material Heterogéneo				
Aislación por Cámara de Aire				
60,2 dB				

60,2 dB > 60 dB
CÁLCULO 6

Tablas 5 y 6: Cálculo aislación acústica de la mampostería de Bloques de Hormigón HCCA y del Sistema Hidropónico sobre Mampostería de Bloques de Hormigón HCCA. Elaboración propia en base a Normas IRAM 11.601, 11.605 y Guía Práctica de Instalaciones II FAU UNNE (2019).

Cálculo 7 y 8: Aislación acústica de la Cubierta plana Losa de H°A° y posterior la misma con Techo Verde Semi-Intensivo.

CÁLCULO AISLACIÓN DEL DIVISORIO				
Cubierta plana, Losa de H°A°	1. Aislación hidráulica.			
Exterior	2. Alisado de MC.			
Interior	3. Hormigón de pendiente.			
Interior-Exterior	4. Poliestireno expandido.			
	5. Losa de H°A°			
	6. Cieloraso aplicado mortero a la cal.			
DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RUIDO	DETERMINACIÓN DEL PESO SUPERFICIAL	Espesor (m)	Peso Específico (γ= kg/m³)	Peso Superficial (m= γ.E= kg/m²)
Según TABLA 1 A y de acuerdo al destino como dormitorio de vivienda= 35 db	Aislación hidráulica	0,005	1050	5,25
	Alisado de MC	0,02	2100	42
	Hormigón de pendiente	0,07	1200	84
	Poliestireno expandido	0,03	20	0,6
	Losa de H°A°	0,08	2400	192
	Cieloraso aplicado	0,02	1800	36
	TOTAL			359,85
Surge de una fórmula que relaciona el Peso Superficial Total con el mayor de los componentes analizados (I= PsT/ Psi >): 359,85 kg/m² / 192 kg/m²= 1,87. Se corresponden 3,7 db.				
AISLACIÓN TOTAL DEL DIVISORIO				
Aislación por Ley de Masa				
Aislación por Material Heterogéneo				
53 dB				

53 dB < 60 dB
CÁLCULO 7

CÁLCULO AISLACIÓN DEL DIVISORIO				
Techo verde semi-intensivo sobre Losa de H° A°				

La implementación de envoltentes verdes es aún incipiente en nuestra región a pesar de que su uso se ha extendido en el mundo y en otras regiones de nuestro país. Esto se debe a cierta reticencia de los profesionales y de los comitentes en cuanto a su implementación, posiblemente en base al desconocimiento y la resistencia al cambio.

El estudio científico de los beneficios de estos sistemas, permitirá una sistematización de información tendiente a la posibilidad de implementación más extendida en nuestro medio.

Con el objetivo de verificar la aplicación del verde, se realiza un relevamiento de casos locales en la Ciudad de Resistencia (Chaco, Argentina).

Caso 1: Café Martínez



Figura 4: Envoltente verde de Café Martínez. Elaboración propia (2021).

La cafetería se encuentra ubicada en Güemes 436, en el microcentro de la ciudad y a tres cuadras de la Plaza 25 de Mayo.

El proyecto a cargo de la empresa familiar Siempre Verde- Diseño de Jardines, presenta un Sistema Hidropónico en el semicubierto del acceso, rodeado de las mesas.

Las especies vegetales utilizadas son Potus, Syngoniums, Dracaenas Deremensis, Cissus y Cintas. El paquete constructivo está formado por lo siguiente:

1. Estructura metálica soporte.
2. Placa de plástico PVC.
3. Filtro geotextil reciclado.
4. Sistema de riego.
5. Geotextil con componente UV.
6. Especies vegetales.

Esta envoltente cuenta con un sistema de riego por goteo, ubicándose la canalización del agua en la parte inferior, quedando oculta por la vegetación.

Caso 2: Consejo Profesional de Ciencias Económicas



Figura 5: Envoltente verde del Consejo Profesional de Ciencias Económicas. Elaboración propia (2021).

Ubicado en Pellegrini al 212, el Consejo Profesional de Ciencias Económicas se encuentra a una cuadra de la Plaza 25 de Mayo.

El proyecto de la envoltente verde estuvo a cargo del Arq. Gustavo Barrios D'Ambra, en el cual se plantea un enrejado modular a modo de parasol de la fachada principal orientada hacia el noroeste, que corresponde al auditorio, el cual posee una superficie vidriada.

Las especies vegetales utilizadas fueron Pothus, Oxalais, Syngoniums, Pteridium, Anthuriums, Cyperaceae y Amaryllidaceae. El paquete constructivo del enrejado modular consta de lo siguiente:

1. Estructura soporte.
2. Contenedores colocados en pasarelas de mantenimiento.
3. Sistema de riego automatizado.
4. Especies vegetales.

“La fachada del edificio a través de los parasoles verdes, pretende lograr una sustentabilidad visual del conjunto”, (Pilar, 2015). Las envoltentes obran de tamiz verde y son acompañadas mediante otras estrategias pasivas de la obra, como las losas en voladizo de 1,40 m y protecciones interiores por medio de cortinas “black out roller”.

Caso 3: Nebraska Bar



Figura 6: Envoltente verde de Nebraska Bar. Elaboración propia (2021).

El bar Nebraska se encuentra ubicado en Laprida 88, frente a las Torres del Poder Judicial y próximo a la Av. Sarmiento.

Cualitá Arquitectura fue el estudio encargado de la refuncionalización del bar, donde en su fachada se incorpora un jardín vertical. Para el aprovisionamiento y asesoramiento de las especies vegetales participo Hijas del Monte.

En la fachada y acceso al interior del bar, se plantea un sistema de jardín vertical por medio de cables de acero sobre un paramento existente. Las especies empleadas fueron enredaderas, proveídas por Vivero Los Teros (proveedor local). El sistema de cables está estructurado de la siguiente manera:

1. Elementos de fijación superior: tuercas ciegas de acero inoxidable.
2. Cable individual: cable tensor orientado de manera vertical y espaciados alrededor del paramento curvo, actuando de guía de las especies vegetales.
3. Aprieta cables en cruz: mantienen los cables en su posición.
4. Elemento de fijación inferior: tuerca ciega con cabeza plana soldada.
5. Macetero de cemento: contiene el sustrato y el nacimiento de las especies vegetales.

El sistema de cables es una opción excelente, en particular para la estructura de apoyo y para otras áreas de difícil acceso, gracias a su facilidad de mantenimiento, longevidad y resistencia a influencias medioambientales.

Resultados y discusión

Cálculo 1 y 2: En el primer caso, el valor hallado para ambas estaciones no cumple con el Nivel C de las condiciones de confort higrotérmico, teniendo en cuenta que se está trabajando con un material pre-fabricado con prestaciones térmicas considerables.

En el segundo caso, se aplicó el Sistema Hidropónico y se corrobora la eficacia de su aislamiento térmico. El valor hallado para ambas estaciones cumple con el Nivel A de condiciones de confort higrotérmico, siendo el mismo incluso mucho menor que el valor de referencia.

El elemento encargado de hacer la diferencia es la capa de sustrato, que por su baja conductividad térmica aumentan la Resistencia Total del cerramiento, obteniendo de esta manera un menor Coeficiente K. El valor de la conductividad térmica ($\lambda = 0.012 \text{ W/m.k}$) que se toma para los cálculos de la transmitancia térmica del sustrato, ha sido obtenida de un estudio sobre el cálculo de la conductividad térmica equivalente en la cubierta ecológica, realizado por María V. Machado, Calina Britto y Javier Neila en 2004 (Iñigo, 2017). Cabe aclarar, que la estructura portante de perfilería de aluminio no se encuentra considerada en el cálculo, debido a que la misma se coloca cada cierta distancia, no siendo una capa continua en todo el paramento.

Cálculo 3 y 4: En el primer caso de las cubiertas, el valor hallado en el ejemplo tomado en verano no cumple con las condiciones de confort higrotérmico, mientras que en invierno cumple en el Nivel C. Se tomó este tipo de cubiertas ya que representan en gran medida las tipologías utilizadas en la Ciudad de Resistencia, Chaco dentro de la construcción tradicional tanto para viviendas como edificios en altura, siendo estos últimos los protagonistas en los últimos años. Esto significa que nuevamente, al igual que en los cerramientos verticales, se trabaja con lo mínimo e indispensable, priorizando otro tipo de factores y dejando de lado al confort.

En el segundo caso, se aplica un techo verde semi-intensivo, dado que se estaría trabajando sobre una obra existente, donde en su diseño no se consideró la carga que implicaría utilizar un techo intensivo, por ejemplo, por lo cual se opta por seleccionar un paquete verde más liviano, pero de mejor eficacia que los extensivos. Mediante el valor obtenido se logra cumplir con el Nivel A en ambas estaciones.

Nuevamente el elemento encargado de marcar la diferencia es la capa de sustrato. Vale aclarar que en este caso se consideró la capa aljibe a dos tercios de su capacidad ($e = 10 \text{ cm}$), donde el espacio restante del aljibe ($e = 5 \text{ cm}$) es ocupado por una cámara de aire que da lugar a una resistencia térmica superior a la del agua. Si se considerará al aljibe lleno ($e = 15 \text{ cm}$) los valores arrojados continúan cumpliendo con el Nivel A de confort higrotérmico.

Cálculo 5 y 6: En el primer caso, el valor hallado de 48,3 dB como aislación total del divisorio representa el 80,5% de la aislación acústica requerida (60 dB), y si bien son parámetros aceptables, se comprueba en el segundo caso que con el sistema de envolvente verde hidropónico se obtienen 60,2 dB mejorando el aislamiento acústico y cubriendo el 100% de la aislación necesaria, lo cual se traduce en un aumento de 11,9 dB. El elemento encargado de marcar la diferencia es la capa sustrato, la cual incrementa de manera considerable el peso superficial total debido a la alta densidad que posee.

Cálculo 7 y 8: En las cubiertas, para el primer caso el valor obtenido de 53 dB como aislación total del divisorio horizontal representa el 88% de lo requerido (60 dB), pero al aplicar el techo verde semi-intensivo se logra cumplir con el 100% de la aislación acústica requerida, lo que se traduce en un aumento de 7 dB. Al igual que el caso anterior, es el sustrato el que marca la diferencia.

Casos locales analizados: A nivel local se están dando los primeros pasos en el implemento del verde en techos y paredes, pero si bien se observaron numerosos

ejemplos los mismos prevalecen por intenciones estéticas y no como estrategias pasivas para disminuir el consumo energético.

Se observa un incremento sostenido de la inclusión del verde en la arquitectura, principalmente en refacciones y refuncionalizaciones, referidos al sector comercial y gastronómico de la ciudad.

Asimismo, las envolventes verdes son ideales para refacciones y refuncionalizaciones ya que no requieren de un considerable espacio para su diseño, el cual muchas veces es inexistente en obras ya terminadas.

El sistema más utilizado es el hidropónico, ya que su paquete constructivo genera una estructura que otorga beneficios higo-térmo-acústicos por medio del sustrato, albergando además las especies vegetales y pudiendo ser incorporado los sistemas de riegos con su respectiva canalización del agua.

Otra tipología muy utilizada son los enrejados modulares, en especial en edificios en altura.

Entre los criterios de diseño, las envolventes verdes priorizan la “sustentabilidad visual”, que se refiere a la respuesta al contexto y el impacto estético de las construcciones y resulta un criterio introducido recientemente desde el punto de vista teórico. Se refiere al requerimiento de transmitir visual y estéticamente la “calidad de sustentabilidad” de los edificios, siendo capaces de comunicar la responsabilidad ambiental (Evans, 2010).

Por otro lado, mediante la sustentabilidad visual se obtienen beneficios a nivel psicológico y social, como ser los siguientes:

- Alivio visual, las envolventes verdes aumentan la sensación de bienestar, el buen humor y la construcción de un sentido de comunidad.
- Con las cubiertas verdes es posible transformar visualmente los techos tradicionales de los edificios industriales y comerciales en espacios placenteros y vivos cubiertos por un tapete de variedad de especies de plantas (Gutiérrez, 2008).
- En varios países también se han llevado a cabo investigaciones que indican que las cubiertas verdes influyen en la salud física y mental de los pacientes en hospitales. En Estados Unidos existen campañas para implantar más espacios verdes en instituciones de salud como un mecanismo para incentivar la pronta recuperación de los pacientes (Shoemaker, 2007).

Conclusiones

Mediante los cálculos realizados, se verificó que el uso de envolventes verdes sobre obras existentes y nuevas aumenta el aislamiento térmico y acústico de los mismos. Este aporte permite sistematizar las mismas para implementarlas ya desde la etapa proyectual, considerando que son estrategias pasivas con amplias ventajas a la hora de mejorar los niveles de confort higrotérmicos. De esta manera se obtiene que cuanto mayor sea el espesor y densidad del sustrato, mayor será el colchón de aire encerrado que cumple el efecto de un aislante térmico-acústico, en consecuencia, se aumenta el

confort interior y se disminuye el consumo energético por parte de sistemas de refrigeración y calefacción.

Por otro lado, el análisis e identificación de las distintas experiencias del verde en la Ciudad de Resistencia (Chaco, Argentina) clarifica los beneficios que otorgan las mismas, fortaleciendo su implementación e invitando a la sistematización de las mismas considerándolas, nuevamente como se mencionó anteriormente, como estrategias de diseño capaces de contribuir al confort de los espacios.

Bibliografía

Czajkowski, Jorge y Gómez, Analía (2009). Arquitectura sustentable. Ed. Clarín. Buenos Aires, Argentina.

Evans, J. (2010). Sustentabilidad en Arquitectura. Consejo Profesional de Arquitectura y Urbanismo.

Galizzi, F. B., Pilar, C. y Vedoya, D. (2021). Los sistemas de enverdecimiento como expresión de la arquitectura bioinspirada y su incipiente aplicación en la Ciudad de Resistencia P. 73-82. ARQUITECNO N° 17. ISSN 0328-0896. E- ISSN 2683-9881. Junio de 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.30972/arq.0174985>

Gutiérrez, Ricardo (2008). Techos vivos extensivos: Una práctica sostenible por descubrir e investigar en Colombia. Recuperado de: <file:///C:/Users/flore/Downloads/Dialnet-TechosVivosExtensivos-3195349.pdf>

Instalaciones II (2019). Guía práctica de herramientas de cálculo. Universidad Nacional del Nordeste. Facultad de Arquitectura y Urbanismo.

Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM): Normas 11601, 11603, 11605.

Iñigo Cruz Alba (2017). La cubierta verde como mejora del comportamiento energético en Alicante.

Pilar, C (2015). “El Verde como tamiz”. Seminario El Rol de la Energía en la concepción y diseño del habitat construido, Posgrado, FADU UNL.

Shoemaker (2007). Las ventajas del techo verde. Recuperado de: <https://ecohabitar.org/las-ventajas-del-techo-verde/>

RELEVAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE CASOS DE MUROS Y TECHOS VERDES EN LA CIUDAD DE RESISTENCIA, CHACO.

Florencia Belén Galizzi, Claudia Pilar y Daniel Vedoya

Artículo publicado en

Comunicaciones Científicas y Tecnológicas Anuales 2021

29 y 30 de octubre de 2021. Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU)

Universidad Nacional del Nordeste (UNNE). Pp. 145 – 158

ISSN 1666-4035 e ISSN 2314-114X

RESUMEN

El presente trabajo busca sistematizar desde un punto de vista tecnológico-constructivo, diversas experiencias locales que incorporan el verde en el diseño de la envolvente de los edificios, por lo cual se realiza un relevamiento e identificación de todos los casos, describiendo que tipo de sistema utilizan y sus principales características.

Los resultados obtenidos permiten clarificar la implementación de estas envolventes como estrategias de aprovechamiento pasivo para el ahorro energético y aislamiento térmico de los edificios nuevos y la remodelación de los existentes. Al igual que enfatizan las intenciones de diseño sustentable en las obras por medio de la “sustentabilidad visual”.

Palabras claves: sistema hidropónico, enrejados

OBJETIVOS

El objetivo general del presente trabajo es sistematizar desde un punto de vista tecnológico-constructivo, diversas experiencias locales que incorporan el verde en el diseño de la envolvente de los edificios. Por otro lado, se prioriza la “sustentabilidad visual” como respuesta al contexto para transmitir visual y estéticamente la “calidad de sustentabilidad” de los edificios, siendo capaces de comunicar una intención de diseño responsable ambientalmente.

INTRODUCCIÓN

Las envolventes verdes y su aplicación en la construcción

Como estrategia de aprovechamiento pasivo, se plantea la incorporación del verde en techos y paredes, dado que constituyen la piel a través de la cual los edificios realizan su intercambio energético entre el ambiente interior y exterior mediante el uso de la vegetación. Al actuar como envolventes, cumplen las siguientes funciones:

- Reducción biológica de la demanda energética en la edificación.

- Reguladores de las condiciones exteriores para crear un ambiente confortable en el interior.
- Protección y seguridad de los agentes climáticos (frío, calor, lluvia, viento).
- Imagen y diseño exterior hacia el entorno (comunicación visual y estética).
- Criterio económico dado su situación privilegiada en la expresión visual exterior.

Gran parte de las emisiones de carbono que enfrentan las ciudades, provienen del sector de la construcción, al igual que es responsable del consumo de los recursos naturales, los que se convierten en residuos y emisiones liberadas, es por esto que es imprescindible que la arquitectura priorice el rendimiento energético y desarrolle prácticas de manera sustentable.

De esta manera, las envolventes verdes son cambiantes como la naturaleza misma y transforman a los edificios en parte del paisaje que cambia de color con las estaciones, mejorando el microclima urbano, combatiendo la isla de calor, con los mecanismos evapotranspirativos de las plantas y aumentando la biodiversidad en el ámbito urbano. Lo que se pretende es diseñar productos y sistemas que celebren la abundancia de la creatividad, la cultura y la productividad humana. Pero también es factible concebir los productos de manera inteligente con el propósito de que al final de la vida útil, reingrese a la naturaleza como nutriente biológico, o se reinserte en la tecnosfera como nutriente técnico, en el paradigma circular “De la cuna a la cuna” (Braungart y McDonough, 2005).

DESARROLLO Y RESULTADOS

Hipotesis y metodología empleada

En relación al objetivo de verificar la aplicación del verde en la región y partiendo de la hipótesis de que la implementación del mismo es incipiente a pesar de que su uso se ha extendido en el mundo y en otras regiones del país, se presenta a continuación, posterior a la elaboración del marco teórico referido a muros y techos verdes, un relevamiento físico-fotográfico a partir de la visita a cada uno de los casos locales en la Ciudad de Resistencia, Chaco. Se incluyen también ejemplos de viviendas particulares y casos considerados novedosos ya que emplean otro tipo de técnica constructiva en el proceso de selección de las especies vegetales.

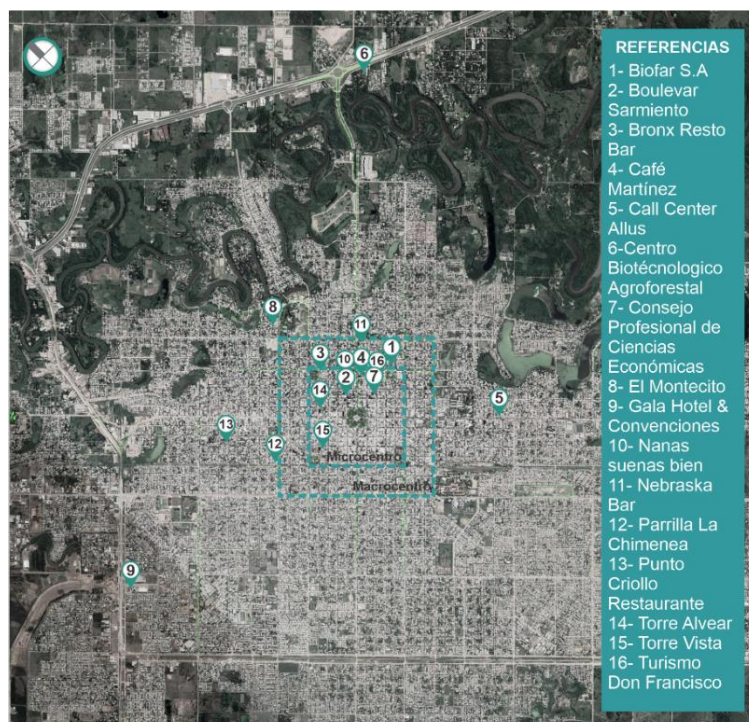


Figura 1: Planimetría de la Ciudad de Resistencia, Chaco con identificación de los casos locales de envoltentes verdes. Elaboración propia sobre mapa base de Google Earth (2021).

Casos locales de envoltentes verdes

1. Biofar S.A



Figura 2: Envoltente verde de Biofar S.A. Elaboración propia en base a imágenes de Siempre Verde- Diseño de Jardines (2013, a).

Biofar S.A se encuentra ubicada en López y Planes 551, a media cuadra de la Plaza Belgrano y próxima a la UTN- Facultad Regional de Resistencia. Se encarga de la comercialización de productos y servicios médicos.

El proyecto a cargo de la empresa familiar Siempre Verde- Diseño de Jardines, presenta un Sistema Hidropónico en la doble altura del interior del edificio en un pequeño patio interno.

Las especies vegetales utilizadas son Potus, Syngoniums, Dracaenas Deremensis, Cissus y diversos helechos. El paquete constructivo, prototipo estándar comercializado por esta empresa está formado por lo siguiente:

Estructura metálica soporte.

Placa de plástico PVC.

Filtro geotextil reciclado.

Sistema de riego.

Geotextil con componente UV.

Especies vegetales.

Esta envolvente cuenta con un sistema de riego por goteo, ubicándose la canalización del agua por medio de una rejilla y canaleta metálica en la parte inferior del sistema.

2. Boulevard Sarmiento



Figura 3: Envolvente verde del Boulevard Sarmiento. Elaboración propia sobre imágenes de Estudio Iturriaga (2021) e Hijas del Monte (2021, a).

El edificio Boulevard Sarmiento se encuentra ubicado en la avenida con el mismo nombre al 239 a una cuadra y media de la Plaza 25 de Mayo.

El proyecto fue a cargo del Estudio Iturriaga y del Arquitecto Sergio Vargas, en donde se presenta una envolvente verde por medio de un Sistema de Cables en el área de la terraza, próximo a la piscina.

El sistema de cables fue llevado a cabo por la microempresa Hijas del Monte, utilizando cables de acero sobre un paramento existente.

Las especies vegetales utilizadas son enredaderas aptas para exterior. El paquete constructivo está estructurado de la siguiente manera:

Elementos de fijación superior: tuercas ciegas de acero inoxidable.

Cable individual: cable tensor orientado de manera vertical y espaciados alrededor del paramento, actuando de guía de las especies vegetales.

Aprieta cables en cruz: mantienen los cables en su posición.

Elemento de fijación inferior: tuerca ciega con cabeza plana soldada.

Macetero de cemento: contiene el sustrato y el nacimiento de las especies vegetales.

El sistema es altamente resistente a la corrosión y su mantenimiento es relativamente barato ya que las especies elegidas soportan los agentes climáticos de la región.

3. Bronx Resto Bar



Figura 4: Envolvente verde de Bronx Resto Bar. Elaboración propia en base a imágenes de Bronx (2021) y Cualitá Arquitectura (2021).

El Resto Bar Bronx se encuentra ubicado en Liniers 390, en diagonal a la Plaza 12 de Octubre y próximo al centro de la Ciudad de Resistencia.

El proyecto a cargo de Cualitá Arquitectura e Hijas del Monte, consistió en la refacción y refuncionalización de Bronx

incluyendo en su interior un cuadro verde basado en un Sistema Hidropónico.

Mediante los ecosistemas verticales que ofrece la microempresa Hijas del Monte, el proyecto genera las condiciones óptimas, asegurando el desarrollo y evolución de las plantas con mínimos cuidados. Las especies utilizadas para este cuadro de 5,5 metros de largo fueron cuatro tipos de Filodendro, Syngonio en tres colores, Aglaonemas monstruosas y melena de Potus. El paquete constructivo de la envolvente verde consta de lo siguiente:

Estructura: cuadro metálico que se fija al paramento.

Micro placa plástica de PVC.

Filtro de geotextil con sistema de bolsillos.

Especies vegetales.

Las especies utilizadas fueron seleccionadas de acuerdo al requerimiento de necesitar el menor riego posible, convirtiendo de esta manera al cuadro en un sistema con mínimo mantenimiento y solamente control y poda del crecimiento de las especies. Por otro lado, el prescindir del riego constante asegura mantener el entorno limpio (al encontrarse el cuadro en altura en un sector de mesas del bar) y no implica la colocación de sistemas de recolección de agua.

4. Café Martínez



Figura 5: Envolvente verde de Café Martínez.
Elaboración propia (2021).

La cafetería se encuentra ubicada en Güemes 436, en el microcentro de la ciudad y a tres cuadras de la Plaza 25 de Mayo.

El proyecto a cargo de la empresa familiar Siempre Verde- Diseño de Jardines, presenta un Sistema Hidropónico en el semicubierto del acceso, rodeado de las mesas.

Las especies vegetales utilizadas son Potus, Syngoniums, Dracaenas Deremensis, Cissus y Cintas. El paquete constructivo está formado por lo siguiente:

Estructura metálica soporte.

Placa de plástico PVC.

Filtro geotextil reciclado.

Sistema de riego.

Geotextil con componente UV.

Especies vegetales.

A diferencia del caso anterior, esta envolvente cuenta con un sistema de riego por goteo, ubicándose la canalización del agua en la parte inferior, quedando oculta por la vegetación.



Figura 6: Envolvente verde del Call Center Allus. Elaboración propia sobre imágenes de Siempre Verde- Diseño de Jardines (2013, b).



Figura 7: Envolvente verde del Centro Biotecnológico Agroforestal. Elaboración propia en base a imágenes de D'Elia, Pilar y Morán (2019).

5. Call Center Allus

El Call Center Allus se encuentra ubicado sobre la Av. 9 de Julio al 1453, próximo al Hospital Perrando y la Av. Chaco.

Nuevamente a cargo de Siempre Verde- Diseño de Jardines, la empresa proyecta un jardín vertical en el patio interno del edificio, por medio de un Sistema Hidropónico.

Las especies vegetales en este caso son de interior, aptas para un asoleamiento medio, entre las cuales se destacan variedades de helechos, Syngoniums, Dracaenas Deremensis, Cissus, Cintas y Tradescantia Purpúrea. El paquete constructivo es el mencionado con anterioridad en casos anteriores de la misma empresa.

6. Centro Biotecnológico Agroforestal

El Centro Biotecnológico Agroforestal se localiza en Ruta 16, km 12,5 próximo al acceso de la ciudad por Av. Sarmiento.

En este ejemplo se identifican dos tipos de envoltentes verdes, por un lado, Cuadro Vivo en el interior del edificio y por el otro un Enrejado Modular en la galería.

El cuadro vivo posee 6 metros de ancho

por 2 de alto y su paquete constructivo se basa en lo siguiente:

Estructura metálica.

Aislación hidráulica.

Sustrato de musgo sphagnum mezclado con perlita.

Sistema de riego cerrado ya que recircula el agua.

Por otro lado, el enrejado modular que cubre a la galería la cual tiene una orientación noroeste, posee especies vegetales como la Santa Rita, Thunbergia grandiflora y

jazmines. El mismo es de hierro y malla, formando módulos que permiten actuar de guías para el crecimiento de las especies.

7. Consejo Profesional de Ciencias Económicas



Figura 8: Envolvente verde del Consejo Profesional de Ciencias Económicas. Elaboración propia (2021).

Ubicado en Pellegrini al 212, el Consejo Profesional de Ciencias Económicas se encuentra a una cuadra de la Plaza 25 de Mayo.

El proyecto de la envolvente verde estuvo a cargo del Arq. Gustavo Barrios D'Ambra, en el cual se plantea un enrejado modular a modo de parasol de la fachada principal orientada hacia el noroeste, que corresponde al auditorio, el cual posee una superficie vidriada.

Las especies vegetales utilizadas fueron Pothus, Oxalais, Syngoniums, Pteridiums, Anthuriums, Cyperaceae y Amaryllidaceae. El paquete constructivo del enrejado modular consta de lo siguiente:

Estructura soporte.

Contenedores colocados en pasarelas de mantenimiento.

Sistema de riego automatizado.

Especies vegetales.

“La fachada del edificio a través de los parasoles verdes, pretende lograr una sustentabilidad visual del conjunto”, (D’Elia, Pilar, Morán, 2019, pág. 55). Las envolventes obran de tamiz verde y son acompañadas mediante otras estrategias pasivas de la obra, como las losas en voladizo de 1,40 m y protecciones interiores por medio de cortinas “black out roller”.



Figura 9: Envolventes verdes del Montecito. Elaboración propia en base a imágenes de Cualitá Arquitectura (2020) e Hijas del Monte (2021, b).

8. El Montecito Espacio Recreativo

El Espacio Recreativo El Montecito se encuentra ubicado en San Juan 845, a media cuadra del Club de Regatas Resistencia y frente al Parque Intercultural 2 de Febrero.

A cargo nuevamente de Cualitá Arquitectura e Hijas del Monte, el espacio cuenta con un enrejado modular de madera en el interior y otro en el patio exterior formado por soportes geométricos.

En ambos paquetes constructivos tanto los tablonces de madera como los soportes metálicos actúan de macetas-contenedores albergando el sustrato para las especies vegetales. En el interior se utilizan Potus mientras que en el exterior se pueden encontrar helechos, Dracaenas Deremensis y Tradescantia Purpúrea.

9. Gala Hotel & Convenciones



Figura 10: Envoltente verde de Gala Hotel & Convenciones. Elaboración propia en base a imágenes de Gala Hotel & Convenciones (2021).

Gala Hotel & Convenciones se encuentra ubicado sobre la Ruta Nacional N° 11 Km 1.003, punto de acceso estratégico a la zona sur de la Ciudad de Resistencia, frente al ingreso del Aeropuerto Internacional de la ciudad.

En el exterior, en el área recreativa y de esparcimiento de la piscina, cuenta con un enrejado modular vertical, el cual

contiene a las especies vegetales por medio de contenedores. Dicho sistema está compuesto por lo siguiente:

Estructura soporte que forma los módulos.

Contenedores-maceta de fibrocemento y plástico rotomodelado.

Especies vegetales.

El sistema de enrejados modulares permite incorporar el riego por goteo, dividido por zonas para un mejor rendimiento en los distintos niveles de la estructura.

10. Nanas sueñas bien Restaurante



Figura 11: Envoltente verde de Nanas sueñas bien Restaurante. Elaboración propia (2021).

El Restaurante Nanas sueñas bien se encuentra ubicado en Av. Paraguay 48, a tres cuadras de la Plaza Belgrano y a cuatro de la Plaza 25 de Mayo.

En este caso se observa la aplicación del verde de manera horizontal, actuando como tapiz de una pérgola que jerarquiza el acceso y genera un semicubierto para las mesas ubicadas en la vereda. La especie vegetal que predomina es el Cissus, que se caracteriza por ser una planta trepadora.

El sistema utilizado en este ejemplo sería una variante del de cables, con la diferencia de que la elección de las especies vegetales va a depender de si las mismas pueden desarrollarse y crecer sin presencia del sustrato, es decir de manera aeropónica. Se

desarrollan suspendidas en el aire y se le deben proporcionar los nutrientes por medio de rociadores y riego manual.

11. Nebraska Bar



Figura 12: Envoltente verde de Nebraska Bar. Elaboración propia (2021).

El bar Nebraska se encuentra ubicado en Laprida 88, frente a las Torres del Poder Judicial y próximo a la Av. Sarmiento.

Cualitá Arquitectura fue el estudio encargado de la refuncionalización del bar, donde en su fachada se incorpora un jardín vertical. Para el aprovisionamiento y asesoramiento de las especies vegetales participo nuevamente Hijas del Monte.

En la fachada y acceso al interior del bar, se plantea un sistema de jardín

vertical por medio de cables de acero sobre un paramento existente. Las especies empleadas fueron enredaderas, proveídas por Vivero Los Teros (proveedor local). El sistema de cables está estructurado de la siguiente manera:

Elementos de fijación superior: tuercas ciegas de acero inoxidable.

Cable individual: cable tensor orientado de manera vertical y espaciados alrededor del paramento curvo, actuando de guía de las especies vegetales.

Aprieta cables en cruz: mantienen los cables en su posición.

Elemento de fijación inferior: tuerca ciega con cabeza plana soldada.

Macetero de cemento: contiene el sustrato y el nacimiento de las especies vegetales.

El sistema de cables es una opción excelente, en particular para la estructura de apoyo y para otras áreas de difícil acceso, gracias a su facilidad de mantenimiento, longevidad y resistencia a influencias medioambientales.



Figura 13: Parrilla La Chimenea. Elaboración propia en base a imágenes de Siempre Verde- Diseño de Jardines (2019).

12. Parrilla La Chimenea

La parrilla se encuentra ubicada en Av. Hernandarias 436, a cuatro cuadras de la Plaza 9 de Julio y próxima a la Av. Mariano Moreno.

Presenta en su interior, en el sector de mesas un Sistema Hidropónico a cargo nuevamente de Siempre Verde- Diseño de Jardines, al igual que en el sector de barra posee un enrejado modular. Las especies vegetales que se utilizan son Potus,

Dracaenas Deremensis, Syngoniums, Cordatums y helechos.

El paquete constructivo del sistema hidropónico es el mencionado con anterioridad en los ejemplos de la misma empresa, con la particularidad que en este caso la canalización del agua por medio de la canaleta metálica se encuentra a la vista. En el caso del enrejado modular, se compone de la siguiente manera:

Estructura metálica de soporte que forma los módulos.

Tablones de madera como guía de las especies vegetales y soporte de las macetas.

Macetas con sustrato y especies.



Figura 14: Envolvente verde de Punto Criollo Restaurante. Elaboración propia en base a imágenes de Hijas del Monte (2021).

13. Punto Criollo Restaurante

El restaurante Punto Criollo se encuentra ubicado en Juan Domingo Perón 1301, a dos cuadras de la Av. 25 de Mayo y del Club Sarmiento de Resistencia.

En este caso se observa otra tipología comercializada por Hijas del Monte, los cuadros vivos. Consisten en pequeños cuadros livianos y portables que se estructuran de la siguiente manera:

Marcos de madera de Laurel

impermeabilizada.

Módulo para contención del sustrato.

Membrana impermeable.

Especies vegetales seleccionadas: Potus, Syngoniums, Monstera, entre otros.

En estos casos de envolventes, el riego se da de manera manual prestando particular atención en no sobresaturar al sustrato.



Figura 15: Envolvente verde de la Torre Alvear. Elaboración propia (2021).

14. Torre Alvear

La torre de departamentos y oficinas comerciales se encuentra ubicada en Marcelo T. de Alvear y esquina Liniers, a tres cuadras de la Plaza 25 de Mayo.

Implementa la tipología de enrejados modulares, en el 2° y 3° nivel y la Zona Terraza de Expansión del edificio. El diseño de enrejado se propone sobre

las fachadas Noroeste y Noreste, con especies autóctonas o de buena adaptación al clima de arbustos y enredaderas.

Las plantas seleccionadas son arbustos y enredaderas, de crecimiento moderado a rápido, disponibles en la zona y resistentes a las condiciones de asoleamiento, vientos y lluvias preponderantes. Poseen un aspecto lluvioso. Las especies son de follaje perenne, en su mayoría denso, pasando por diferentes tonalidades de verde con flores blancas. Cada una de las especies está ubicada para generar movimientos visuales, por sus diversos periodos de floración, concentrándose la mayor cantidad, en las estaciones de primavera y verano.

El sistema entonces, está formado por lo siguiente:

Estructura: caño estructural rectangular, malla electrosoldada en el cerco galvanizado y cable de acero.

Maceteros: los arbustos se ubican en maceteras jardineras de 100 x 20 x 40 cm, en el 4° piso y la Zona Terraza de Expansión del edificio. Las enredaderas se ubican en maceteras cubicas de 50 x 50 x 50 cm en el 1°, 2° y 3° basamento. Las macetas son de fibrocemento y plástico rotomodelado.

Sistema de riego: caño de polietileno de baja densidad y manguera de pvc reforzada.



Figura 16: Envoltente verde de la Torre Vista.
Elaboración propia (2021).

15. Torre Vista

La Torre Vista se localiza en Salta 389, a una cuadra de la Plaza 9 de Julio.

En una de sus fachadas laterales presenta en el exterior semicubierto un Sistema Hidropónico a cargo de Siempre Verde- Diseño de Jardines.

Fue el primer jardín vertical realizado en la Ciudad de Resistencia, sobre un paramento de 7 metros de alto. Las especies vegetales utilizadas fueron Helechos, bulbines, Potus, Syngoniums, Tulbaghia, Asparagus. El paquete constructivo es el mismo

comercializado por esta empresa y mencionado con anterioridad.

16. Turismo Don Francisco



Figura 17: Envoltente verde de Turismo Don Francisco. Elaboración propia (2021).

La agencia de Turismo Don Francisco se encuentra en Av. Paraguay 65, a tres cuadras de la Plaza Belgrano y a media de la Av. Sarmiento.

En el acceso al local, sobre el basamento del edificio se encuentra un Sistema Hidropónico nuevamente por parte de Siempre Verde- Diseño de Jardines.

Las especies vegetales que se encuentran son Cissus, Syngoniums, Potus y Dracaenas Deremensis.

En este caso, el paquete constructivo utilizado es el mismo que en ejemplos anteriores, pero con la diferencia de que no cuenta con el sistema de riego integrado ni la canalización del agua.



Figura 18: Viviendas particulares y vegetación estabilizada. Elaboración propia (2021).

Viviendas particulares y caso novedoso

Los primeros dos casos corresponden a viviendas particulares, en donde se puede observar una envoltente verde con Sistema de Cables y otra con el Muro Vegetal Tradicional.

En los Muros Vegetales Tradicionales, las plantas utilizan una superficie vertical existente y se extienden en ella

desarrollando su crecimiento. Utilizan el paramento solamente como apoyo, ya que no reciben nutrientes ni humedad del mismo. Se apoyan en los mismos mediante raíces aéreas que pueden penetrar en grietas o juntas. En el caso que no posean raíces aéreas, se adhieren mediante zarcillos adhesivos. Generalmente se observan plantas trepadoras, que requieran un bajo mantenimiento como son las familias de las hiedras (Hedera hélix), hiedra Boston (Parthenocissus tricuspidata) o Virginia Creeper (Parthenocissus quinquefolia). O bien la famosa “enamorada del muro” cuya particularidad se encuentra en que busca la cal de los paramentos como nutriente.

Por otro lado, en el local comercial López Hnos. se utiliza para la cartelera vegetación estabilizada. En estos casos se sustituye la savia de los vegetales por productos de conservación natural biodegradables sin la adición de componentes artificiales ni tóxicos. Gracias a los procesos de estabilización, las especies vegetales mantienen intacto su atractivo visual, flexibilidad y coloración, prescindiendo del riego o la necesidad de luz y mantenimiento.

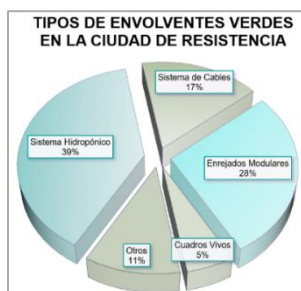


Figura 19: Tipos de envoltentes verdes en la Ciudad de Resistencia. Elaboración propia (2021).

Resultados obtenidos

Una vez realizada la identificación y análisis de todos los casos seleccionados, se obtiene lo siguiente:

A nivel local se están dando los primeros pasos en el implemento del verde en techos y paredes, pero si bien se observaron numerosos ejemplos los mismos prevalecen por intenciones estéticas y no como estrategias pasivas para disminuir el consumo energético.

Se observa un incremento sostenido de la inclusión del verde en la arquitectura, principalmente en refacciones y refuncionalizaciones, referidos al sector comercial y gastronómico de la ciudad.

Asimismo, las envoltentes verdes son ideales para refacciones y refuncionalizaciones ya que no requieren de un considerable espacio para su diseño, el cual muchas veces es inexistente en obras ya terminadas.

El sistema más utilizado es el hidropónico, ya que su paquete constructivo genera una estructura que otorga beneficios higo-térmo-acústicos por medio del sustrato, albergando además las especies vegetales y pudiendo ser incorporado los sistemas de riegos con su respectiva canalización del agua. Otra tipología muy utilizada son los enrejados modulares, en especial en edificios en altura.

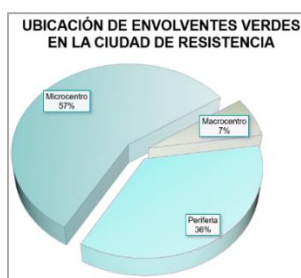


Figura 20: Ubicación de envoltentes verdes en la Ciudad de Resistencia. Elaboración propia (2021).

La gran mayoría de los casos se encuentran en el microcentro de la ciudad, siendo los mismos del sector privado.

Se observa falta de mantenimiento en el cuidado, poda y renovación de las especies vegetales.

Los numerosos ejemplos de viviendas con Muros Vegetales Tradicionales, las mismas se dan debido al avance de las especies vegetales de hierbas sobre los paramentos y no por una decisión de diseño.

Si bien la ciudad cuenta con numerosos proveedores locales de materiales (sustrato, especies vegetales), en la medida que no se transite una curva de aprendizaje y difusión de los beneficios que otorgan estas envoltentes, no se podrán disminuir los costos, los cuales actualmente resultan muy onerosos al tratarse de una práctica “innovadora” al contar con pocas empresas que los comercialicen.

Por otro lado, de los casos analizados se destaca la eficacia de los sistemas hidropónicos por sobre los demás, debido a que poseen un mayor espesor y densidad del sustrato y por ende un mayor colchón de aire encerrado que cumple el efecto de aislante térmico-acústico, aumentando los niveles de confort interior y disminuyendo el consumo energético de los sistemas de refrigeración y calefacción.

CONCLUSIONES Y/O REFLEXIONES FINALES

A partir de la sistematización de las distintas posibilidades del verde observadas en la Ciudad de Resistencia, Chaco se logra clarificar la implementación de estas envolventes como estrategias de aprovechamiento pasivo para el ahorro energético, aislamiento térmico de los edificios nuevos y la remodelación de los existentes, dando lugar también a las rehabilitaciones energéticas. Al igual que enfatizan las intenciones de diseño sustentable en las obras por medio de la “sustentabilidad visual”.

La aplicación del verde es una práctica ampliamente difundida a nivel internacional, que tiene miras de comenzar a desarrollarse en nuestro país y que, a nivel regional, si bien se presentan experiencias, esto se debe a que no está difundida la misma como práctica tecnológica con amplios beneficios, sino más bien es vista como un ornamento, moda y/o añadido estético.

A diferencia de otros elementos constructivos, las superficies vegetales son elementos vivos que interactúan con el ambiente y el edificio de maneras muy diversas, lo que supone beneficios tan significativos como los siguientes:

Estéticos: comunica de forma explícita la intención de diseño ambientalmente consciente. Al igual que contribuyen a la mejora y alivio social y psicológico.

Ecológicos: actúa como un filtro natural del aire. Las bacterias en las raíces de las plantas metabolizan las impurezas del aire tales como los compuestos orgánicos volátiles. Además, fija el dióxido de carbono y genera oxígeno.

Higro – termo - acústicos: el “colchón” verde actúa como un aislamiento térmico de alto rendimiento y evita la ganancia solar excesiva dado que los rayos ultravioletas (UV) son absorbidos por este revestimiento exterior. Colabora con regulación de aspectos acústicos de la envolvente.

Urbanos y paisajísticos: ayudan a conformar un espacio exterior agradable y en el que la sustentabilidad ambiental se materializa de forma explícita. Protegen y fomentan la biodiversidad del entorno.

Concientización ambiental: su uso alerta sobre la importancia de “reverdecer” nuestras construcciones y el espacio urbano.

Innovación tecnológica - ambiental: resulta un tema de investigación, desarrollo e innovación tecnológica.

Factibilidad de aplicarse en remodelaciones: es factible su uso en remodelación de edificios existentes ya sean estos contemporáneos o de diferentes épocas de construcción (desde edificios históricos con valor patrimonial a edificios viejos que carecen del mismo) reverdeciendo las ciudades.

Agradecimientos

Se agradece a cada uno de los propietarios de las obras analizadas por la amabilidad mostrada al visitar y examinar los casos de la ciudad. Por otro lado, se invita gustosamente a todos los lectores a ser partícipes de esta investigación colaborando con otros ejemplos que posean envolventes verdes y no se encuentren en el trabajo, para

actualizar permanentemente este observatorio del verde en la construcción de la ciudad de Resistencia.

CITAS Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Braungart, M. y McDonough, W. (2005). *Cradle to cradle*. Rediseñando la forma en que hacemos las cosas. Madrid: McGraw Hill.

Bronx Bar (2021). *Bronx*. Recuperado de: <https://www.instagram.com/p/CQwTTeosvEz/>

Cualitá Arquitectura (2021). *Bronx*. Recuperado de: <https://www.instagram.com/p/COS-TtxAYuc/>

Cualitá Arquitectura (2020). *Obra El Montecito*. Recuperado de: <https://www.instagram.com/p/CEeXc7Hg5N1/>

D' Elia, María del Rosario; Pilar, Claudia y Morán, Rosanna (2019). Muros verdes para las condiciones ambientales de la Región Nordeste Argentina. Revista ARQUITECNO N° 14. Noviembre de 2019. Ediciones del ITDAHu. Corrientes, Argentina. Página 55 a 63. ISSN 0328-0896.

Estudio Iturriaga (2021). *Boulevard Sarmiento 239*. Recuperado de: <https://www.instagram.com/p/CSW2P0tgj3y/>

Gala Hotel & Convenciones (2021). *Servicios*. Recuperado de: <https://www.hotelgala.com.ar/servicios.php>

Hijas del Monte (2021, a). *Edificio Sarmiento*. Recuperado de: <https://www.instagram.com/stories/highlights/17971933951372064/>

Hijas del Monte (2021, b). *El Montecito*. Recuperado de: <https://www.instagram.com/p/CNsRDNEAgB4/>

Hijas del Monte (2021, c). *Punto Criollo*. Recuperado de: <https://www.instagram.com/stories/highlights/17881389220514087/>

López, M (2020). *Nuevas fronteras biológicas*. Recuperado de: <https://laboratoriobiomimetico.com/fronterasbiologicas/>

Siempre Verde- Diseño de Jardines (2013, a). *Jardín Vertical Biofar*. Recuperado de: <https://www.facebook.com/SiempreVerdeDisenoDeJardines/photos/a.529229477125450/529229787125419>

Siempre Verde- Diseño de Jardines (2013, b). *Jardín Vertical Call Center Allus*. Recuperado de: <https://www.facebook.com/SiempreVerdeDisenoDeJardines/photos/a.543189272396137/543191935729204>

LOS SISTEMAS DE ENVERDECIMIENTO COMO EXPRESIÓN DE LA ARQUITECTURA BIOINSPIRADA Y SU INCIPIENTE APLICACIÓN EN LA CIUDAD DE RESISTENCIA

Florencia Belén Galizzi, Claudia Pilar y Daniel Vedoya

Artículo publicado en

ARQUITECNO N° 17. ISSN 0328-0896. E- ISSN 2683-9881.

Junio de 2021. P. 73-82. DOI: <http://dx.doi.org/10.30972/arq.0174985>

RESUMEN

El presente trabajo aborda la problemática de la envolvente edilicia considerando que su adecuado diseño es la principal herramienta para disminuir el consumo energético de los edificios y lograr de forma sustentable condiciones de confort en los espacios.

La envolvente conforma la separación entre el interior y exterior, proporcionando funciones de soporte, control, acabado y distribución de servicios. En su función de moderador ambiental, la incorporación del verde se convierte en una herramienta sumamente poderosa. Mediante la sistematización tecnológica-constructiva de los distintos Sistemas de Enverdecimiento (SE) se logra el estudio de los casos locales que presenta la Ciudad de Resistencia, para comprobar que su aplicación si bien se ha extendido en el mundo y comenzado en algunas regiones del país, es aún baja en la ciudad de Resistencia, Chaco, siendo los más utilizados los sistemas hidropónicos, enrejados modulares e incontables cuadros vivos.

ABSTRACT

The present work addresses the problem of the building envelope considering that its adequate design is the main tool to reduce energy consumption in buildings and achieve comfort conditions in spaces in a sustainable way.

The envelope forms the separation between the interior and exterior, providing support, control, finishing and service distribution functions. In your role as an environmental moderator, the incorporation of green becomes an extremely powerful tool. Through the technological-constructive systematization of the different Greening Systems (SE), the study of local cases presented by the City of Resistencia is achieved, to verify that its application has spread throughout the world and started in some regions of the country, is still low in the city of Resistencia, Chaco, being the most used hydroponic systems, modular trellises and countless living pictures.

PALABRAS CLAVES: envolvente natural, aislamiento térmico, sustentabilidad visual.

KEY WORDS: natural envelope, thermal isolation, visual sustainability.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo aborda la problemática de la envolvente edilicia considerando que su adecuado diseño es la principal herramienta para disminuir el consumo energético de los edificios y lograr de forma sustentable condiciones de confort en los espacios.

En los últimos diez años la sociedad se ha enfrentado a múltiples problemáticas: crecimiento demográfico descontrolado, agotamiento de los recursos naturales, incontrolado calentamiento global, avance sobre el medio ambiente, destrucción de la biodiversidad, entre otros.

En Argentina, de acuerdo a Czajkowski (2009) el consumo energético en relación con otros países es sumamente alto y la calidad energética edilicia tiende a reducirse con el transcurso de los años. Esto quiere decir que las técnicas de habitabilidad higrotérmica y racionalidad energética no se encuentran desarrolladas o bien su aplicación continúa siendo muy baja.

Arquitectura Bio-inspirada

El ser humano desde sus inicios, basó sus innovaciones tecnológicas en la observación de la naturaleza, el aprender de ella y entenderla. El enfoque de la Arquitectura Bio-inspirada hace referencia a la manera en la cual los recursos brindados por el entorno le permiten al profesional (en este caso los arquitectos), resolver las necesidades de cobijo y protección complejizándolas con los requerimientos del confort.

La biomimética, como disciplina del diseño, es una rama de la ciencia que le aporta al hombre un método para resolver problemas. Permite aprender de las formas y procesos naturales, propiciando la creación o adecuación de soluciones tecnológicas cada vez más sostenibles y ambientalmente más conscientes. Ésta es de carácter eminentemente interdisciplinaria, dado que para comprender la naturaleza el método de abordaje debe ser holístico. En lo que atañe a la arquitectura, consecuentemente con estas problemáticas, se está orientando el esfuerzo hacia la búsqueda de soluciones de diseño más eficaces, proyectos más eficientes que puedan lograr un equilibrio entre lo humano y la naturaleza, etc., lo que ha dado lugar a una nueva tendencia que se conoce como Arquitectura Biomimética (de “bio” = vida, y “mimesis” = imitar).

En la actualidad el enfoque biomimético no pretende extraer cosas de la naturaleza, sino aprender de ella (Benyus, 2012). Concretamente, la Arquitectura Biomimética nos acerca a un diseño más natural, tomando en cuenta las estrategias y soluciones que utiliza la naturaleza, aplicándolas en varios aspectos, creando diseños más naturales, ahorrando y haciendo más eficiente el uso de los recursos, sin agotarlos (Vedoya y Prat, 2018).

De esta manera, la envolvente verde es cambiante como la naturaleza misma y transforma a los edificios en parte del paisaje que cambia de color con las estaciones, mejorando el microclima urbano, combatiendo la isla de calor, con los mecanismos evapotranspirativos de las plantas y aumentan la biodiversidad en el ámbito urbano.

El sector de la construcción es responsable del consumo de gran parte de los recursos naturales, los que en gran parte se convierten en residuos y emisiones liberadas. Un

número considerable de obras y los componentes que conforman la misma se producen desde el enfoque “De la cuna a la tumba” (Braungart y McDonough, 2005), con materiales valiosos, en donde su extracción, producción, distribución, consumo y disposición no solo cuestan sumas exuberantes, sino que el destino final de los mismos es en vertederos o basureros a cielo abierto. Esta economía de los materiales presenta un sistema lineal, el cual claramente no funciona no solo porque el mundo es finito y se dejan de lado multiplicidad de factores, sino porque además no se tiene en cuenta el ciclo de vida de los materiales. Lo que se pretende es diseñar productos y sistemas que celebren la abundancia de la creatividad, la cultura y la productividad humana. Pero también es factible concebir los productos de manera inteligente con el propósito de que al final de la vida útil, reingrese a la naturaleza como nutriente biológico, o se reinserte en la tecnosfera como nutriente técnico, en el paradigma circular “De la cuna a la cuna” (Braungart y McDonough, 2005),

Los Sistemas de Enverdecimiento (SE) y sus ventajas

Como estrategia de aprovechamiento pasivo, se plantea la incorporación del verde en fachadas, dado que constituyen la piel a través de la cual los edificios realizan su intercambio energético entre el ambiente interior y exterior y a la vez es la expresión estética del edificio, comunicando de forma explícita una intención de sustentabilidad visual (Evans, 2010).

El uso de envolventes verdes en la construcción desde una perspectiva ecológica, resulta relativamente reciente. Si bien existen estudios e investigaciones de carácter científico sobre muros y techos verdes que permiten evaluar como positiva su efectividad, en función del clima y las demás condicionantes específicas, su aplicación sigue siendo muy baja, existiendo muy pocos ejemplos en la ciudad de Resistencia.

A diferencia de los edificios, que permanecen inertes, los objetos vivos responden al ambiente y son capaces de adaptarse a las cambiantes condiciones del clima (Armstrong, 2012). Las envolventes en la naturaleza son superficies multifuncionales que surgen de una compleja interacción entre la morfología superficial y las propiedades físicas y químicas del organismo biológico como respuesta de adaptación al medio.

La falta de adaptación de los edificios, con soluciones estáticas en fachadas, frente a factores ambientales cambiantes se traduce en el 33% de las emisiones de carbono por parte del sector de la construcción. La clave está en la adaptación y por tanto una nueva arquitectura adaptativa es necesaria para mejorar el rendimiento energético (López, 2020).

A diferencia de otros elementos constructivos, las superficies vegetales son elementos vivos que interactúan con el ambiente y el edificio de maneras muy diversas, lo que supone efectos tan significativos como los siguientes:

- Estéticas: comunica de forma explícita la intención de diseño ambientalmente consciente.
- Ecológicas: actúa como un filtro natural del aire. Las bacterias en las raíces de las plantas metabolizan las impurezas del aire tales como los compuestos orgánicos volátiles. Además, fija el dióxido de carbono y genera oxígeno.

- Higro – termo - acústicas: el “colchón” verde actúa como un aislamiento térmico de alto rendimiento y evita la ganancia solar excesiva dado que los rayos ultravioletas (UV) son absorbidos por este revestimiento exterior. Colabora con regulación de aspectos acústicos de la envolvente.
- Urbanas y paisajísticas: ayudan a conformar un espacio exterior agradable y en el que la sustentabilidad ambiental se materializa de forma explícita.
- Concientización ambiental: su uso alerta sobre la importancia de “reverdecer” nuestras construcciones y el espacio urbano.
- Innovación tecnológica - ambiental: resulta un tema de investigación, desarrollo e innovación tecnológica.
- Factibilidad de aplicarse en remodelaciones: es factible su uso en remodelación de edificios existentes ya sean estos contemporáneos o de diferentes épocas de construcción (desde edificios históricos con valor patrimonial a edificios viejos que carecen del mismo) reverdeciendo las ciudades.
- Reducción del efecto isla de calor urbano.
- Regulación del ciclo hidrológico.
- Protección y fomento de la biodiversidad en el entorno urbano.
- Beneficios sociales y psicológicos.

Tipos de Sistemas de Enverdecimiento Verticales

Los Sistemas de Enverdecimiento, se pueden clasificar de acuerdo a su sustrato y estructura.

Clasificación de acuerdo al sustrato

-Sistemas de Enverdecimiento Hidropónicos: son aquellos en los cuales los nutrientes de las especies vegetales se disuelven en el agua y se proporcionan a las mismas por medio de sus raíces. La palabra “hidropónico” se deriva de las palabras griegas hydro, que significa agua, y ponos, que significa trabajo. En este caso lo que se hace es partir y entender el concepto del “cultivo hidropónico” para convertirlo en una estrategia pasiva en la Arquitectura.

Utilizan un sustrato inerte que puede ser fieltro no tejido de poliamida, polietileno o poliéster, lana de roca y espumas técnicas, como poliuretano y poliurea, los cuales requieren abono continuo.

Actualmente existe una gran variedad de formas y tipos desarrollados para este sistema, pero en general están formados por lo siguiente: 1. Pequeñas canastas donde se colocan las plantas y las raíces cuelgan para ser nutridas; 2. Estructura sólida y compacta y 3. Sistema de riego constante.

-Sistemas de Enverdecimiento Aeropónicos: en este tipo de sistemas las especies vegetales se cultivan en un entorno aéreo o de niebla sin hacer uso del suelo. El término “aeropónico” se deriva de las palabras griegas aero, que significa aire, y ponos, que significa trabajo.

Las especies vegetales se desarrollan suspendidas en el aire y se le deben proporcionar los nutrientes por medio de rociadores, para lo cual se utilizan bombas de presión.

Son menos utilizados, pero forman parte de la clasificación ya que es una manera distinta de utilizar el sustrato para las raíces.

-Sistemas de Enverdecimiento Orgánicos: estos son característicos porque las raíces crecen en un medio artificial armado, utilizando un sustrato orgánico sin necesidad de aporte de abono excesivo. Es recomendado para superficies pequeñas, ya que su durabilidad es escasa, porque el sustrato se va degradando y requiere sustitución. Los nutrientes también se pueden aportar vía riego en mayor o menor porcentaje, pero no son tan imprescindibles para el funcionamiento por la mínima capacidad de retención que posee (D'Elia, Pilar y Morán 2019). Ver Figura 1.

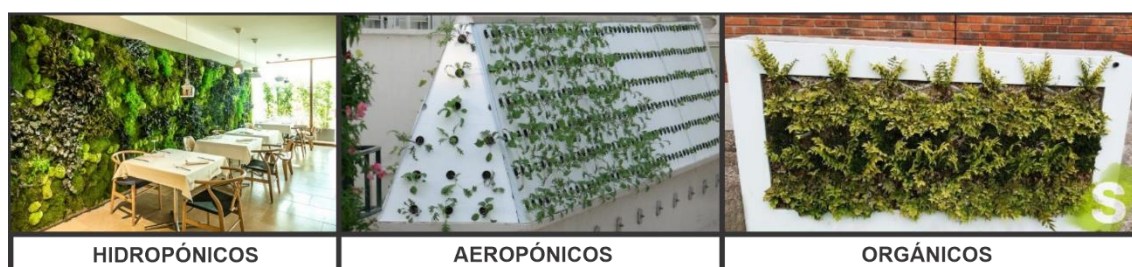


Figura 1: Clasificación de los Sistemas de Enverdecimiento de acuerdo al sustrato. Fuente: Reelaboración propia en base a imágenes de HidroJardín (2020), OkDiario (2018) y SingularGreen (2020, a).

Clasificación de acuerdo a su estructura

Sistemas de Enverdecimiento Vertical Natural (Figura 2): se caracterizan porque no cuenta con una estructura independiente al edificio, es decir sus métodos de sustentación lo constituyen los paramentos verticales de la obra. Podemos encontrar dos tipos:



Figura 2: Sistemas de Enverdecimiento Natural. Fuente: Elaboración propia en base a imágenes de la Universidad Politécnica de Catalunya (2016) y Vivienda familiar de Resistencia, ubicada en García Merou 456.

- Hormigón Biológico Vegetal: en este caso se presenta una solución que cumple la función de revoque estructural y de revestimiento. No solo se está resolviendo la materialización del paramento, sino que, además, se incorpora el verde como terminación exterior. En este tipo de sistemas, los organismos crecerían directamente en la superficie del hormigón, lo que facilita su puesta en obra y mantenimiento,

haciéndolo apto tanto para nuevas construcciones como para rehabilitación (Figura 2 a la izquierda).

-Fachadas Vegetales Tradicionales: en este tipo de sistemas, las plantas utilizan una superficie vertical existente y se extienden en ella desarrollando su crecimiento. Utilizan el paramento solamente como apoyo, ya que no reciben nutrientes ni humedad del mismo. Se apoyan en los mismos mediante raíces aéreas que pueden penetrar en grietas o juntas. En el caso que no posean raíces aéreas, se adhieren mediante zarcillos adhesivos (Figura 2 a la derecha).

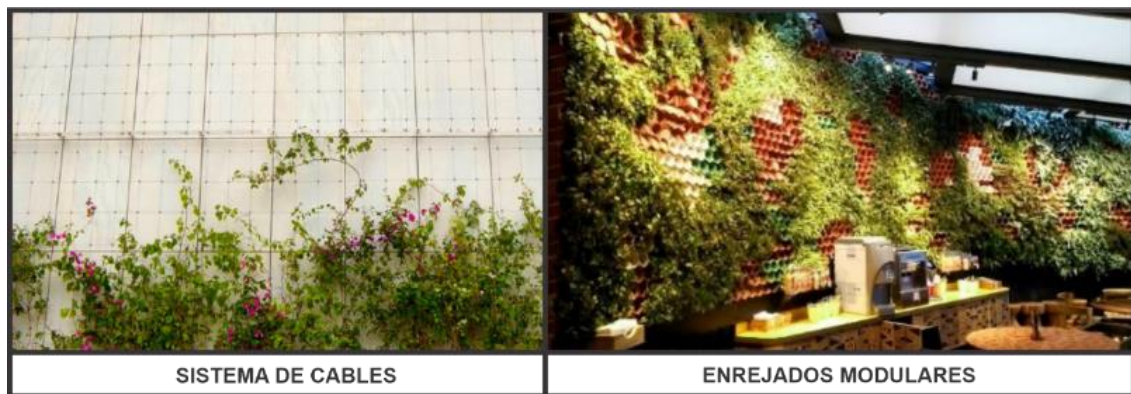


Figura 3: Sistemas de Enverdecimiento Doble Piel. Fuente: Reelaboración propia en base a imágenes de Jakob (2014) y Singular Green (2020, b).

-Sistemas de Enverdecimiento Doble Piel: requieren de elementos estructurales, portantes y de sujeción para su montaje y colocación, como así también de sistemas apartes que aseguren el mantenimiento de las especies vegetales. El objetivo es crear una segunda piel o pantalla entre la piel del edificio y el ambiente exterior (Navarro Portilla, 2013).

-Sistema de cables: el desarrollo de los jardines se da por medio de cables y varillas de acero inoxidable, con un conjunto de piezas accesorias, que dependerá del peso que deberá soportar la estructura, al igual que sus elementos de anclaje van a estar en función del material de la fachada (Figura 3 a la izquierda).

-Enrejados modulares: consisten en sistemas tridimensionales, formados por contenedores, o bien como lo dice su nombre, por enrejados a base de perfiles y chapas de acero inoxidable, permitiendo que se acoplen a las tipologías de las fachadas, pudiendo sus maceteros encontrarse de manera horizontal, vertical o bien inclinados (Figura 3 a la derecha).

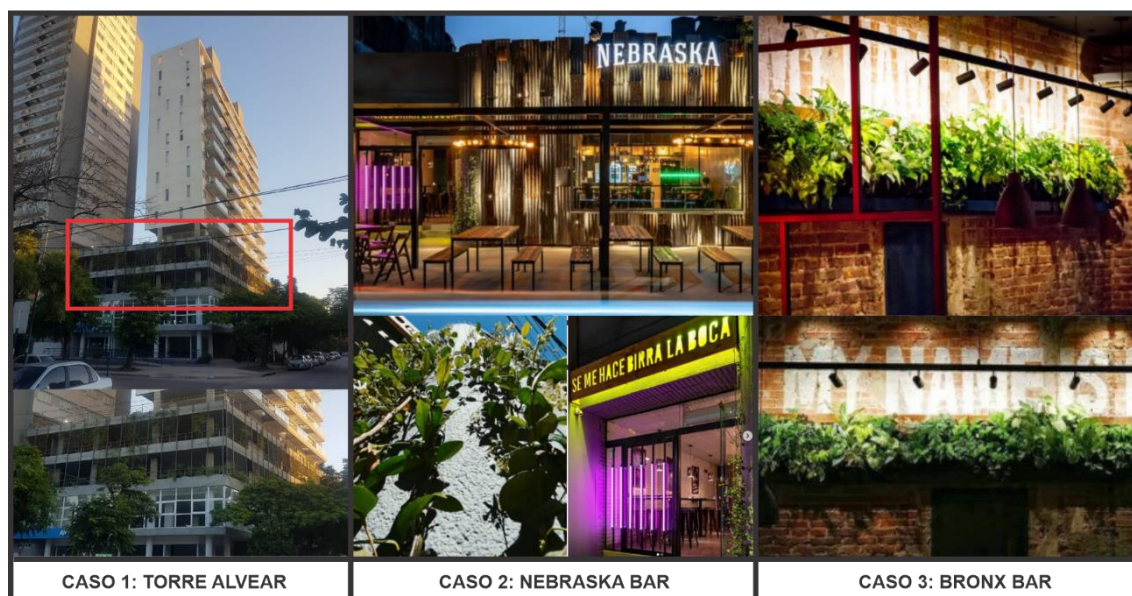


Figura 4: Sistemas de Enverdecimiento Precultivados. Fuente: Reelaboración propia en base a imágenes de Urbanolismo (2019) y NewGreen (2019).

-Sistemas Precultivados: su estructura se ancla directamente sobre los paramentos de las obras, sin necesidad de que se genere la cámara de aire característica en los anteriores de doble piel. Consisten en paneles formados por carcasas de diversas formas, sustentados mediante una estructura ligera (Navarro Portilla, 2013).

-Paneles vegetados desmontables en cajas: se conciben de manera modular, presentándose en medidas de 60 x 60 cm o bien las requeridas por el proyecto. Estos módulos componen la fachada de modo que fácilmente pueda ser desmontable a través de una sencilla estructura metálica de anclaje, complementada por un soporte vertical alojado en el cerramiento (Navarro Portilla, 2013) (Figura 4 a la izquierda).

-Gaviones de metal: los gaviones consisten en módulos de malla electrosoldada con piedras y todos los elementos necesarios para el cultivo y crecimiento de las especies vegetales, de especies rupícolas, es decir aquellas que crecen entre las piedras. (Figura 4 a la derecha).

-Sistemas de Enverdecimiento Mviles: son utilizados en aquellos vanos de fachadas o paramentos, aquí se encuentran los paneles multicapa deslizantes que se asemejan a las carpinterías corredizas, con jardineras en conjunto con cables para el crecimiento de las plantas.

DESARROLLO

Con el objetivo de verificar la aplicación del verde, se realizó un relevamiento de casos locales.

Figura 5: Casos locales analizados en la Ciudad de Resistencia. Fuente: Elaboración propia en base a imágenes de Cualitá Arquitectura (2019), Hijas del Monte (2019) y Bronx (2019).

Caso 1: Torre Alvear

Edificio construido mediante el programa PROCREAR (Programa de Crédito Argentino del Bicentenario para la Vivienda Única Familiar, creado en el 2012) ubicado en Marcelo T. de Alvear y Liniers. Implementa la tipología de enrejados modulares, en el 2° y 3° nivel y la Zona Terraza de Expansión del edificio. El diseño de enrejado se propone sobre las fachadas Noroeste y Noreste, con especies autóctonas o de buena adaptación al clima de arbustos y enrederas.

Las plantas seleccionadas son arbustos y enredaderas, de crecimiento moderado a rápido, disponibles en la zona y resistentes a las condiciones de asoleamiento, vientos y lluvias preponderantes. Poseen un aspecto lluvioso. Las especies son de follaje perenne, en su mayoría denso, pasando por diferentes tonalidades de verde con flores blancas.

Cada una de las especies está ubicada para generar movimientos visuales, por sus diversos periodos de floración, concentrándose la mayor cantidad, en las estaciones de primavera y verano.

El sistema entonces, está formado por lo siguiente:

1. Estructura: caño estructural rectangular, malla electrosoldada en el cerco galvanizado y cable de acero.
2. Maceteros: los arbustos se ubican en maceteras jardineras de 100 x 20 x 40 cm, en el 4° piso y la Zona Terraza de Expansión del edificio. Las enredaderas se ubican en maceteras cubicas de 50 x 50 x 50 cm en el 1°, 2° y 3° basamento. Las macetas son de fibrocemento y plástico rotomodelado.
3. Sistema de riego: caño de polietileno de baja densidad y manguera de pvc reforzada.

Caso 2: Nebraska Bar

El bar se encuentra ubicado en Laprida 88 y utiliza el Sistema de cables.

La fachada que incluye un jardín vertical se realizó en el marco de la refuncionalización del bar, a cargo de Cualitá Arquitectura. Para el aprovisionamiento y asesoramiento de las especies vegetales participo el emprendimiento de Hijas del Monte.

En la fachada y acceso al interior del bar, se plantea un sistema de jardín vertical por medio de cables de acero sobre un paramento existente.

Las especies empleadas fueron enredaderas, proveídas por Vivero Los Teros y su colocación, mantenimiento y cuidados por parte de Hijas del Monte.

El Sistema de Cables diseñado por Cualitá está estructurado de la siguiente manera:

1. Elementos de fijación superior: tuercas ciegas de acero inoxidable.
2. Cable individual: cable tensor orientado de manera vertical y espaciados alrededor del paramento curvo, actuando de guía de las especies vegetales.
3. Aprieta cables en cruz: mantienen los cables en su posición.

4. Elemento de fijación inferior: tuerca ciega con cabeza plana soldada.
5. Macetero de cemento: contiene el sustrato y el nacimiento de las especies vegetales.

El sistema de cables con sus enredaderas aporta un agregado visual y estético al ingreso, denotando el valor sostenible y amigable con su entorno, a la vez que representa lo local al utilizar especies por proveedores de la región.

Asimismo, es altamente resistente a la corrosión y su mantenimiento es relativamente barato ya que las especies elegidas soportan los agentes climáticos de la región.

Caso 3: Bronx Bar

Otro ejemplo local, es el Sistema Hidropónico ubicado en el interior del bar Bronx. Se encuentra ubicado en Liniers 390, en diagonal a la Plaza 12 de Octubre y próximo al centro de la Ciudad de Resistencia.

Nuevamente a cargo de Cualitá Arquitectura e Hijas del Monte, la refacción y refuncionalización de Bronx incluye en su interior un cuadro verde basado en un Sistema Hidropónico.

El SE utilizado fue proyectado por Cualitá y materializado a través de Ecosistemas Verticales por parte de la microempresa Hijas del Monte.

Se trata de un Sistema Hidropónico, a partir del cual se generan las condiciones óptimas para el desarrollo y evolución de las plantas, garantizando mantenimientos mínimos (Hijas del Monte, 2020).

Las especies utilizadas para este cuadro de 5,5 metros de largo fueron cuatro tipos de Filodendro, Syngonio en tres colores, Aglaonemas monstruosas y melena de Potus. El Ecosistema Vertical está compuesto por lo siguiente:

1. Estructura: cuadro metálico que se fija al paramento.
2. Micro placa plástica de PVC.
3. Filtro de geotextil con sistema de bolsillos.
4. Especies vegetales.

Las especies utilizadas fueron seleccionadas de acuerdo al requerimiento de necesitar el menor riego posible, convirtiendo de esta manera al cuadro en un sistema con mínimo mantenimiento y solamente control y poda del crecimiento de las especies.

Por otro lado, el prescindir del riego constante asegura mantener el entorno limpio (al encontrarse el cuadro en altura en un sector de mesas del bar) y no implica la colocación de sistemas de recolección de agua.

Entrevistas a profesionales intervinientes

Con el objetivo de clarificar las experiencias locales acerca del implemento del verde, se realizaron entrevistas de tipo semiestructuradas a dos emprendimientos pioneros que actualmente se encuentran trabajando con los sistemas de enverdecimiento en la Ciudad de Resistencia.

Por la empresa “Hijas del Monte”, se entrevistó a Corina Capkauskas, abogada de profesión y emprendedora por vocación. Si bien es quien se especializa en lo atinente a las plantas y los distintos sistemas, se trata de un emprendimiento colaborativo en el que se unen distintos oficios con el punto en común de la afinidad por y hacia las plantas y la naturaleza. Entre los aspectos más destacados de la entrevista se observa que aplican un sistema patentado, denominado Paisajismo Urbano®. Actualmente nuestro producto estrella son los “cuadros vivos”, consistentes en pequeños jardines verticales portables, realizados en medidas predeterminadas, aptos para espacios interiores como exteriores. Son una propuesta basada en una composición viva que nace de la fusión de los colores y texturas proporcionadas por la vegetación que estos contienen, creados a partir de un diseño único, teniendo en cuenta la situación particular del entorno para el cual se requieren.

Luego se realizó la entrevista a “Siempre Verde- Diseño de Jardines”, empresa familiar formada por Marina Ventura, Sarina Ventura y Juan Andrés Frangioli, hijo de Marina y 3 o 4 empleados ocasionales de acuerdo a la magnitud del trabajo a realizar. Entre los aspectos más destacados de la entrevista se destaca los inicios Arrancamos hace 20 años como un hobby amando la naturaleza el color y la prolijidad en los jardines.... aprendimos transitando el camino... y fuimos creciendo al andar. No nos cruzamos de brazos, al contrario... hicimos cursos y nos actualizamos permanentemente. ¡La gente creyó en nosotros y no paramos de trabajar! ¡Ahora además hacemos jardines verticales!”. Trabajan con distintos tipos de SE por ejemplo el hidropónico. Con este sistema tuvimos muy buenos resultados ya que si todo el sistema funciona los jardines perduran en el tiempo y con bajo consumo de agua y fertilizantes.

RESULTADOS

Una vez realizada la identificación y análisis de los ejemplos, se arriban a las siguientes conclusiones:

- A nivel local se están dando los primeros pasos en el implemento del verde en techos y paredes, pero si bien se observaron numerosos ejemplos de viviendas con el sistema de Fachadas Vegetales Tradicionales, las mismas se dan debido al avance de las especies vegetales de hierbas sobre los paramentos y no por una decisión de diseño.
- Los pocos ejemplos que se observan utilizan sistemas hidropónicos, enrejados modulares y en muchos casos cuadros vivos.
- Se observa un incremento sostenido de la inclusión del verde en la arquitectura, principalmente en refacciones y refuncionalizaciones, referidos al sector comercial y la residencia.
- La Ciudad de Resistencia cuenta con numerosos proveedores locales para los suministros y mantenimiento de las especies vegetales. Esto quiere decir que no existen condicionantes a la hora de proyectar y diseñar estas envolventes.

Como se planteó al inicio del presente trabajo, se pretendía abordar la temática de las envolventes, analizándolas desde el punto de vista tecnológico para contribuir a que las mismas sean consideradas como estrategias de aplicación en la región para facilitar el confort higrotérmico y explotar al máximo los beneficios urbanos, sociales y ambientales

que las mismas proveen. Por lo tanto, se presentan a continuación una serie de pautas a considerar a la hora de aplicar el verde en paredes.

- Evaluar las condiciones del soporte. Tener en cuenta el material de construcción para la aplicación de la membrana impermeable para los jardines verticales.
- A la hora de elegir el SE a emplear, considerar el nivel de mantenimiento y accesibilidad, ya que si son obras patrimoniales donde se requiere el menor impacto y alta durabilidad, se recomiendan SE de bajo mantenimiento.
- Es primordial proteger siempre a la obra del agua, la humedad y los agentes atmosféricos, para prolongar la vida útil de la misma, por lo cual sistemas doble piel con cámara de aire son los más óptimos.
- Diseñarlos teniendo en cuenta su ciclo de vida, priorizando de cumplir un ciclo “de la cuna a la cuna”.
- A la hora de seleccionar las especies vegetales, realizarlo en función del entorno a implantarse, teniendo presente que las mismas poseen un comportamiento durante todo el año y que cada especie se adapta de una u otra manera. No seguir modas o especies tipo que luego culminan en sistemas descuidados o dejados de lado.

CONCLUSIONES

A partir de la sistematización de las distintas posibilidades que permite el verde de materializarse tecnológica-constructivamente, se logró abordar a una serie de pautas que permitan facilitar su implementación como estrategia de aprovechamiento pasivo para el ahorro energético y aislamiento térmico de los edificios nuevos y la remodelación de los existentes.

La aplicación del verde es una práctica ampliamente difundida a nivel internacional, que tiene miras de comenzar a desarrollarse en nuestro país y que, a nivel regional, si bien se presentan contadas experiencias aisladas, esto se debe a que no está difundida la misma como práctica tecnológica con amplias ventajas, sino más bien es vista como un ornamento, moda y/o añadido estético.

BIBLIOGRAFÍA

- Armstrong (2012). La adaptación en la naturaleza. Recuperado de: <https://laboratoriobiomimetico.com/>
- Benyus, J. (2012). Biomimesis. Cómo la ciencia innova inspirándose en la naturaleza. Barcelona: Tusquets Editores S.A.
- Braungart, M. y McDonough, W. (2005). Cradle to cradle. Rediseñando la forma en que hacemos las cosas. Madrid: McGraw Hill.
- D' Elia, María del Rosario; Pilar, Claudia y Morán, Rosanna (2019). Muros verdes para las condiciones ambientales de la Región Nordeste Argentina. Revista ARQUITECNO N° 14. Noviembre de 2019. Ediciones del ITDAHu. Corrientes, Argentina. Página 55 a 63. ISSN 0328-0896.

- Czajkowski, Jorge y Gómez, Analía (2009). *Arquitectura sustentable*. Ed. Clarín. Buenos Aires, Argentina.
- Evans, Julián (2010). *Sustentabilidad en Arquitectura*. Consejo Profesional de Arquitectura y Urbanismo. Buenos Aires.
- Hidrojardín (2020). *La vegetación. Un elemento decorativo esencial*. Recuperado de: <https://www.hidrojardin.info/blog-informativo-decoracion-vegetacion-bar-restaurante/>
- Hijas del Monte (2020). *Ecosistemas Verticales*. Recuperado de: <https://amanooficial.com/productos/vegetacion-y-macetas/plantas-de-interior/1311>
- Jakob (2014). *Green Solutions*. Recuperado de: <https://www.jakob.com/ch-en/downloads/catalogs>
- Lopez, M (2020). *Nuevas fronteras biológicas*. Recuperado de: <https://laboratoriobiomimetico.com/fronterasbiologicas/>
- Navarro Portilla, J. (2013). *Los jardines verticales en la edificación*. Trabajo final de máster en edificación, Escuela Técnica Superior Ingeniería de Edificación, Universidad Politécnica de Valencia.
- NewGreen (2019). *Núñez Jardín Vertical con gaviones en medianera*. Portfolio Jardines Verticales. Recuperado de: <https://www.newgreen.com.ar/obras-realizadas/nunez-jardin-vertical-medianera/>
- Ok Diario (2018). *Los cultivos aeropónicos y la ciencia de la aeroponía*. Recuperado de: <https://okdiario.com/curiosidades/cultivos-aeroponicos-2882119>
- Singular Green (2020, a). *Jardín vertical para interior o un pequeño jardín en casa*. Recuperado de: <https://www.singulargreen.com/jardines-verticales/#jv3.1>
- Singular Green (2020, b). *Jardín Vertical EcoBin, Nando's Kitchen, Londres*. Dossier comercial. Revisión 2020. Jardines Verticales. Recuperado de: <https://www.singulargreen.com/portal-de-descargas/>
- Universidad Politécnica de Catalunya (2016). *Nuevo concepto de fachada verde: el "hormigón biológico" como el futuro de las fachadas ecológicas*. Recuperado de: <https://arquitecturayempresa.es/noticia/nuevo-concepto-de-fachada-verde-el-hormigon-biologico-como-el-futuro-de-las-fachadas>
- Urbanolismo (2019). *Fachada vegetal del Palacio de Congresos de Vitoria-Gasteiz*. Recuperado de: <https://www.urbanarbolismo.es/blog/fachada-vegetal-del-palacio-de-congresos-de-vitoria/>
- Vedoya, D. y Prat, E. (2018). *Introducción a la biomímesis aplicada a la arquitectura*. ADNea Revista de Arquitectura y Diseño del Nordeste argentino. Vol 6 – N.º6. P. 149.

LAS ENVOLVENTES VERDES COMO PRINCIPALES HERRAMIENTAS PARA DISMINUIR EL CONSUMO ENERGÉTICO DE LOS EDIFICIOS

Florencia Belén Galizzi

Artículo publicado en
Revista Vivienda (Nota de tapa) Edición 711, Octubre 2021.
<https://lnkd.in/gsG-YSbp>

Resumen

El presente trabajo aborda la problemática de la envolvente edilicia considerando que su adecuado diseño es la principal herramienta para disminuir el consumo energético de los edificios y lograr de forma sustentable condiciones de confort en los espacios.

Como estrategia de aprovechamiento pasivo, se plantea la incorporación del verde en techos y paredes, dado que constituyen la piel a través de la cual los edificios realizan su intercambio energético entre el ambiente interior y exterior. De esta manera, las envolventes verdes se consideran moderadoras ambientales.

El objetivo general del presente trabajo es analizar y comparar soluciones tecnológico-constructivas tradicionales y las que incorporan el verde, considerando la variable térmica y acústica. El propósito es verificar la mejora en los niveles de confort que brinda la envolvente verde, además de sus conocidas prestaciones ambientales urbano – arquitectónicas.

El uso de envolventes verdes en la construcción desde una perspectiva ecológica, resulta relativamente reciente. Si bien existen estudios e investigaciones de carácter científico sobre muros y techos verdes que permiten evaluar como positiva su efectividad, en función del clima y las demás condicionantes específicas, su aplicación sigue siendo muy baja, existiendo muy pocos ejemplos en la Ciudad de Resistencia (Chaco, Argentina). Debido a esto el presente trabajo busca demostrar los beneficios energéticos que presentan las envolventes naturadas por medio de cálculos aplicados a sistemas constructivos propios de la ciudad y a la identificación de experiencias locales que incorporen al verde en muros y techos.

Para verificar el incremento termo-acústico, se calcula la transmitancia térmica según las Normas IRAM 11.601 y 11.605, y se realiza la verificación del incremento en el aislamiento acústico de los siguientes cerramientos: Cerramiento vertical con mampostería de Bloques de Hormigón Celular Curado en Autoclave (HCCA), luego con Envolvente Vertical-Hidropónica y Cubierta plana Losa de Hormigón Armado (H[°]A[°]), posterior con Envolvente Horizontal- Techo Verde Semi-Intensivo.

La envolvente vertical a analizar, es un sistema hidropónico patentado por Singular Green que está formado por una capa impermeable, sellante, membrana de distribución

y sustrato proyectado con una mezcla de semillas. Su paquete tecnológico se compone de la siguiente manera: perfilería de aluminio, paneles de PVC espumado, doble tubería, panel de lana de roca, sustrato de piedra pómez, microleca, perlita y zeolita, acabado vegetal en geotextil con bolsillos, rejilla y canal metálico.

Por otro lado, el techo verde semi-intensivo es una cubierta también patentada por Singular Green, con elevada capacidad de almacenamiento de agua. Es el único en el mercado que utiliza cajas de fruta de HDPE recicladas y reciclables para la configuración del aljibe. Su paquete tecnológico se compone de la siguiente manera: lámina impermeable sobre la capa soporte, capa antipunzonada y separadora, capa drenante-aljibe, capa filtrante, capa absorbente, sustrato de mezcla de compost, corteza de pino, microleca, perlita y zeolita, y la vegetación.

Con respecto al relevamiento e identificación de los casos locales, se analizan tres tipos de envoltentes verdes, un sistema hidropónico, enrejado modular y sistema de cables.

Los resultados obtenidos demuestran de manera satisfactoria, tanto el aislamiento térmico como el acústico de las envoltentes verdes, al igual que su factibilidad de ser aplicadas a obras nuevas y edificios existentes gracias a los casos identificados.

En el primer caso del cerramiento vertical, el aumento del aislamiento térmico se debe gracias a la capa de sustrato, que por su baja conductividad térmica aumenta la Resistencia Total del cerramiento, obteniendo de esta manera un menor Coeficiente K. Para las cubiertas, nuevamente es el sustrato el encargado de marcar la diferencia por su baja conductividad térmica.

En el caso del aislamiento acústico, se determina el destino del paquete constructivo para obtener los niveles de ruido de acuerdo al local y el ruido de fondo en relación a la situación exterior. Como resultado, al igual que en el aislamiento térmico, la mejora en la aislación también está dada por la capa de sustrato, la cual fue calculada con un peso específico considerando al sustrato seco, lo que quiere decir que si se lo considerara húmedo (donde su peso superficial aumenta considerablemente), seguiría verificando positivamente ya que el cálculo se realizó con el menor peso. Tanto en el cerramiento vertical como en las cubiertas la mejora acústica se traduce en el aumento de un promedio de 10 dB.

De esta manera se obtiene que cuanto mayor sea el espesor y densidad del sustrato, mayor será el colchón de aire encerrado que cumple el efecto de un aislante térmico-acústico. En consecuencia, al aumentar el aislamiento térmico se disminuye por ende el consumo energético por parte de sistemas de refrigeración y calefacción.

Introducción

El presente trabajo aborda la problemática de la envolvente edilicia considerando que su adecuado diseño es la principal herramienta para disminuir el consumo energético de los edificios y lograr de forma sustentable condiciones de confort en los espacios.

En los últimos diez años la sociedad se ha enfrentado a múltiples problemáticas: crecimiento demográfico descontrolado, agotamiento de los recursos naturales,

incontrolado calentamiento global, avance sobre el medio ambiente, destrucción de la biodiversidad, entre otros.

En Argentina, de acuerdo a Czajkowski (2009) el consumo energético en relación con otros países es sumamente alto y la calidad energética edilicia tiende a reducirse con el transcurso de los años. Esto quiere decir que las técnicas de habitabilidad higrotérmica y racionalidad energética no se encuentran desarrolladas o bien su aplicación continúa siendo muy baja.

Como estrategia de aprovechamiento pasivo, se plantea la incorporación del verde en techos y paredes, dado que constituyen la piel a través de la cual los edificios realizan su intercambio energético entre el ambiente interior y exterior. De esta manera, las envolventes verdes se consideran moderadoras ambientales.

Los envolventes verdes son elementos vivos que interactúan con el ambiente y la obra, presentando ventajas estéticas (atractivo visual y sustentable), ecológicas (reducen las islas de calor), higo-térmicas-acústicas y paisajísticas (preservan la biodiversidad local). Al igual que constituyen soluciones que concientizan ambientalmente, permiten innovar tecnológicamente y son factibles de ser aplicadas tanto a obras nuevas como remodelaciones.

Objetivos

El objetivo general del presente trabajo es analizar y comparar soluciones tecnológico-constructivas tradicionales y las que incorporan el verde, considerando la variable térmica y acústica. El propósito es verificar la mejora en los niveles de confort que brinda la envolvente verde, además de sus conocidas prestaciones ambientales urbano – arquitectónicas.

Materiales y métodos

Para verificar el significativo aumento con respecto al aislamiento térmico que aportan, se procede al cálculo de la transmitancia térmica según las Normas IRAM 11.601 y 11.605 de lo siguiente, para luego compararlos y establecer conclusiones:

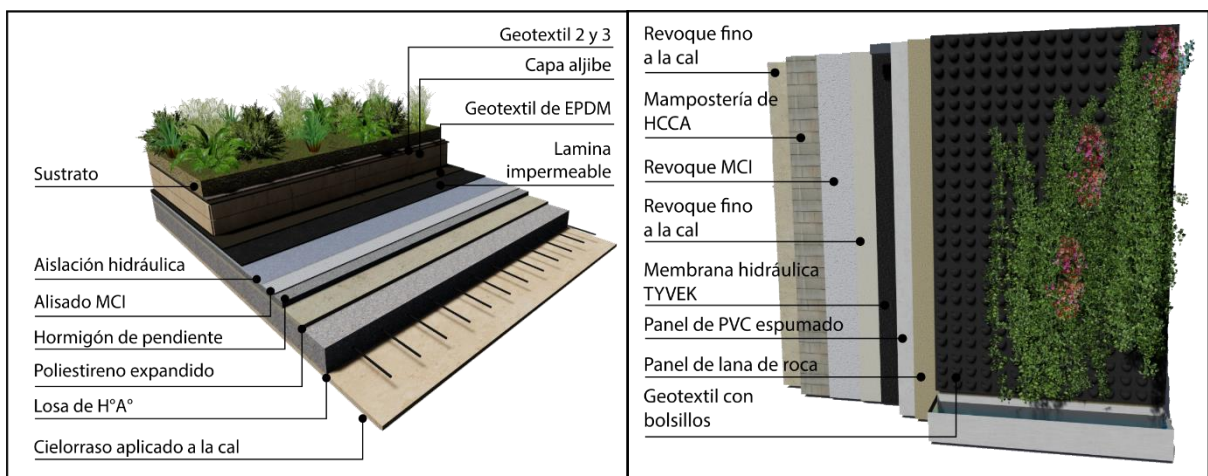


Figura 1: Esquema de Muro Verde y Techo Verde analizados. Elaboración propia (2021).

Cerramiento vertical con mampostería de Bloques de Hormigón HCCA y luego con Envoltente Vertical-Hidropónica.

Cubierta plana Losa de H°A° y luego con Envoltente Horizontal- Techo verde Semi-Intensivo.

Además, se realizó la verificación del incremento en el aislamiento acústico y posterior al añadido de la envoltente verde para establecer cuantos dB se incrementan con las mismas. Cálculo 1 y 2: Cerramiento vertical con mampostería de Bloques de Hormigón HCCA y posterior con Envoltente Vertical-Hidropónica.

CÁLCULO COEFICIENTE DE TRANSMITANCIA TÉRMICA- Norma IRAM 11.601					CÁLCULO COEFICIENTE DE TRANSMITANCIA TÉRMICA- Norma IRAM 11.601							
Mampostería de Bloques de Hormigón HCCA			1- Revoque fino a la cal. 2- Revoque de mortero de cemento impermeable. 3- Mampostería de Bloques de Hormigón HCCA 4- Revoque fino a la cal.		Sistema Hidropónico sobre Mampostería de Bloques de Hormigón HCCA			1- Membrana Hidráulica TYVEK 2- Cámara de aire 3- Panel de PVC espumado 4- Geotextil con bolitas 5- Sustrato + vegetación 6- Revoque MCI 7- Revoque fino a la cal. 8- Mampostería de Bloques de Hormigón HCCA 9- Revoque fino a la cal.				
	Zona BIOAMBIENTAL: Ib					Zona BIOAMBIENTAL: Ib						
Época del año: VER-INV					Época del año: VER-INV							
Sentido flujo de calor: Horizontal					Sentido flujo de calor: Horizontal							
CAPAS CONSTITUTIVAS	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/m.k)	Resistencia térmica (e/A)	Peso Especifico (m³ kg/m3)	Peso Superficial (m² E= kg/m2)	CAPAS CONSTITUTIVAS	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/m.k)	Resistencia térmica (e/A)	Peso Especifico (m³ kg/m3)	Peso Superficial (m² E= kg/m2)	
Rse (1/ae)			0,04			Rse (1/ae)			0,04			
Revoque fino a la cal	0,015	0,7	0,02142857	1400	21	Membrana Hidráulica TYVEK	0,005	0,025	0,2	1200	6	
Revoque MCI	0,02	1,16	0,01724138	1800	36	Cámara de aire	0,04	0,18	0,22222222	2100	84	
Mampostería de HCCA	0,1	0,54	0,18518519	680	68	Panel de PVC espumado	0,05	0,07	0,71428571	1020	51	
Revoque fino a la cal	0,015	0,7	0,02142857	1400	21	Panel de lana de roca	0,06	0,041	1,46341463	100	6	
Rsi (1/ai)			0,13			Geotextil con bolillos	0,002	0,25	0,008	1550	3,1	
TOTAL	0,15		0,41528371		146	Sustrato de piedra pómez, microleca, perlita y zeolita	0,15	0,012	12,5	580	87,7	
transmitancia térmica del componente (W/m2 . K)					2,407/992373							
transmitancia térmica de acuerdo a la Norma IRAM 11.605 (W/m2 . K)												
VERANO					2,41 > 1,80 NO Cumple con el Nivel C							
INVIERNO					2,41 > 1,67 NO Cumple con el Nivel C							
CÁLCULO 1												

CÁLCULO 2					
transmitancia térmica del componente (W/m2 . K)					0,064419681
transmitancia térmica de acuerdo a la Norma IRAM 11.605 (W/m2 . K)					
VERANO					0,06 < 0,45 Cumple con el Nivel A
INVIERNO					0,06 < 0,35 Cumple con el Nivel A
CÁLCULO 2					

Tablas 1 y 2: Cálculos de coeficiente de transmitancia térmica en Mampostería de Bloques de Hormigón HCCA y posterior en Sistema Hidropónico sobre Mampostería de Bloques de Hormigón HCCA. Elaboración propia en base a Normas IRAM 11.601, 11.605.

Cálculo 3 y 4: Cubierta plana Losa de H°A° y posterior la misma con Techo Verde Semi-Intensivo.

CÁLCULO COEFICIENTE DE TRANSMITANCIA TÉRMICA- Norma IRAM 11.601						CÁLCULO COEFICIENTE DE TRANSMITANCIA TÉRMICA- Norma IRAM 11.601					
Cubierta plana, losa de H° A°			1. Aislación hidráulica. 2. Alisado de MC. 3. Hormigón de pendiente. 4. Poliestereno expandido. 5. Losa de H° A°. 6. Cielorraso aplicado mortero a la cal.			Techo Verde Semi-Intensivo sobre Losa de H° A°			1. Sustrato. 2. Geotextil 1. 3. Geotextil 2. 4. Laminas impermeables. 5. Alisado de MC. 6. Hormigón de pendiente. 7. Losa de H° A°. 8. Cielorraso aplicado mortero a la cal.		
Zona BIOAMBIENTAL: Ib	Sentido flujo de calor: Vertical					Zona BIOAMBIENTAL: Ib	Sentido flujo de calor: Vertical				
Epoca del año: VER-INV						Epoca del año: VER-INV					
CAPAS CONSTITUTIVAS	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/m.k)	Resistencia térmica (e/A)	Peso Especifico (m= r.E= kg/m3)	Peso Superficial (m= r.E= kg/m2)	CAPAS CONSTITUTIVAS	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/m.k)	Resistencia térmica (e/A)	Peso Especifico (m= r.E= kg/m3)	Peso Superficial (m= r.E= kg/m2)
Rse (1/ae)			0,04			Rse (1/ae)			0,04		
Aislación hidráulica, carpeta bituminosa con lamina de aluminio sobre la superficie superior	0,005	0,17	0,02941176	1050	5,25	Sustrato de mezcla de compost, corteza de pino, microleca, perlita y zeolita	0,27	0,012	22,5	720	194,4
Alisado de MC	0,02	1,3	0,01538462	2100	42	Capa absorbente y filtrante: Geotextil no tejido compuesto por fibras cortadas de polietileno	0,001	0,05	0,02	1800	1,8
Hormigón de pendiente	0,07	0,45	0,15555556	1200	84	Capa absorbente y filtrante: Geotextil no tejido compuesto por fibras de polietileno reciclado y polipropileno reciclado	0,004	0,05	0,08	1800	7,2
Poliestereno expandido	0,03	0,035	0,85714286	20	0,6	Capa de agua (consideramos el aljibe a un dos tercios de su capacidad)	0,1	0,58	0,17241379	1000	100
Losa de H° A°	0,08	1,63	0,04907975	2400	192	Cámara de aire entre el aljibe	0,05	0,18	0,27777778	2100	105
Cielorraso aplicado mortero a la cal	0,02	0,93	0,02150538	1800	36	Capa absorbente y filtrante: Geotextil no tejido compuesto por fibras cortadas de polipropileno de alta tenacidad	0,0006	0,05	0,012	1550	0,93
Rsi (1/ai)			0,1			Lamina impermeable flexible a base de Etileno Propileno Dieno	0,0012	0,25	0,0048	1300	15,6
TOTAL	0,25		1,26807992		420	Aislación hidráulica, carpeta bituminosa con lamina de aluminio sobre la superficie superior	0,005	0,17	0,02941176	1050	5,25
Transmitancia térmica del componente (W/m2 . K)					0,788593828	Transmitancia térmica del componente (W/m2 . K)					0,041060147
Transmitancia térmica de acuerdo a la Norma IRAM 11.605 (W/m2 . K)						Transmitancia térmica de acuerdo a la Norma IRAM 11.605 (W/m2 . K)					
VERANO 0,78 > 0,72 NO cumple con el Nivel C						VERANO 0,04 < 0,18 Cumple con el Nivel A					
INVIERNO 0,78 < 1,00 Cumple con el Nivel C						INVIERNO 0,04 < 0,30 Cumple con el Nivel A					
CÁLCULO 3						CÁLCULO 4					

Tablas 3 y 4: Cálculo coeficiente de transmitancia térmica en Cubierta plana, Losa de H°A° y en Techo Verde Semi-Intensivo. Elaboración propia en base a Normas IRAM 11.601, 11.605.

Cálculo 5 y 6: Aislación acústica de la mampostería de Bloques de Hormigón HCCA y posterior el mismo cerramiento con Envoltorio Vertical-Hidropónica.

CÁLCULO AISLACIÓN DEL DIVISORIO					CÁLCULO AISLACIÓN DEL DIVISORIO				
Mampostería de Bloques de Hormigón HCCA					Mampostería de Bloques de Hormigón HCCA + Envoltorio Vertical-Hidropónica				
Destino: Dormitorio de vivienda	Interior-Exterior				Destino: Dormitorio de vivienda	Interior-Exterior			
DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RUIDO	DETERMINACIÓN DEL PESO SUPERFICIAL	Espesor (m)	Peso Específico (m= r.E= kg/m3)	Peso Superficial (m= r.E= kg/m2)	DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RUIDO	DETERMINACIÓN DEL PESO SUPERFICIAL	Espesor (m)	Peso Específico (m= r.E= kg/m3)	Peso Superficial (m= r.E= kg/m2)
Según TABLA 1.A y de acuerdo al destino como dormitorio de vivienda= 35 db	Revoque fino a la cal	0,015	1400	21	Según TABLA 1.A y de acuerdo al destino como dormitorio de vivienda= 35 db	Membrana Hidráulica TYVEK	0,005	1200	6
	Revoque MCI	0,02	1800	36		Cámara de aire	0,04	2100	84,00
	Mampostería de HCCA	0,1	680	68		Panel de PVC espumado	0,05	1020	51,00
	Revoque fino a la cal	0,015	1400	21		Panel de lana de roca	0,06	100	6,00
Según TABLA 2.A y de acuerdo a la situación exterior de avenida con tránsito denso y continuo= 70 db	TOTAL			146	Según TABLA 2.A y de acuerdo a la situación exterior de avenida con tránsito denso y continuo= 70 db	Geotextil con bolsillos	0,002	1550	3,10
DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE TOLERANCIA					DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE TOLERANCIA				
Nivel de Ruido - Margen de Tolerancia= 35 db - 10 db = 25 db					Nivel de Ruido - Margen de Tolerancia= 35 db - 10 db = 25 db				
DETERMINACIÓN DE LA AISLACIÓN NECESARIA					DETERMINACIÓN DE LA AISLACIÓN NECESARIA				
Nivel de Ruido Exterior - Margen de Tolerancia= 70 db - 10 db = 60 db					Nivel de Ruido Exterior - Margen de Tolerancia= 70 db - 10 db = 60 db				
INCORPORACIÓN DEL VALOR DE AISLACIÓN POR MATERIAL HETEROGENEO					INCORPORACIÓN DEL VALOR DE AISLACIÓN POR MATERIAL HETEROGENEO				
Para el Peso Superficial obtenido de 146 kg/m2 se corresponden 44 db					Para el Peso Superficial obtenido de 339,75 kg/m2 se corresponden 49 db				
DETERMINACIÓN DEL VALOR DE AISLACIÓN POR LEY DE MASA					DETERMINACIÓN DEL VALOR DE AISLACIÓN POR LEY DE MASA				
Surge de una fórmula que relaciona el Peso Superficial Total con el mayor de los componentes analizados (I= PsT/Psi >= 146 kg/m2 / 68 kg/ m2= 2,14. Se corresponden 4,8 db.					Surge de una fórmula que relaciona el Peso Superficial Total con el mayor de los componentes analizados (I= PsT/Psi >= 383,10 kg/m2 / 87 kg/ m2= 4,40. Se corresponden 6,8 db.				
AISLACIÓN TOTAL DEL DIVISORIO					AISLACIÓN TOTAL DEL DIVISORIO				
Aislación por Ley de Masa					Aislación por Ley de Masa				
Aislación por Material Heterogeneo					Aislación por Material Heterogeneo				
48,3 db					49 db				
CÁLCULO 5					CÁLCULO 6				
48,3 db < 60 db					60,2 db > 60 db				

Tablas 5 y 6: Cálculo aislación acústica de la mampostería de Bloques de Hormigón HCCA y del Sistema Hidropónico sobre Mampostería de Bloques de Hormigón HCCA. Elaboración propia en base a Normas IRAM 11.601, 11.605 y Guía Práctica de Instalaciones II FAU UNNE (2019).

Cálculo 7 y 8: Aislación acústica de la Cubierta plana Losa de H°A° y posterior la misma con Techo Verde Semi-Intensivo.

CÁLCULO AISLACIÓN DEL DIVISORIO					CÁLCULO AISLACIÓN DEL DIVISORIO				
Cubierta plana, Losa de H°A°					Techo verde semi-intensivo sobre Losa de H°A°				
Destino: Dormitorio de vivienda					Destino: Dormitorio de vivienda				
Interior: C-tenor					Interior: Exterior				
DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RUIDO	DETERMINACIÓN DEL PESO SUPERFICIAL	Espesor (m)	Peso Específico (m: kg/m ³)	Peso Superficial (m: r E: kg/m ²)	DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RUIDO	DETERMINACIÓN DEL PESO SUPERFICIAL	Espesor (m)	Peso Específico (m: kg/m ³)	Peso Superficial (m: r E: kg/m ²)
Según TABLA 1.A y de acuerdo al destino como dormitorio de vivienda= 35 db	Aislación hidráulica	0,005	1050	5,25	Según TABLA 1.A y de acuerdo al destino como dormitorio de vivienda= 35 db	Sustrato con perfil seco	0,27	720	194,4
	Alisado de MC	0,02	2100	42		Geotextil fibras de políester	0,001	1800	1,8
	Hormigón de pendiente	0,07	1200	84		Segundo geotextil	0,004	1800	7,2
	Poliestireno expandido	0,03	20	0,6		Capa aljibe a un tercio	0,1	1000	100
	Losa de H°A°	0,08	2400	192		Cámara de aire entre el aljibe	0,05	2100	105
	Cielorraso aplicado	0,02	1800	36		Geotextil de EPDM	0,0006	1550	0,93
	TOTAL			359,85		Lamina impermeable flexible	0,012	1300	15,6
						Aislación hidráulica	0,005	1050	5,25
						Alisado de MC	0,02	2100	42
						Hormigón de pendiente	0,07	1200	84
					Según TABLA 2.A y de acuerdo a la situación exterior de vivienda con tránsito denso y continuo= 70 db	Poliestireno expandido	0,03	20	0,6
						Losa de H°A°	0,08	2400	192
						Cielorraso aplicado	0,02	1800	36
						TOTAL			679,78
DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE TOLERANCIA					DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE TOLERANCIA				
Nivel de Ruido - Margen de Tolerancia= 35 db - 10 db = 25 db					Nivel de Ruido - Margen de Tolerancia= 35 db - 10 db = 25 db				
DETERMINACIÓN DE LA AISLACIÓN NECESARIA					DETERMINACIÓN DE LA AISLACIÓN NECESARIA				
Nivel de Ruido Exterior - Margen de Tolerancia= 70 db - 10 db = 60 db					Nivel de Ruido Exterior - Margen de Tolerancia= 70 db - 10 db = 60 db				
INCORPORACIÓN DEL VALOR DE AISLACIÓN POR MATERIAL HETEROGÉNEO					INCORPORACIÓN DEL VALOR DE AISLACIÓN POR MATERIAL HETEROGÉNEO				
Para el Peso Superficial obtenido de 359,85 kg/m ² se corresponden 49,3 db					Para el Peso Superficial obtenido de 679,78 kg/m ² se corresponden 50 db				
DETERMINACIÓN DEL VALOR DE AISLACIÓN POR LEY DE MASA					DETERMINACIÓN DEL VALOR DE AISLACIÓN POR LEY DE MASA				
Surge de una fórmula que relaciona el Peso Superficial Total con el mayor de los componentes analizados (P= Pst/ Psi >=) 359,85 kg/m ² / 192 kg/m ² = 1,87. Se corresponden 3,7 db					Surge de una fórmula que relaciona el Peso Superficial Total con el mayor de los componentes analizados (P= Pst/ Psi >=) 679,78 kg/m ² / 194,4 kg/m ² = 3,50. Se corresponden 7 db				
AISLACIÓN TOTAL DEL DIVISORIO					AISLACIÓN TOTAL DEL DIVISORIO				
Aislación por Ley de Masa					Aislación por Ley de Masa				
Aislación por Material Heterogéneo					Aislación por Material Heterogéneo				
53 dB < 60 dB					60 dB = 60 dB				
CÁLCULO 7					CÁLCULO 8				

Tablas 7 y 8: Cálculo aislación acústica de la Cubierta plana Losa de H°A° y del Techo Verde Semi-Intensivo sobre Cubierta plana Losa de H°A°. Elaboración propia en base a Normas IRAM 11.601, 11.605 y Guía Práctica de Instalaciones II FAU UNNE (2019).

Resultados y discusión

Cálculo 1 y 2: En el primer caso, el valor hallado para ambas estaciones no cumple con el Nivel C de las condiciones de confort higrotérmico, teniendo en cuenta que se está trabajando con un material pre-fabricado con prestaciones térmicas considerables.

En el segundo caso, se aplicó el Sistema Hidropónico y se corrobora la eficacia de su aislamiento térmico. El valor hallado para ambas estaciones cumple con el Nivel A de condiciones de confort higrotérmico, siendo el mismo incluso mucho menor que el valor de referencia.

El elemento encargado de hacer la diferencia es la capa de sustrato, que por su baja conductividad térmica aumentan la Resistencia Total del cerramiento, obteniendo de esta manera un menor Coeficiente K. El valor de la conductividad térmica ($\lambda = 0.012$ W/m.k) que se toma para los cálculos de la transmitancia térmica del sustrato, ha sido obtenida de un estudio sobre el cálculo de la conductividad térmica equivalente en la cubierta ecológica, realizado por María V. Machado, Calina Britto y Javier Neila en 2004 (Iñigo, 2017). Cabe aclarar, que la estructura portante de perfilera de aluminio no se encuentra considerada en el cálculo, debido a que la misma se coloca cada cierta distancia, no siendo una capa continua en todo el paramento.

Cálculo 3 y 4: En el primer caso de las cubiertas, el valor hallado en el ejemplo tomado en verano no cumple con las condiciones de confort higrotérmico, mientras que en invierno cumple en el Nivel C. Se tomó este tipo de cubiertas ya que representan en gran medida las tipologías utilizadas en la Ciudad de Resistencia, Chaco dentro de la construcción tradicional tanto para viviendas como edificios en altura, siendo estos últimos los protagonistas en los últimos años. Esto significa que nuevamente, al igual

que en los cerramientos verticales, se trabaja con lo mínimo e indispensable, priorizando otro tipo de factores y dejando de lado al confort.

En el segundo caso, se aplica un techo verde semi-intensivo, dado que se estaría trabajando sobre una obra existente, donde en su diseño no se consideró la carga que implicaría utilizar un techo intensivo, por ejemplo, por lo cual se opta por seleccionar un paquete verde más liviano, pero de mejor eficacia que los extensivos. Mediante el valor obtenido se logra cumplir con el Nivel A en ambas estaciones.

Nuevamente el elemento encargado de marcar la diferencia es la capa de sustrato. Vale aclarar que en este caso se consideró la capa aljibe a dos tercios de su capacidad ($e=10$ cm), donde el espacio restante del aljibe ($e=5$ cm) es ocupado por una cámara de aire que da lugar a una resistencia térmica superior a la del agua. Si se considerará al aljibe lleno ($e=15$ cm) los valores arrojados continúan cumpliendo con el Nivel A de confort higrotérmico.

Cálculo 5 y 6: En el primer caso, el valor hallado de 48,3 dB como aislación total del divisorio representa el 80,5% de la aislación acústica requerida (60 dB), y si bien son parámetros aceptables, se comprueba en el segundo caso que con el sistema de envolvente verde hidropónico se obtienen 60,2 dB mejorando el aislamiento acústico y cubriendo el 100% de la aislación necesaria, lo cual se traduce en un aumento de 11,9 dB. El elemento encargado de marcar la diferencia es la capa sustrato, la cual incrementa de manera considerable el peso superficial total debido a la alta densidad que posee.

Cálculo 7 y 8: En las cubiertas, para el primer caso el valor obtenido de 53 dB como aislación total del divisorio horizontal representa el 88% de lo requerido (60 dB), pero al aplicar el techo verde semi-intensivo se logra cumplir con el 100% de la aislación acústica requerida, lo que se traduce en un aumento de 7 dB. Al igual que el caso anterior, es el sustrato el que marca la diferencia.

Conclusiones

Mediante los cálculos realizados, se verificó que el uso de envolventes verdes sobre obras existentes y nuevas aumenta el aislamiento térmico y acústico de los mismos. Este aporte permite sistematizar las mismas para implementarlas ya desde la etapa proyectual, considerando que son estrategias pasivas con amplias ventajas a la hora de mejorar los niveles de confort higrotérmicos. De esta manera se obtiene que cuanto mayor sea el espesor y densidad del sustrato, mayor será el colchón de aire encerrado que cumple el efecto de un aislante térmico-acústico, en consecuencia, se aumenta el confort interior y se disminuye el consumo energético por parte de sistemas de refrigeración y calefacción.

Bibliografía

Instalaciones II (2019). Guía práctica de herramientas de cálculo. Universidad Nacional del Nordeste. Facultad de Arquitectura y Urbanismo.

Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM): Normas 11601, 11603, 11605.

Iñigo Cruz Alba (2017). La cubierta verde como mejora del comportamiento energético en Alicante.

PROYECTOS Y RECICLAJE EN LA REGIÓN TRANSFRONTERIZA

Mario Rubén Berent

Artículo publicado en

Área Urbana N° 83

Junio de 2021

Disponible en [\(PDF\) PROYECTOS y RECICLAJE en la REGION TRANSFRONTERIZA \(researchgate.net\)](#)

Resumen

La localidad misionera de Bernardo de Irigoyen limita con dos municipios de distintos estados de Brasil: Barracão y Dionísio Cerqueira. Si bien los límites no se perciben, si pueden ser un problema para la organización de servicios urbanos e infraestructura. Desde hace años se han creado diversas entidades para trabajar en forma conjunta en la zona, el Consorcio Intermunicipal de Frontera y el Proyecto de Fronteras Cooperativas.

Desarrollo

Ubicada en el punto más oriental del país, Bernardo de Irigoyen limita con dos municipios de distintos estados de Brasil, Barracão y Dionísio Cerqueira. A simple vista parece una sola ciudad o un gran barrio, donde los vecinos pasan inadvertidos para realizar sus actividades o las compras diarias; en un contexto de frontera seca, las prácticas, los hábitos, las costumbres, y la lengua se hacen porosos y difíciles de distinguir entre una ciudad y otra.

Bernardo de Irigoyen se encuentra en el Departamento General Manuel Belgrano, y tiene una superficie es de 3.466 kilómetros cuadrados. Es muy particular por ser el punto más extremo oriental de la Argentina, ya que se encuentra a los 53° 38' de longitud Oeste. Se halla a 846 metros de altura sobre el nivel del mar, produciéndose un microclima que lo diferencia del resto de Misiones, por sus temperaturas inferiores.

La integración como forma de vida se materializa en el Parque Turístico Ambiental de Integración entre las tres localidades, se extiende a lo largo de casi tres kilómetros lineales, integrando Brasil y Argentina e involucrando a varios municipios más de la región. Las obras comprenden espacios de recreación y plazoletas que integran las localidades a las que alcanzan físicamente. Entre las dos lagunas artificiales sobresale un camino -anteriormente denominado pique- por el cual se puede pasar caminando de un lado a otro.

Esta agrupación constituye un importante interlocutor para promover y defender los intereses locales en instancias gubernamentales nacionales e incluso internacionales donde se gestionan cuestiones concernientes a la frontera. Ejemplo de la importancia de los actores locales de la frontera Brasil-Argentina en el marco de la cooperación transfronteriza, el CIF actúa sobre un territorio de 750 km², que es el área total de sus respectivos miembros.

En este marco se desarrolla desde el año 2016 el Proyecto Fronteras Cooperativas que abarca las ciudades que integran el Consorcio Intermunicipal de Frontera (Barracão, Dionísio Cerqueira y Bom Jesus do Sul de Brasil y Bernardo de Irigoyen de Argentina), pretende determinar lineamientos y generar proyectos de adecuación para la integración interurbana, propuestas de Intervención urbana y de equipamientos arquitectónicos, desarrollados por alumnos de las carreras de Arquitectura e Ingeniería de Argentina y Brasil.

La integración urbana intermunicipal

Los municipios promueven en este contexto distintos proyectos conjuntos donde podemos destacar tres de mayor relevancia urbana y ambiental.

Proyecto de Reciclaje Integrado de Residuos. La ausencia de recogida selectiva y desorganización de los recolectores, llevó al CIF a desarrollar un programa para organizar las asociaciones de recolectores, recolección colectiva, con el fin de optimizar costos y asegurar un mejor mantenimiento de residuos en los municipios.

Implementación del Sistema de Saneamiento Básico. Con la inexistente red de alcantarillado sanitario y la red integrada de distribución de agua Brasil - Argentina, CIF desarrolló el proyecto para implementar un sistema de saneamiento básico en los municipios, asegurando la preservación ambiental, la integración del sistema y el mejoramiento de la calidad de la salud pública.



Diseño Urbano Integrado. La iniciativa, ‘Paisaje, Espacio Público y Arquitectura para la Integración Transfronteriza’, (Fulco C. Berent, M.R. Guerra, V. 2019) busca fortalecer el proceso de integración iniciado por el “Parque Turístico Ambiental de Integración”, en la zona de la Frontera Seca argentino-brasileña compartida por los municipios brasileños de Dionísio Cerqueira, Barracão, Bom Jesus do Sul y el argentino de Bernardo de Irigoyen, con el objetivo de consolidar un ‘sistema binacional de ciudades’ que profundice el camino de actuar local y regionalmente, planificando en conjunto con los actores locales. La misma, constituye un programa que está compuesto por proyectos integrados en tres escalas de intervención: ‘la arquitectura en la construcción del paisaje urbano’; ‘el espacio público y la cuestión urbana en un contexto de frontera’ y ‘el paisaje como factor de fortalecimiento de las identidades locales’. El mismo, fue realizado por más de 100 alumnos de las carreras de Arquitectura e Ingeniería de la Faculdade Mater Dei (Pato Branco, Brasil) y de las Universidades, Nacional del Nordeste (FAU-UNNE) y Católica de Santa Fe (FA-UCSF, Sede Santos Mártires, Posadas, Misiones) que, asistidos por los respectivos cuerpos docentes, trabajaron en forma conjunta con los municipios y con otros organismos nacionales y regionales de ambos países, con criterios de gestión del paisaje pensados como aporte a la mejora de la calidad urbana de las ciudades involucradas.

El ejemplo de la Gestión de Residuos la Frontera seca en Misiones

Así, el 11 de agosto de 2009 se constituyó la Asociación de Recicladores Fronterizos, una asociación para la recolección, reciclaje y comercialización de artefactos residuales, con un área de actividad en el municipio de Barracoo/PR, Bom Jesus do Sul/PR y Dionísio Cerqueira/SC.

Además, el CIF otorga a la asociación todo el apoyo necesario para la provisión de residuos reciclados en los municipios antes mencionados, cede a la asociación, 1 camión recolector por municipio, 1 conductor por municipio, el galpón para el tratamiento de materiales con equipo suficiente para realizar los servicios necesarios, como contraparte los asociados realizan la recogida de materiales reciclados, venden a terceros y el valor obtenido por esta venta se divide entre los asociados.

Cabe mencionar que actualmente son 12 asociados (10 de Dionísio Cerqueira/SC y 2 de Barracoo/PR) que desarrollan sus actividades laborales de lunes a sábado, y reciclar unas 18 toneladas al mes lo que produce alrededor de R\$ 14.000.00 (catorce mil reales), con la eliminación de residuos en la ciudad y en el interior de los municipios en días establecidos y anunciados en los medios de comunicación de todo el municipio. En términos económicos representa aproximadamente U\$ 2.700 o \$ 420.000 a mayo de 2021.

Además de lo anterior, la formación se lleva a cabo a los asociados cada año y se transmite a los EPI (equipos de protección personal) para que puedan desarrollar con seguridad el trabajo muy importante desarrollado para las tres fronteras.

Retos y Perspectivas

La coyuntura actual en principio, encabezada por la distopia de la pandemia, acelero sustantivamente los procesos en la gestión de residuos sólidos y las posibilidades para desarrollar una economía circular en los estados y principales ciudades de la región.

En función de las dificultades para la aplicación de la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y por ende de la economía circular, los Objetivos de Desarrollo Sustentable y la Nueva Agenda Urbana ofrecen un marco de colaboración institucional único para superar las dificultades locales y las limitaciones políticas para enfrentar con acciones conjuntas proyectos transfronterizos que permitan avanzar en gran desafío del reciclaje a gran escala y de la nueva economía circular.

Bibliografía y Fuentes de Información

- BERENT Mario R. VALENZUELA María V. PREZ Gerardo. BENNATO Aníbal. HORÑACHEK Geraldine. REBAK Alejandra. (2018) "Proyecto Fronteras Cooperativas", Revista ADNea 6. ISSN 2347-064X
- BERENT, Mario R. 2018. "Políticas Públicas para la Gestión de Residuos en Ciudades Intermedias" Pg. 734 – 740. Capítulo 4. legislación y regulación de políticas públicas. libro de trabajos técnicos orales – Memorias XXXVI Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. ISBN 978-85-93571-05-3
- BERENT, Mario & VALENZUELA, María & BENNATO, Aníbal & PREZ, Gerardo. (2017). TALLER URBANO REGIONAL 2013-2016 Arquitectura 5 UPC. REGION Y CIUDAD COMO CONTEXTO DE INTEGRACION DEL HABITAT. ISSN: 1666- 4035.
- BERENT, M.R. VEDOYA D.E 2006. Modelo de gestión ambiental de residuos sólidos urbanos. CCT
- BERENT, M.R. 2004. Mejoramiento en la gestión de residuos sólidos urbanos en pequeñas ciudades del NEA. El caso de Leandro N. Alem, Misiones. Cuaderno Urbano 4:43/74
- FULCO, Carlos & BERENT, Mario & GUERRA, Vitor. (2019). Paisaje, espacio público y arquitectura para la integración transfronteriza: municipios de Dionísio Cerqueira, Barracão y Bom Jesus Do Sul (Brasil) y Bernardo de Irigoyen (Argentina). EEIP.
- FULCO, Carlos & BERENT, Mario & GUERRA, Vitor & STEIN, Gabriela & GIMENEZ, Diego & MARTINS, Bruno. (2018). Paisaje, Espacio Público y Arquitectura para la integración Transfronteriza. VLC 2018.
- HORÑACHEK, Geraldine & BERENT, Mario & ROIBON, Maria. (2016). Aportes a la Gestión Ambiental de Ciudades desde la Teoría de la Acupuntura Urbana. ISSN: 1666-4035.
- HENRIQUE, Luiz. Diretor Ejecutivo – CIF (2020) Entrevista personal.

RELEVAMIENTO DE EJEMPLOS INTERNACIONALES Y NACIONALES, Y APLICACIÓN HIPOTÉTICA DE MADERA CONTRALAMINADA CRUZADA EN EDIFICIO DE LA REGIÓN NORDESTE ARGENTINA

María Sol Gasparini, Claudia Pilar y Daniel Vedoya

Artículo publicado en

Comunicaciones Científicas y Tecnológicas Anuales 2021.

29 y 30 de octubre de 2021. Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU).

Universidad Nacional del Nordeste (UNNE). Pp. 115 – 128.

ISSN 1666-4035 e ISSN 2314-114X.

Resumen

Con el objetivo de verificar la factibilidad de aplicación de la madera laminada cruzada (CLT por sus siglas en inglés - Cross Laminated Timber) en la Región Nordeste Argentina (NEA) se realizó un relevamiento de algunos ejemplos internacionales equivalentes a distintos programas arquitectónicos utilizando al CLT como material principal. Y para verificar sus posibilidades de aplicación constructiva se reformuló un anteproyecto de edificio de la ciudad de Corrientes, realizado por la autora junto a un grupo de trabajo, y originalmente proyectado en construcción tradicional, adecuándolo a la tecnología CLT.

Palabras Clave: CLT, construcción sostenible, prefabricado.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Diagnosticar la factibilidad de utilización del CLT en la región NEA, especialmente en la provincia de Corrientes, analizando su aplicabilidad en la construcción de diversos programas arquitectónicos.

Objetivos Particulares

- Relevar ejemplos a nivel internacional, nacional y regional del material CLT y su aplicación.
- Reformular un proyecto de edificio tradicional mediante la tecnología CLT.
- Realizar una comparación integral (sustentabilidad ambiental, economía, tiempos de producción y montaje, etc.) de sistemas constructivos tradicionales y en relación a construcción en madera de CLT.

INTRODUCCIÓN

La construcción en madera en la región NEA, así como también en el país, debe ser implementada en mayor medida debido a una multiplicidad de aspectos que serán detallados en este informe.

“La madera es históricamente uno de los materiales más utilizados por el hombre. Actualmente, en la mayoría de los países desarrollados su uso como material estructural alcanza a más del 90% de la construcción habitacional de 1 a 4 pisos”. (Fritz Durán, 2003, p. 13)

Pero esto no sucede en los países latinoamericanos, como en Argentina, donde el desconocimiento de este material y del sistema constructivo CLT implica un desaprovechamiento del mismo. Se considera que resultaría factible y beneficioso la introducción de este sistema de paneles de madera en la industria de la construcción regional a partir de las ventajas ambientales provistas en un contexto de crisis climática mundial. Y aún más importante debido a que se dispone de los recursos forestales necesarios para el desarrollo de dicha industria.

Actualmente se observa la presencia de una variedad de innovadores sistemas constructivos de madera y sus derivados, ingresando así en el mercado de la construcción que solo va en continuo crecimiento.

Una técnica en madera popularizada en Europa y que ha sido implementada en otros países debido a sus numerosos beneficios es la Madera Contralaminada o Madera Laminada Cruzada (Cross Laminated Timber – CLT o TCL). Perteneciente al grupo de los paneles de madera sólida –o mass timber-, este sistema de reciente desarrollo, surgió por primera vez en Austria y Alemania a mediados de los '90 y en el 2000 comenzó a extenderse por Europa. “Actualmente, este material es uno de los productos derivados de la madera más emblemáticos para la construcción de edificios de mediana altura en países desarrollados como Canadá, Nueva Zelanda, EE. UU y en la Comunidad Europea” (González, 2014, p. 8). En dichos países, la tecnología del CLT ha sido investigada y respaldada científicamente. Además, se manifestó un creciente número de edificios creados con paneles de este material, demostrando evidencia internacional de su efectividad como sistema en la construcción.

¿Qué es el CLT?

La Asociación de Investigación de las Industrias de la Madera (AITIM) define al CLT como un tablero estructural formado por al menos 3 capas de tablas de madera de coníferas encoladas generalmente sólo en sus caras, y en algunas ocasiones también por sus cantos, de forma que las tablas de capas sucesivas sean perpendiculares entre sí, excepto en casos particulares con capas dobladas.

Los tableros monocapa con un encolado superpuesto y entrecruzado transforman las características anisótropas de la madera en un material con un comportamiento casi isotrópico, permitiendo una distribución de la carga en las dos direcciones ortogonales, lo que, hasta ahora, estaba reservado a las construcciones con hormigón armado. Además, se reducen a un mínimo irrelevante los grados de contracción y dilatación de la madera.

Los paneles pueden funcionar como paredes, pisos, muebles, revestimientos y techos, y su longitud y grosor se adaptan a las demandas de cada proyecto.

DESARROLLO

El sistema de paneles CLT está siendo aplicado mayormente en los países desarrollados, demostrando sus altas prestaciones y funcionalidad. Es un sistema en continuo crecimiento, popularizado en Europa, que se extendió luego en América del Norte y que actualmente se introduce en Latinoamérica. Se han realizado distintas construcciones, adaptándose el mismo a variados programas arquitectónicos.

Obras internacionales en CLT

1. EDIFICIO STADTHAUS

Edificio de apartamentos

Londres – Inglaterra. Año: 2009

Diseño y producción: Waugh Thistleton, Techniker y KLH

Stadthaus es el primer edificio de vivienda de alta densidad construido con paneles prefabricados de madera laminada cruzada, muros y losas, pero también escaleras y ascensores. Stadthaus, con nueve pisos que alcanzan 30 metros de altura y con 29 apartamentos se puede considerar uno de los edificios enteramente de madera más altos del mundo (Ver Figuras 1, 2 y 3).

El edificio está pensado con criterios ambientales, la madera guarda 0,8 toneladas de carbono dentro de 1 metro cúbico y es un material reutilizable. Los paneles, pueden además ser desmontados fácilmente y usados como fuente de energía al final de la vida útil del edificio, y la madera de desperdicio al fabricar los paneles, es convertida en combustible para suministrar energía a la fábrica y al pueblo local. Se ha utilizado en todo el edificio 901 m³ de madera, almacenando más de 186.000 kg de carbono. El estimado dióxido de carbono producido en la generación de energía necesaria para la construcción del edificio, incluyendo el transporte de los paneles de madera desde Austria, es aproximadamente de 10.000 kg de carbón por año. Esto ha sido totalmente compensado por el ahorro de carbono del edificio por unos 21 años.

Cuando los paneles llegaban eran colocados en posición y fijados en su sitio. Cuatro carpinteros montaron las 8 plantas de la estructura en 27 días, y el edificio se completó en 49 semanas. Se calculó un ahorro de 5 meses sobre una construcción de hormigón y fue terminado antes de lo programado. Cada panel es prefabricado incluyendo los vanos para ventanas y puertas. Cualquier pared interna puede hacerse cargo de tomar cargas y liberar a otros muros para agrandar las superficies o aberturas.



Figuras 1, 2 y 3. Edificio Stadthaus. Fuente: Pryce Will, 2009.

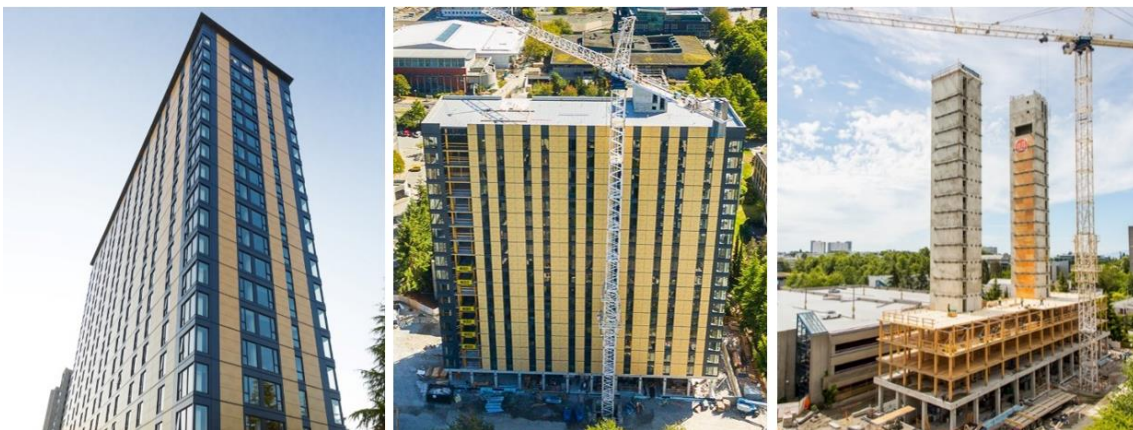
2. TALLWOOD HOUSE

Edificio de residencia de estudiantes

Vancouver – Canadá. Año: 2017

Diseño y producción: Acton Ostry Architects Inc. y Structurlam

Brock Commons Tallwood House, el edificio de residencia de estudiantes en la Universidad de Columbia Británica (UBC) ahora ocupa una posición como el edificio con estructura de madera más alto del mundo, con una altura de 53 m y 18 pisos. El edificio utiliza un modelo de construcción híbrido, con núcleos de hormigón y elementos de acero prefabricados que ayudan a la estructura de madera. La estabilidad lateral y vertical se da mediante la combinación de estos elementos (Ver Figuras 4, 5 y 6). El edificio se completó en tan solo 70 días después de que los componentes prefabricados estuvieran listos para el ensamblaje, considerablemente más corto que el tiempo que habría tomado completar un edificio de concreto del mismo tamaño.



Figuras 4, 5 y 6. Tallwood House. Fuente: Brudder.

3. EDIFICIO MJØSTÅRNET – LA TORRE DEL LAGO

Edificio de apartamentos

Brumunddal – Noruega. Año: 2019

Diseño y producción: Voll Arkitekter, Moelven Limtre y Sweco

El equipo se unió para construir un edificio de 18 pisos entre 80 y 90 m de altura en Brumunddal. El resultado es el edificio de madera más alto del mundo según el Council on Tall Buildings. Las áreas circundantes de Brumunddal son famosas por su industria forestal. Mjøstårnet se fabrica con unos 3500 m³ de madera, y no es el modelo de un edificio alto de madera, sino un contribuyente a un mayor desarrollo sostenible. Desde el punto de vista sostenible, se muestra que es posible construir edificios de madera, grandes y complejos y, de esa manera, inspirar a otros a hacer lo mismo. (Ver Figuras 7, 8 y 9).



Figuras 7, 8 y 9. Edificio Mjøstårnet. Fuente: Ricardo Foto y Øystein Elgsaas, 2020.

4. EDIFICIO THE TREET

Edificio de apartamentos de lujo

Bergen – Noruega. Año: 2016

Diseño y producción: Bergen and Omegn Building Society (BOB)

Bloque de apartamentos de 49 metros de altura. La estructura comprende una mezcla de CLT y madera laminada (Glulam), y se encuentra construido en concreto en la planta baja (Ver Figuras 10, 11 y 12).

El concepto implica que los módulos se apilan de 4 pisos de altura, con dos plataformas que se anclan a la estructura de Glulam. Estas están soportadas y reforzadas por vigas de celosía de Glulam de 3 metros de altura. Otros cuatro pisos de módulos se apilan en la parte superior de cada plataforma. Son 62 departamentos distribuidos en 14 pisos. Para escaleras, paneles de ascensores, balcones y algunas paredes interiores se utilizó CLT, sin embargo desde el punto de vista estructural se prefirió el Glulam. En ese sentido, se estima que gracias al uso de este material se pueden llegar a evitar que 18.000 toneladas de Dióxido de Carbono (CO₂) sean emitidas.



Figuras 10, 11 y 12. Edificio The Treet. Fuente: Sanite, 2017.

Obras latinoamericanas en CLT

5. CASA MINIMOD

Casa

Catuçaba – Brasil. Año: 2015

Diseño: MAPA

MINIMOD es una exploración proyectual, tecnológica y experiencial. Basado en una lógica sistémica de módulos combinables customizables, permite la elección y composición de los módulos que mejor se adapten a cada paisaje y usuario, así como ofrece la opción de escoger terminaciones exteriores. MINIMOD pretende ser una alternativa a la construcción tradicional, incorporando todas las ventajas de la industria: mayor precisión, mayor rapidez, menor cantidad de generación de desperdicios y, sobre todo una mayor responsabilidad ambiental. Su tecnología CLT consiste en un sistema industrializado, durable y sustentable de paneles sólidos de madera reforestada tratada. Conjuga así la eficiencia del producto industrializado, la sustentabilidad de las nuevas tecnologías y la sensibilidad del material natural por excelencia. Esto se puede observar en la (Ver Figuras 13, 14 y 15).



Figuras 13, 14 y 15. Casa MINIMOD. Fuente: Leonardo Finotti, Fazenda Catuçaba.

6. POSADA DE MADERA

Hotel

José Ignacio – Uruguay. Año: 2018

Diseño: Enkel Group

Edificio de tres niveles con estructura de madera CLT para la cadena hotelera internacional VIK, en José Ignacio, uno de los balnearios más exclusivos (ver Figuras 16, 17 y 18). El hotel alcanza aproximadamente 1.800 m², utilizó 504 metros cúbicos de madera y captó 580 toneladas de CO₂. “Esta construcción en madera tiene muchas ventajas ambientales, pero también de industrialización y de procesos constructivos, como la rapidez y el control de calidad. Es un sistema favorable por donde se lo mire, por su calidad, el nivel económico, por asuntos ecológicos y por un tema de tiempos”, indicó Gutiérrez. El director técnico del grupo, indicó que Vik, su cliente, quería construir esta obra con una estructura de madera y tenían muy corto plazo de ejecución.



Figuras 16, 17 y 18. Hotel de madera para cadena hotelera VIK. Fuente: EFE / Federico Anfitti.

7. OFICINA CORPORATIVA

Oficina corporativa empresa SITSA

Villa María, Córdoba – Argentina. Año: 2020

Diseño: Kaiasul Wood

La oficina corporativa de la empresa SITSA (Grupo Fonte) en Villa María, Córdoba, es la primera construcción en madera en Argentina con esta modalidad, construida a base de CLT y vigas laminadas. La oficina tiene una superficie de 204 metros cuadrados (Ver Figuras 19, 20 y 21). Se abastece de energía con paneles fotovoltaicos y cuenta con cargador para autos eléctricos. Alejandro Leyton, quien es titular de la empresa que realizó la obra, Kaiasul Wood, sostuvo que no son difíciles “el montaje, la aplicación y el diseño en CLT”, aunque sí “el desarrollo de las placas de CLT es complicado, porque requiere estudios, requiere analizar las maderas y muchas otras condiciones”.



Figuras 19, 20 y 21. Oficina de la empresa SITSA. Fuente: Kaiasul Wood.

Reformulación de edificio de mediana altura a partir de la tecnología CLT

A continuación, se presenta como caso de estudio un ejemplo de vivienda agrupada de mediana altura de características tipológicas habituales de la región NEA, proyectado para su implantación en la ciudad de Corrientes, Argentina. El mismo se trata de un anteproyecto realizado por la autora del presente artículo, junto a Galizzi Florencia y Romero Bruno Valeria, en el marco de la asignatura Arquitectura IV UPC – Universidad Nacional del Nordeste, en el año lectivo 2019. El edificio posee una serie de departamentos y espacios comunes como son los amenities, y ha sido proyectado en hormigón armado, vidrio DVH EKOGLASS para los paneles de vidrio y aberturas, y se utilizó la madera como parte de la envolvente del edificio y para los parasoles móviles de los departamentos. Además, se integraron terrazas verdes que forman parte de la propuesta bioclimática del edificio, como puede observarse en las Figuras 22 y 23.

Se calcula, para el edificio proyectado en hormigón armado, un tiempo de obra en torno a los 2 años y medio o 3 años. En el caso de la construcción de una vivienda de hormigón se necesita de aproximadamente 12 meses para su completa construcción. Cuando se construye con este sistema constructivo se observa el peso de los factores climáticos que pueden atrasar días e incluso semanas la construcción. Así como también se deben tener en cuenta los tiempos de fraguado y curado, ya que el hormigón fresco tarda alrededor de 28 días para alcanzar la resistencia estándar.

Con respecto al material predominante del edificio, el hormigón armado, es importante resaltar que la cantidad de hormigón que se produce anualmente es la responsable del 8% de la cantidad de CO₂ que hay en la atmósfera. En primer lugar, se encuentran las emisiones de CO₂ generadas en la producción del hormigón. En torno a un 55% de las emisiones de CO₂ en la producción se originan en la conversión de caliza en cal y alrededor del 40% de las emisiones son el resultado de los procesos de combustión necesarios para producir energía térmica requerida. La producción de cemento produce 870 kg de dióxido de carbono. Esto es unos 237 kg de carbono por tonelada de material utilizado. Adicionalmente, la producción de acero produce 1750 kg de dióxido de carbono, que se traduce en 477 kg de carbono por tonelada de material utilizado. Otra de las maneras en las que contamina el hormigón sucede en la ejecución de las obras. Uno de los problemas mayores es el vertido de aguas que se utilizan en el lavado del hormigón. Esto implica vertido de partículas y químicos que se depositan directamente

a ríos y mares. Otro problema es la arena ya que la cantidad de arena es finita, y se extrae de manera indiscriminada, incluso del fondo del mar usando dragas. Además, el hormigón es responsable del 9% de las extracciones de agua industrial mundialmente. Y, si tenemos en cuenta el ciclo de vida del material, a finalizar su vida útil los componentes de hormigón deberán pasar por un proceso de demolición generando una enorme cantidad de residuos sin posibilidad de reutilización, contaminando así el ambiente.



Figuras 22 y 23. Imágenes del anteproyecto de edificio realizado por la autora junto a las alumnas Galizzi Florencia y Romero Bruno Valeria para la Cátedra de Arquitectura IV UPC de la UNNE. Fuente: elaboración propia.

Aplicación del sistema CLT en el caso de estudio

Para la aplicación del CLT en un edificio se realizó la reformulación del edificio del ejemplo presentado con el sistema constructivo de madera laminada cruzada. El edificio tiene una superficie aproximada de 7.000 m². Solo se mantuvieron del ejemplo anterior las columnas de hormigón armado de gran tamaño que forman las terrazas jardines y el sector inferior derecho de la planta baja. Mientras que las demás paredes portantes y divisorias, que forman todo el edificio así como el núcleo vertical, fueron proyectadas de madera laminada cruzada, permitiendo formar plantas flexibles con locales amplios (Ver Figuras 24, 25 y 26). Esta combinación entre materiales, como ser el CLT con el hormigón armado, solo fue posible por la propiedad de este sistema de madera que permite acoplarse a otros sistemas constructivos, tradicionales o no, de manera óptima. Este sistema permite la máxima libertad arquitectónica, con diseños que generan formas y aberturas muy precisas, y componentes delgados, lo que permite ganar espacio. No solo pueden producirse muros y losas, si no que también escaleras y núcleos de ascensores de esta madera. Además es un sistema compatible con sistemas de

construcción convencionales o no. También, “las potencialidades tipológicas de edificios de mediana altura en madera y sus variantes, pueden llegar a conformar modelos replicables, que posibilitarían la construcción masiva de soluciones habitacionales.” (González, 2014, p. 56).

Para el edificio proyectado en el sistema CLT se calcula la mitad o un tercio de tiempo que las obras tradicionales, con una duración de obra aproximada de un año y medio, 15 a 18 meses, debido a su altura con 18 pisos (Ver Figuras 28, 29, 30, 31, 32 y 33). Esto se refiere a todo el proceso constructivo, terminaciones y detalles, pero si solo se considera el montaje del edificio con los paneles, el mismo puede realizarse a una velocidad de montaje de una planta cada 3 días. En el caso de tener viviendas prefabricadas solo se necesita de 4-6 meses (aunque esto dependerá del tipo de empresa y tipo de vivienda, superficie, acabados elegidos, etc.). Los materiales de construcción en seco nos brindan la posibilidad de efectuar montajes en plazos más cortos, dado que se prescinde de los tiempos de fragüe de los materiales húmedos y tampoco se depende de factores climáticos en la mayoría del proceso ya que la producción de los componentes se realizan en fábricas.

El precio del CLT es muy variable, dependiendo de la empresa y del proyecto. Según Del Prim Gracia Iñaki (2021), se estima entre 1000 y 1100 EUR el m³ para paneles de 100 o 120 mm de espesor. Esto significa que el metro cuadrado del material ronda los 90 y 110 EUR. Si se compara coste de material del CLT frente a un pórtico de hormigón es más caro. Si se tiene en cuenta que el CLT no es solo estructura, sino que también es cerramiento, e incorpora hermeticidad, aporta aislamiento, tendríamos que empezar a comparar CLT con estructura de hormigón, cerramiento de ladrillo, yeso para la hermeticidad, y algo más, entonces los precios se empiezan a equiparar. Si la comparación es global teniendo en cuenta puesta en obra, medios auxiliares, tiempos y plazos, residuos, el CLT gana.



Figuras 24, 25 y 26. Plantas del edificio del anteproyecto reformulado en CLT. Fuente: elaboración propia.

Con respecto al impacto ambiental que produce el edificio es importante considerar que la madera es el único material que reúne la condición de renovable y reciclable. La madera absorbe carbono durante toda su vida natural y continúa almacenando ese carbono una vez cortada, guardando 0,8 toneladas de carbono dentro de 1 metro cúbico. Por lo cual se trata de la alternativa constructiva con la más baja huella de carbono. También se produce baja cantidad de CO₂ durante el proceso de producción del CLT y durante la construcción con dicho material, y el proceso es mucho más limpio

sin dejar residuos. Además se presenta la opción de aumentar el ciclo de vida del producto brindando una nueva función al producto de madera utilizado, lo que la mayoría de los materiales no permiten. Dicha opción es posible partir de la reutilización, donde los paneles se encuentran en un buen estado para seguir funcionando. Esto evitaría la demolición del edificio que genera residuos. Otra opción es la del reciclaje, donde los paneles pueden ser procesados al punto de descomponerse en fragmentos formando así tableros. O, aquellas virutas o serrín, así como también los cortes sobrantes en los aserraderos, pueden servir para la obtención de energía por biomasa. Con respecto a esto último, la región tiene lo necesario para que esta industria se potencie al máximo, Corrientes cuenta con la mayor planta de energía a partir de biomasa forestal del país, ubicada en Virasoro. La central térmica es la primera planta de producción de energía renovable a partir de biomasa forestal que aportará al sistema eléctrico. Además, la provincia cuenta con otra Planta de Biomasa ubicada dentro del Parque Foresto-Industrial de Santa Rosa.

Para la selección de las capas que forman parte del panel exterior de CLT, considerado como cerramiento principal del edificio, se tuvo en cuenta que la madera CLT prácticamente cumple con las funciones que debe aportar un cerramiento, por lo cual solo se agregaron capas de materiales que se consideraron como un aporte mayor hacia una eficiencia ambiental y estética. El panel está compuesto por 5 capas de tableros de madera con las capas perpendiculares a la dirección longitudinal del tablero intercaladas con las capas paralelas a la dirección longitudinal del tablero. Dicho conjunto de tableros forma un espesor total de 20 cm. El panel cumple función estructural, aislante térmica y acústica, y como terminación exterior. Además, para un aumento de la aislación térmica del cerramiento se propuso una capa de lana de vidrio, y como terminación interior del edificio se propuso una placa de roca de yeso para los respectivos departamentos y espacios comunes, como puede observarse en la Figura 27.

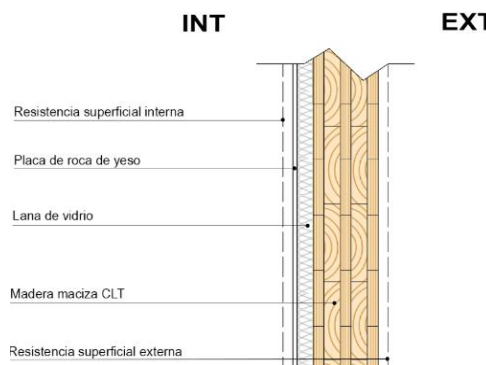


Figura 27. Detalle del cerramiento exterior del proyecto reformulado en CLT. Fuente: elaboración propia.

Dicho cerramiento cumple con la Norma IRAM 11.605 con un nivel de Transmitancia térmica de 0,34 cumpliendo entonces con el Nivel A de confort, que es aquel recomendado y ecológico, garantizando condiciones ambientales de bienestar, con un razonable consumo energético para climatización para la Zona Bioambiental Ib (ver tabla 1). También cumple con las Normas IRAM 11.625 evitando la aparición de

fenómenos de condensación intersticiales (ver tabla 2) y superficiales del vapor de agua (ver tabla 3).

CÁLCULO COEFICIENTE DE TRANSMITANCIA TÉRMICA- Norma IRAM 11.605			
PANEL EXTERIOR DE MADERA CLT			
Zona BIOAMBIENTAL: Ib			
Época del año: VER-INV	Sentido flujo de calor: Horizontal		
CAPAS CONSTITUTIVAS	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/m.k)	Resistencia térmica (e/λ)
Resistencia superficial interna			0,13
Placa de roca de yeso	0,013	0,37	0,04
Lana de vidrio	0,05	0,042	1,2
Madera maciza CLT	0,2	0,13	1,54
Resistencia superficial externa			0,04
TOTAL	0,263		2,95
Transmitancia térmica del componente (W/m2 . K)	0,34		
Transmitancia térmica de acuerdo a la Norma IRAM 11.605 (W/m2 . K)			
VERANO	0,34 < 0,45 Cumple con el Nivel A		
INVIERNO	0,34 < 0,38 Cumple con el Nivel A		

Tabla 1. Cálculo de coeficiente de transmitancia térmica. Elaboración propia en base a Norma IRAM 11.605.

CAPA	e	λ	R	T	δ	Rv	HR	Pv	TR	ΔT
UNIDAD	m	W/mk	mk/W	°C	g/mhkPa	M²hPa/g	%	Kpa	°C	°C
AIRE INTERIOR				18			70	1,42	12	6
1. Resistencia superficial interna			0,13	17,22				1,42	12	5,22
2. Placa de roca de yeso	0,013	0,37	0,04	16,98	0,05	0,26		0,79	3	13,98
3. Lana de vidrio	0,05	0,042	1,2	9,74	0,5	0,1		0,55	-1	10,74
4. Madera maciza CLT	0,2	0,13	1,54	0,45	50	0,004		0,55	-1	1,45
5. Resistencia superficial externa			0,04					0,55	-1	1,2
AIRE EXTERIOR (Corrientes)				0,2			90	0,55	-1	1,2
TOTAL	0,263		2,95	17,8		0,36		0,87		

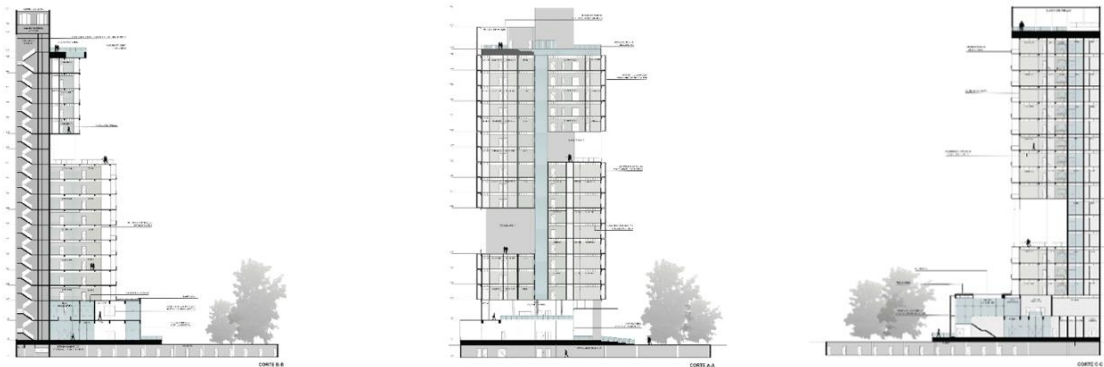
Tabla 2. Cálculo de Riesgo de Condensaciones Intersticiales. Elaboración propia en base a Norma IRAM 11.625.

τ	θ	T Rocío	ΔT
1,03	16,97	12	4,97

$$\Delta T > 0 \text{ B.C}$$

No existen Riesgos de Condensaciones Superficiales

Tabla 3. Cálculo de Riesgo de Condensaciones Superficiales. Elaboración propia en base a Norma IRAM 11.625.



Figuras 28, 29 y 30. Cortes del proyecto reformulado en CLT. Fuente: elaboración propia.



Figuras 31, 32 y 33. Vistas del proyecto reformulado en CLT. Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

“El mundo no puede evolucionar más allá de su actual situación de crisis utilizando el mismo pensamiento que creó esta situación.”

Albert Einstein.

Actualmente el planeta se encuentra en una crisis ambiental sin precedentes. El mundo se enfrenta a una triple emergencia ambiental ligada al cambio climático, la contaminación y la pérdida de la biodiversidad. Y, según advierte Naciones Unidas, estas crisis suponen una seria amenaza para la humanidad. Por este motivo hay que comenzar a reevaluar la forma de nuestras acciones. Y una de esas acciones a partir de la cual se libera dióxido de carbono a la atmósfera y residuos al ambiente es la construcción. Aun así la construcción es necesaria porque el ser humano necesita de un techo en el cual habitar, que cumpla con las condiciones necesarias de confort y habitabilidad. Pero, tal vez, las formas en que se viene construyendo no son las mejores para el humano y mucho menos para el medio ambiente. Dicho esto, se propone repensar nuestras formas de diseño.

Se debe considerar a la madera como el material más antiguo utilizado por el hombre y al mismo tiempo el material del futuro. Posee características ambientales que lo posicionan como el material ecológico por excelencia: recurso renovable que no resulta contaminante para el ambiente, altamente reciclable, biodegradable y que durante su vida como árbol fija dióxido de carbono por lo que es considerado un “sumidero de CO₂”.

La región NEA posee el mayor volumen de madera de reforestación del país. En particular la Provincia de Corrientes posee el mayor volumen maderable, sin embargo, el nivel de industrialización es aún bajo. La introducción del sistema CLT en la región generaría un alto impacto económico activando la cadena de valor forestal y reactivando el mercado de la construcción. Pero esto no sería posible solo con la importación de este material, sino que debería producirse en la región. El recurso maderero existe, y en grandes cantidades. Resulta necesario elevar el nivel de industrialización de la madera, para lograr un desarrollo sustentable en lo económico, social y ambiental. Uno de los principales rasgos es que el CLT permitiría el uso integral del recurso forestal, reutilizando material que sería descartado en la tecnología de la madera maciza, lo cual significa un rasgo de sustentabilidad inspirado en la naturaleza, en la cual no existe el residuo y la materia se usa con total eficiencia.

CITAS Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Asociación de Investigación de las Industrias de la Madera (AITIM).

Brudder. Brock Commons Tallwood House. Recuperado de:
<https://www.naturallywood.com/project/brock-commons-tallwood-house/>

Del Prim Gracia, I. (2021). Charla informativa: Diseño de estructuras en madera: casos de proyectos sostenibles en España. Eligemadera.

EFE / Anfitti, F. (2019). Un hotel de madera en Uruguay busca ser ejemplo en Sudamérica. Recuperado de:
<https://obras.expansion.mx/arquitectura/2019/10/01/un-hotel-de-madera-en-uruguay-busca-ser-ejemplo-en-sudamerica>

Fritz Durán, A. (2003). Manual de construcción de viviendas en madera. Corporación chilena de la madera (CORMA).

Finotti, L. y Fazenda Catuçaba. (2020). MINIMOD Catuçaba / MAPA. Recuperado de:
<https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/802166/minimod-catucaba-mapa>

González, P. (2014). Sistema constructivo en madera contralaminada para edificios. CLT Chile.

Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM): Normas 11605, 11.625 y 11.630.

CLT Cross-Laminated Timber. Kaiasul WOOD.

- Pryce, W. (2009). Stadthaus, 24 Murray Grove - Waugh Thistleton Architects. Recuperado de: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-22097/stadthaus-24-murray-grove-waugh-thistleton-architects>
- Ricardo Foto y Øystein Elgsaas. (2020). Mjøstårnet La torre del lago Mjøsa / Voll Arkitekter. Recuperado de: <https://www.archdaily.com/934374/mjostarnet-the-tower-of-lake-mjosa-voll-arkitekter>
- Sanite. (2017). Treet: El Edificio en entramado de madera más alto del mundo. Recuperado de: <https://www.forestalmaderero.com/articulos/item/treet.html>

MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL DESDE LA PERSPECTIVA CIRCULAR DE LA MATERIA Y LA ENERGÍA

Claudia Pilar

Ponencia presentada en

26° Jornadas Argentinas de Ingeniería Estructural.

Desarrolladas en modalidad Virtual del 10 al 14 de mayo de 2021.

RESUMEN

La madera es considerada el material ecológico por excelencia. Las provincias de la Mesopotamia Argentina poseen la mayor superficie forestada del país, sin embargo, la madera se enfrenta a múltiples obstáculos para ser aceptada y usada de forma masiva en la construcción.

La construcción tradicional es habitualmente un proceso "lineal" (insustentable), en el que la materia y la energía van de la "cuna a la tumba". Los nuevos enfoques teóricos plantean la necesidad de diseñar un proceso "circular", en la búsqueda de un ciclo virtuoso de la "cuna a la cuna". En este paradigma la madera de reforestación aparece como un material privilegiado.

En el presente trabajo se realiza un diagnóstico del recurso forestal en la región, haciendo foco en la provincia de Corrientes. Se analiza de forma sistemática y multidimensional, las ventajas y obstáculos de la madera en la construcción. Se propone un mayor uso de este recurso para fortalecer la cadena foresto industrial y al mismo tiempo paliar el déficit habitacional.

ABSTRACT

Wood is considered the ecological material par excellence. The provinces of the Argentine Mesopotamia have the largest forested area in the country, however, wood faces multiple obstacles to be accepted and used massively in construction.

Traditional construction is usually a "linear" (unsustainable) process, in which matter and energy range from "cradle to grave". The new theoretical approaches raise the need to design a "circular" process, in the search for a virtuous cycle from "cradle to cradle". In this paradigm reforestation wood appears as a privileged material.

In this work, a diagnosis of forest recusal is carried out in the region, with a focus on the province of Corrientes. The advantages and obstacles of wood in construction are systematically and multidimensionally analyzed. It is proposed to make greater use of this resource to strengthen the industrial forest chain while alleviating the housing deficit.

INTRODUCCIÓN

En la Argentina el desconocimiento o el mal uso de la madera en la construcción ha dejado importantes secuelas, que se traducen en un bajo uso del material, a pesar de que Argentina y en especial la región Mesopotámica, posee abundante recurso forestal, provenientes de bosques implantados. En contraposición, en muchos países del mundo la madera es el material habitual con el que se construye gran parte de las viviendas. Alemania, Reino Unido, Canadá, Francia, Rusia y Japón han incentivado el uso de la madera para la construcción. En algunos de estos países el parque de viviendas de madera va desde el 45 al 80%ⁱ.

En los países desarrollados y con tradición forestal, la madera altamente tecnificada es considerada un material básico en la industria de la construcciónⁱⁱ.

En el presente trabajo se resaltan las prestaciones ambientales que hacen de la madera un material amigable con el ambiente. También se reconocen los obstáculos que frenan su desarrollo, en general referidos a cuestiones culturales.

Se analiza la existencia del recurso forestal como potencialidad y se contrasta con el déficit habitacional como deuda social aun no saldada. Se estudian casos de barrios de viviendas construidas en la región que demuestra que resulta factible el uso de la madera para paliar el déficit habitacional, fortalecer la cadena foresto industrial y tender a una construcción más sustentable. El área de estudio es la región Mesopotámica de la República Argentina (Corrientes, Misiones y Entre Ríos) con especial interés en Corrientes, dado que es una de las provincias en la que se asienta la Universidad Nacional del Nordeste, considerando que es un compromiso de la universidad colaborar desde la formación e investigación con el desarrollo sustentable del recurso foresto industrial.

DESARROLLO

El recurso forestal

La Región Mesopotámica (Corrientes, Misiones y Entre Ríos) a 2017 representaba el 78% por ciento de los bosques implantados a nivel nacional. En la Tabla 1 se sintetizan las superficies de bosques implantados por provincia o región (según el caso), señalando el porcentaje de incidencia sobre el total.

Provincia/ Región	Hectáreas de bosques implantados	%
Corrientes	473.983	36%
Misiones	405.824	31%
Entre Ríos	150.797	11%
Patagonia	110.775	8%
Buenos Aires	77.014	6%
Centro	52.926	4%
Noroeste	25.047	2%
Cuyo	8.015	1%
Resto	13.412	1%
Total País	1.317.793	100%

Tabla 1. Hectáreas de bosque implantados por provincia y región. Año 2017. Fuente: Reelaboración propia, en base a Subsecretaría de Programación Microeconómica (2019) ⁱⁱⁱ.

En la Figura 1 se observa un mapa en el cual se observa la distribución de las hectáreas implantadas en las provincias de la Mesopotamia y el delta del Paraná.

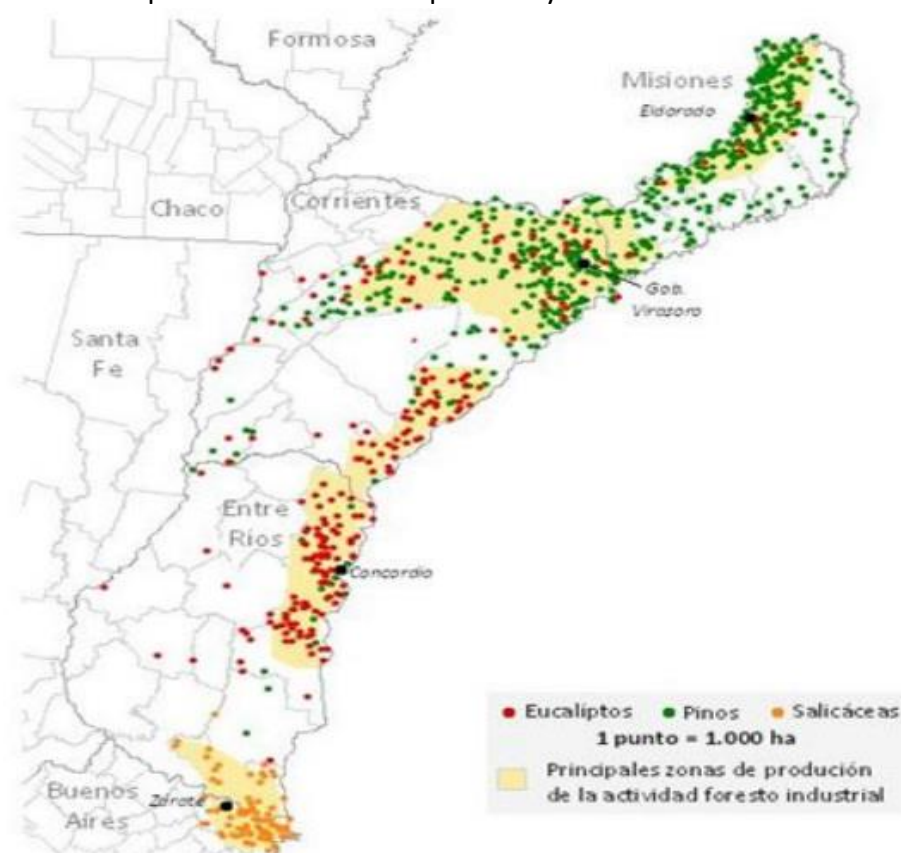


Figura 1: Distribución de las plantaciones en la Mesopotamia y Delta. Fuente: Subsecretaría de Programación Microeconómica. Secretaría de Políticas Económicas. Ministerio de Hacienda (2019)^{iv}.

De la construcción lineal a la circular

La construcción a nivel mundial consume el 36% de la energía y genera el 39% de las emisiones^v. Allí radica el interés por incorporar prácticas sustentables en la construcción, a partir de un mayor compromiso ambiental con fundamentos científicos.

Si bien la construcción tiene una finalidad muy valorable, como ser la de satisfacer las necesidades físicas, psicológicas y psicosociales de contar con un hábitat o cobijo, también es cierto que produce grandes impactos ambientales. Esta implicancia de la construcción en el ambiente ha sido recientemente asumida y pasada a un plano consciente por parte los distintos actores involucrados^{vi}.

En la construcción se incorpora materia y energía y se generan residuos, en sus distintos momentos, desde la extracción de la materia prima, su transformación, el transporte, la construcción, posteriormente la etapa de uso, su mantenimiento y el final de la vida útil. Al final de la vida útil no existe la preocupación y muchas veces no es factible, por cómo han sido planteados los procesos reciclar materia y energía. Por ello, la construcción es habitualmente un proceso “lineal” en el que la materia va de la “cuna a la tumba”, lo que resulta insustentable.

Este proceso se produce en un contexto específico, generando modificaciones del paisaje natural y cultural de carácter directo o indirecto, que afectan tanto al entorno próximo como al mediato. En síntesis, en todas las instancias se generan impactos locales y globales^{vii}.

El desarrollo sustentable de los edificios implica lograr la funcionalidad requerida, intentando minimizar los impactos ambientales negativos. Al mismo tiempo se propician mejoras en aspectos culturales, económicos y sociales a nivel local, regional y global^{viii}.

Los nuevos enfoques teóricos plantean la posibilidad diseñar un sistema integral de transformación y uso desde una perspectiva “circular”, intentando un ciclo virtuoso de la “cuna a la cuna”^{ix}.

En la Figura 2 a la izquierda se representa la construcción lineal (insustentable) y a la derecha posibilidad de tender a una construcción circular (sustentable) en la que la materia y la energía se ocupe de forma virtuosa, sin extinguir los recursos e incorporando los residuos de las etapas anteriores en nuevos ciclos de producción, por ejemplo, a partir de la generación de energía proveniente de la biomasa.

En este nuevo paradigma de la construcción circular, la madera, por su origen orgánico aparece como un material con altas potencialidades que resultan necesario desarrollar.

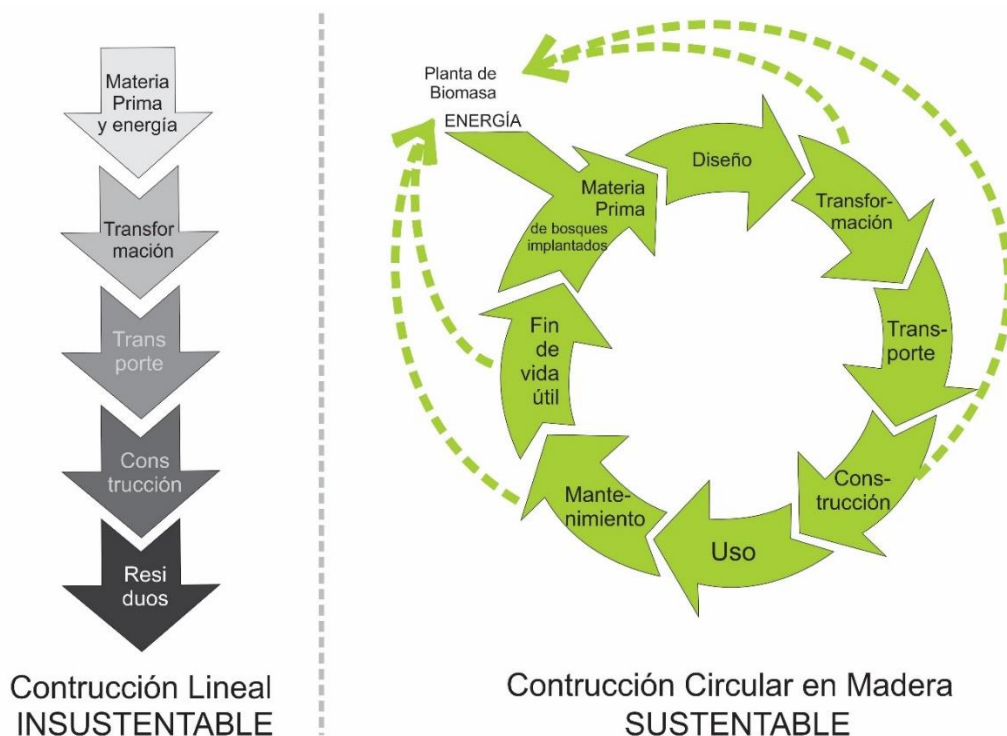


Figura 2: A la izquierda representación de la construcción lineal (insustentable) y a la derecha posibilidad de tener a una construcción circular (sustentable). Fuente: elaboración propia

Este nuevo paradigma significa el rediseño de todos los procesos involucrados, de acuerdo a los siguientes criterios (lista no taxativa) en cuanto a materia, energía y residuos para la construcción en general:

Materia

- Consumo mínimo de materiales.
- Uso de recursos de manera conveniente, sin superar el ritmo de renovación de los recursos renovables y sustituyendo progresivamente los no renovables.
- Prioridad al uso de materiales de bajo mantenimiento y larga vida útil.
- Uso de materiales reutilizados o reciclados
- Uso de materiales reutilizables o reciclables.
- Evitar el uso de materiales peligrosos para la salud humana.

Energía

- Minimizar el uso de energía.
- Optimizar el uso de la iluminación natural.
- Aislar térmicamente la envolvente de los edificios para evitar el uso de medios mecánicos de aclimatación.
- Diseño bioclimático pasivo.
- Uso de energías de origen renovable (solar térmica, solar fotovoltaica, eólica, geotérmica).
- Preferir el uso de electrodomésticos con uso eficiente de la energía.

Residuos

- Minimizar la producción de residuos sólidos, líquidos y gaseosos.
- Reutilizar materiales de demoliciones o de descarte (reciclados).
- Minimizar la producción de calor

En todos estos criterios la madera es un material con altas prestaciones y que en comparación con otros (como ser el hormigón o el acero) posee numerosas ventajas ambientales.

En cuanto a la **materia** la madera es:

- Un recurso renovable.
- De origen orgánico, natural, al final de su vida útil retorna a la naturaleza en un ciclo que va de la “Cuna a la Cuna”^x.
- Con un adecuado diseño requiere bajo mantenimiento y tiene una larga vida útil.
- Altamente reciclable.
- El predilecto de la arquitectura biológica sostenible^{xi} que pretende edificar espacios saludables, mejorando la calidad de vida del individuo, la familia y la sociedad.

En cuanto a la **energía**:

- Su extracción como materia prima y su transformación requiere de bajo consumo de energía.
- Por su baja conductividad térmica, las construcciones tienen una eficiencia energética.
- Otros criterios como la optimización de la iluminación natural, el diseño bioclimático pasivo, la aplicación de energías renovables o el uso de electrodomésticos eficientes, poseen alta factibilidad de concretarse, dependiendo del diseño y uso de la construcción.

En relación a los **residuos**:

- Genera bajos volúmenes de residuos de obra, los cortes son reutilizables y reciclables. Un diseño modular que optimice este aspecto significaría residuos prácticamente nulos.
- Los residuos pueden generar energía a partir de la biomasa.
- Durante su crecimiento almacena dióxido de carbono (CO₂), emite bajas cantidades de este gas durante su transformación y para su uso local, las emisiones por transporte serían casi nulas^{xii}. Por ello se lo considera un material carbono neutral.

En la Tabla 2 se compara el carbón emitido y el acumulado de distintos materiales de construcción, donde se observa las ventajas de la madera en este aspecto.

Material	Carbón emitido (Kg/m ³)	Carbón acumulado (Kg/m ³)
Madera	15	250
Hormigón	120	0
Acero	5.320	0

Tabla 2. Carbón emitido y acumulado en la manufactura de materiales de construcción. Fuente: Dirección Nacional de Desarrollo Foresto Industrial (2018)^{xiii}.

Sistemas constructivos en madera

Los principales sistemas con los cuales se construye en madera son los macizos y los entramados.

En la Tabla 3 se realiza una síntesis de la clasificación de los sistemas constructivos en madera.

Sistemas constructivos en madera	Macizos	Troncos maquinados o no.
		Bloques o ladrillos de madera, de distintas dimensiones, con mecanismos de encastre, que se clavan y sellan.
		Paneles de madera contralaminada cruzada, CLT (Cross Laminated Timber). Consiste en tablonces de madera aserrada y encolada, donde cada capa se orienta perpendicular a la anterior.
	Entramados	Trama abierta: Sistema poste viga.
		Trama cerrada: estructura de montantes de menor escuadría, pero numerosos, clavados entre sí.

Tabla 3. Clasificación de los sistemas constructivos en madera

Todos los sistemas constructivos tienen sus características, ventajas y desventajas, pero por una confluencia de razones, uno de los que más posibilidades presenta son los entramados de trama cerrada.

Los entramados de madera

Conocido como sistema de bastidores, Balloon Frame y/o Platform Frame.

Consiste en la sustitución de las tradicionales vigas y pilares de madera por una estructura de montantes de menor escuadría, pero numerosos, clavados entre sí.

A través de la Resolución 3-E-2018^{xiv} la Secretaría de Vivienda y Hábitat declaró “tradicional” al Sistema de Construcción de Entramado de Madera, lo que favorece notablemente este sistema por sobre los demás.

Anteriormente todos los sistemas constructivos en madera para su aplicación debían tramitar un Certificado de Aptitud Técnica (CAT) ante la Secretaría de Vivienda de la Nación.

La consecuencia práctica de su promulgación de la Resolución 3-E-2018 es que la tramitación de un legajo de obra en el sistema de entramados de madera, de obra privada o pública ante los organismos que pudieran corresponder (Consejos Profesionales, Municipio, Organismos Públicos y entes financieros) debería resultar idéntica a la del sistema tradicional.

Comportamiento higrotérmico de la envolvente de madera

La construcción en madera, con un adecuado diseño tecnológico constructivo, permite materializar envolventes con altas prestaciones energéticas. En caso de que cuenten con las capas en posición y espesor adecuado, cerramientos de madera verifican a las normas IRAM de confort, para las condiciones ambientales de las Provincias de la Mesopotamia Argentina, que se ubican en la zona bioclimática Ib (muy cálida húmeda) y II (cálida)^{xv}. Solo el sur de la provincia de Entre Ríos, se clasifica como zona III (templada).

En la Figura 3 se grafica un cerramiento vertical tipo entramado de madera. El mismo está conformado con las siguientes capas enumeradas de interior a exterior: placa de roca de yeso, aislación térmica de lana de vidrio de 2" con aluminio hacia el interior como barrera de vapor, montantes de 2" x 4" separados cada 40 cm (en sus separaciones se genera una cámara de aire), multilaminado fenólico (e= 12 mm) que actúa como placa rigidizadora, barrera corta viento y protección hidrófuga (cuyos nombres comerciales más conocidos son Tyvek o Wichi), listones clavadores de 1" x 2" (en sus separaciones se genera una cámara de aire) y revestimiento exterior de madera de pino de 1".

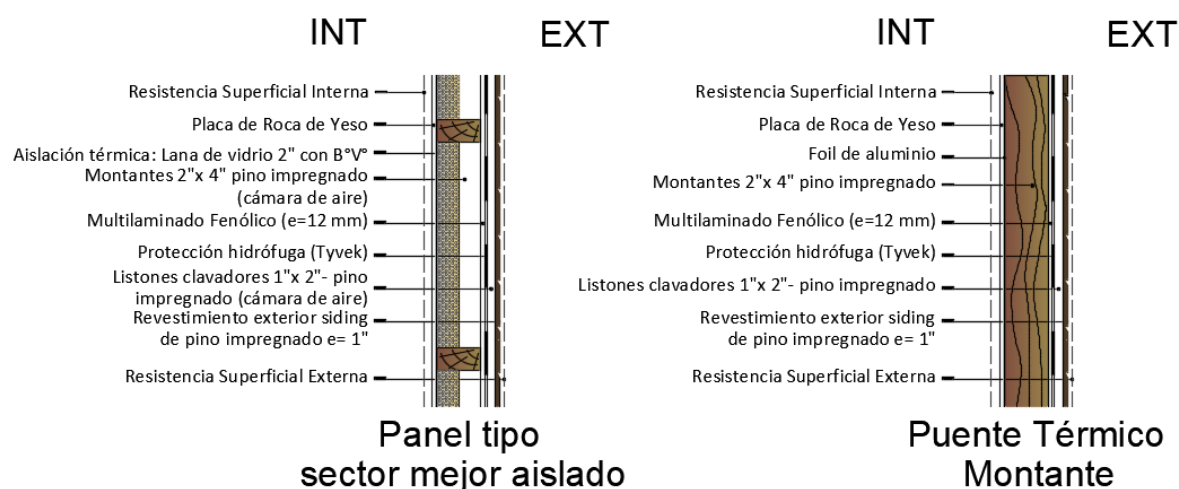


Figura 3: Transmitancia térmica del cerramiento de entramado de madera. Fuente: Pilar, Kennedy y Vallejos (2020)^{xvi}.

El cerramiento descrito tiene una transmitancia térmica (K de diseño) de 0,55 W/m²K que verifica a Nivel B (medio de la norma IRAM 11605)^{xvii}, y que es el exigido por los “Estándares mínimos de calidad para viviendas de interés social” actualizados por la Secretaría de Vivienda y Hábitat en el año 2017^{xviii} y 2019^{xix}.

A la derecha de la figura 3 se muestra el corte en el sector de los montantes, que actúan como “puentes térmicos”, es decir zonas lineales de la envolvente constructiva que

posee una menor resistencia térmica y transmiten más fácilmente el calor, afectando negativamente a la eficiencia energética del conjunto y siendo puntos propicios para las condensaciones superficiales.

De acuerdo a norma IRAM 11.605^{xx} cuando los puentes térmicos se encuentran separados a menos de 1,7 metros (que es el caso del sistema de entramados cuyos montantes distan entre sí de 40 a 60 cm) la transmitancia térmica del puente no debe superar en un 35% el sector mejor aislado (denominado en las normas “Muro Opaco”).

Como se observa en la Figura 4, en el cerramiento en estudio el puente térmico (la sección que atraviesa el montante de madera ubicado a la derecha) tiene un K de 0,74 W/m²k por ello verifica a esta exigencia ($0,74 / 0,55 = 1,34 < 1,35$: buenas condiciones).

Otros sistemas de entramados, por ejemplo, el Steel Framing, no verifica al puente térmico porque los montantes metálicos poseen una alta transmitancia térmica (puente térmico) que supera en más del 35% el sector mejor aislado.

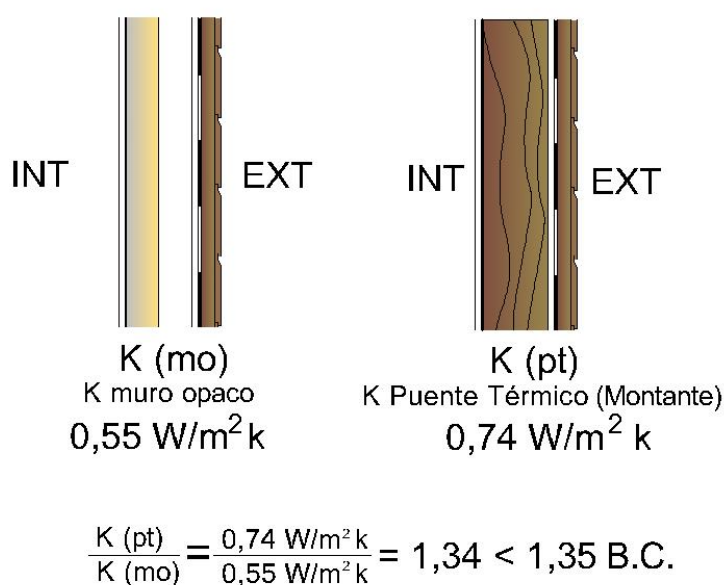


Figura 4: Transmitancia térmica del cerramiento de entramado de madera. Fuente: Pilar, Kennedy y Vallejos (2020)^{xxi}.

Comparación con los sistemas constructivos tradicionales

El comportamiento higrotérmico de los entramados de madera resulta muchos más eficiente que el de los sistemas constructivos húmedos tradicionales basados en la utilización de mampuestos y mezclas húmedas.

La mampostería de ladrillos comunes de 20 cm de espesor es uno de los tipos de cerramiento vertical más usados. En la Figura 5 a la izquierda se observa este

cerramiento, revocado en ambas caras, cuyo K de diseño no verifica a ningún nivel de confort y que presenta riesgos de condensaciones superficiales e intersticiales. En definitiva, se trata de una tipología de cerramiento inadecuada desde el punto de vista higrotérmico, que no verifica a ninguna normativa vigente.

En la figura 5, al medio, se representa otra tipología de cerramiento ampliamente difundida, que es el muro de ladrillos huecos, de 18 cm, revocado en ambas caras, cuyo K de diseño verifica únicamente a nivel C (mínimo de la norma IRAM 11605)^{xxii} y no verifica al nivel B exigido por los “Estándares mínimos de calidad para viviendas de interés social”^{xxiii}. Además, presenta riesgos de condensación intersticial.

A la derecha de la figura se muestra el cerramiento de madera, que, con un adecuado diseño tecnológico constructivo, verifica a nivel de Confort B, el exigido por los estándares vigentes y no presenta riesgo de condensaciones ni superficiales ni intersticiales.

Por lo tanto, se afirma que el cerramiento vertical de entramado de madera presenta un comportamiento higrotérmico mucho más eficiente que el de los usados habitualmente.

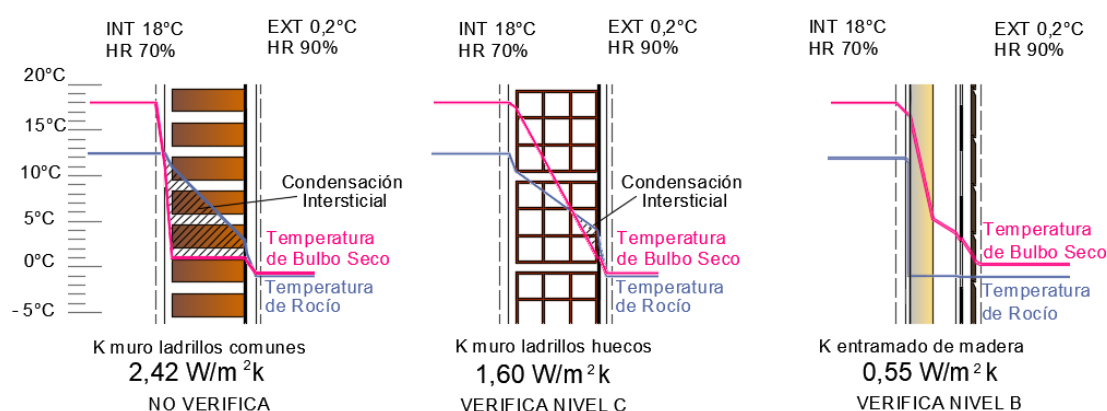


Figura 5: Comparación de comportamiento higrotérmico del muro de ladrillos cerámicos comunes (izquierda), de ladrillos huecos (centro) y entramado de madera (derecha).

Además de poseer ventajas en lo ambiental e higrotérmico, el cerramiento de madera resulta más económico en aproximadamente un 22% que un cerramiento de ladrillos huecos.

El otro aspecto significativo es que se aceleran los plazos de ejecución, que son 6 veces más rápidos que en la construcción tradicional insumiendo menos mano de obra, generando menos riesgos de trabajo y evitando que los prolongados plazos de obra, generen posibilidades de aumento de precios por inflación (situación habitual en la actualidad del contexto nacional).

La vivienda social. Avances normativos

En la Argentina desde hace veinte años se realizan una serie de esfuerzos normativos por mejorar la habitabilidad y calidad higrotérmica de la vivienda social.

En el año 2000 la Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda del Ministerio de Infraestructura y Vivienda, estableció los “Estándares mínimos de calidad para viviendas de interés social” con consideraciones técnicas referidas a aspectos constructivos para las viviendas. Posteriormente esta norma fue actualizada en el año 2006.

En julio de 2017 se promulgó la Resolución 9-E/2017 (Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda de la Nación, 2017) mediante la cual se revisan los estándares mínimos, aumentado las exigencias de calidad térmica edilicia e incorporando un anexo de energías renovables. En 2019 se realizó una nueva actualización a través de la Resolución N° 59/2019, que sintetiza numerosas normativas y recomendaciones. En noviembre de 2019 se promulgó la Resolución N° 75/2019 de “Sello de vivienda sustentable” como metodología de evaluación, diagnóstico y certificación de viviendas y establece el procedimiento y especificaciones técnicas.

En 2018 se elaboró el “Manual de vivienda sustentable”^{xxiv} editado por la Secretaría de Vivienda del Ministerio de Infraestructura y Vivienda de la Nación, en forma conjunta con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable y el Ministerio de Energía. El manual se divide en los siguientes apartados: sitio, diseño integral, energía, agua, agricultura urbana, construcción y buenas prácticas y propone una herramienta de evaluación que denomina “Semáforo”, que en relación a todos estos aspectos desarrolla variables y valores deseables y no deseables.

Se incorpora el concepto de diseño flexible y accesible, la necesidad de contemplar planes de reconversión, deconstrucción y reciclaje.

Uno de los principales aspectos que limitaba (y en cierta medida aun obstaculiza) la construcción en madera es que es considerado para la Argentina un sistema no convencional, siendo necesario para su uso la tramitación de un Certificado de Aptitud Técnica (CAT) ante la Secretaría de Vivienda de la Nación, que implica la realización de numerosos ensayos, pruebas y presentación de documentación técnica.

A través de la Resolución 3-E-2018 la Secretaría de Vivienda y Hábitat declaró “tradicional” al Sistema de Construcción de Entramado de Madera^{xxv}, lo que resulta un avance normativo y un aliciente para el sector y favorece notablemente este sistema por sobre los demás.

Este escenario de mayor preocupación por las cuestiones ambientales y la posibilidad de construir en sistema de entramados de madera sin requerir el CAT, resulta favorable para el mayor desarrollo de la madera en la Región.

Barrios de viviendas en madera contruidos en la Región

A continuación, y a modo de muestra de las posibilidades de implementar barrios de vivienda contruidos en madera, se reseñan algunas experiencias en la región.

En la Provincia de Corrientes en el año 2015 se construyeron 11 viviendas sociales de 70 m² cada una, en la localidad de Virasoro, distante de la capital provincial a 320 km. El prototipo ha sido diseñado por el Instituto de Vivienda de Corrientes (INVICO) y consta de estar comedor, cocina, un baño, dos dormitorios y espacios semicubiertos- Ver Figura 6.

La vivienda es de perímetro libre con tecnología de entramado de madera, cubierta a dos aguas de chapa, revestimiento interior de placas de roca de yeso y exterior de siding de madera pintada. Las aberturas son de aluminio. Se encuentra sobre elevada del terreno lo que resulta recomendable para evitar el contacto de la madera con la humedad del terreno.



Figura 6: Planos y fotografías del proceso constructivo de viviendas sociales INVICO en la localidad de Virasoro. Fuente: INVICO (planos) y Erick Kennedy (fotografías).

Cada vivienda se construyó en un plazo de 29 días con 4 operarios de la madera, 1 electricista y un sanitarista. Cada vivienda insumió un volumen de 6.000 pies cuadrados (14,15 m³)^{xxvi}.

Por su parte entre 2014 y 2015 en la Provincia de Entre Ríos se construyeron 12 viviendas en el Barrio Chaco en la localidad de Chajarí de 67 m² cada una (Figura 7) y en el año 2016, en la misma localidad, en el Barrio La Florida 8 viviendas de 62,47 m² cada una (Figura 8)^{xxvii}.



Figura 7: Barrio Chaco en Chajarí, Entre Ríos. Fuente: Ciro Mastandrea.

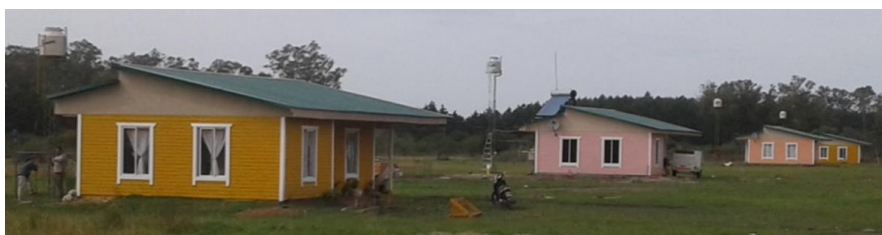


Figura 8: Barrio La Florida en Chajarí, Entre Ríos. Fuente: Ciro Mastandrea.

También en Entre Ríos, en la localidad de Concordia, se construyeron 250 viviendas en el Barrio Agua Patito (Figura 9), para relocalizar familias ubicadas en zonas inundables.

Se trata de vivienda de 48 m² que insumen: 1500 pies² de madera para la estructura, 65 m² frente inglés, 170 m² machimbre revestimiento interno y 30 tableros fenólicos (de 9 mm).



Figura 9: Barrio Agua Patito, Concordia, Entre Ríos. Fuente: Ciro Mastandrea.

Condicionantes para el uso de la madera en la construcción en Corrientes

La provincia de Corrientes que con 516 mil hectáreas posee la mayor superficie forestal del país. Una alta proporción de esta superficie se encuentra certificada o en vías de certificación mediante la organización FSC (Forest Stewardship Council) o el CerFoAr (Sistema Argentino de Certificación Forestal)^{xxviii}.

En la provincia la industria de primera transformación está próxima a las plantaciones, lo que implica ventajas en la disminución de costos y emisiones por transporte.

Dado que la construcción en madera es aún incipiente en la provincia es factible “diseñar” su implementación considerando los avances científicos y teóricos en materia de sustentabilidad ambiental, desde una perspectiva circular reduciendo el consumo de materia, de energía y la generación de residuos.

La cadena foresto industrial inicia en la producción primaria en los bosques implantados, en donde se cultivan distintas especies vegetales para diversos usos. Una parte se destina a la industria del triturado (celulosa, tableros de fibra y aglomerados) y otra al aserrado y sus industrias conexas (compensado, remanufacturas de madera)^{xxix}.

Los residuos que se generen pueden reingresar al sistema como insumo para generar energía (en el Parque Industrial de Santa Rosa se inauguró recientemente una planta de generación de energía a partir de la biomasa) o transformarse en abono para nuevos cultivos forestales u otros usos provechosos.

Los principios de la sustentabilidad hacen de la madera una gran esperanza para concretar los tres subsistemas del desarrollo sostenible, dado que permitiría lograr una sustentabilidad económica (generación de riqueza), social (equidad, empleo, dignidad) y ecológica (uso de un material renovable, con altas prestaciones ambientales en todo su ciclo de vida).

La madera en la provincia de Corrientes resulta un recurso estratégico para el desarrollo sustentable. Su uso para la construcción aumentaría el valor agregado de toda la cadena foresto industrial y podría colaborar para paliar el déficit habitacional.

En la Tabla 4, se realiza una matriz FODA (Fortalezas - Oportunidades - Debilidades – Amenazas) de la madera en la construcción en Corrientes.

Aspecto	FO (Fortalezas y oportunidades)	DA (Debilidades y amenazas)
Ambiente	Incremento de la conciencia ambiental de diseñadores, decisores políticos y usuarios	Aspecto habitualmente no tenido en cuenta en las decisiones
Cultural	Posicionamiento de la madera como material ecológico, que podría reforzar la identidad de la provincia	Baja aceptación social y desconfianza sobre su durabilidad
Recurso	Mayor superficie forestada del país Proceso de certificación ambiental	Debilidad del mercado y dificultades para obtener materiales e insumos
Política	Existencia de espacios intersectoriales como la Mesa Foresto Industrial en la que participan los principales actores involucrados	Políticas débiles e inconstantes Compromiso desigual de actores Posibles mezquindades
Normativa	Promulgación de la Resolución 3-E-2018 que declaró “tradicional” al Sistema de Construcción de Entramado de Madera. Iniciativas legislativas con la intención de exigir que el 10% de la construcción de viviendas sociales se realice en madera.	Bajo conocimiento y baja aplicación de normativa vigente Retraso normativo
Economía	Desarrollo de la economía regional y oportunidades de negocio	Dificultades para el crédito
Profesión	Ampliación del campo de los profesionales de la construcción con posibles requerimientos de diseño a medida o estandarizados	Baja formación y compromiso profesional
Mano de obra	Oportunidad de empleo y mejoras en las condiciones laborales Posible reconversión de la fuerza laboral en cooperativas de micro emprendimientos	Baja capacitación de la mano de obra. Falta de tradición en el tipo de construcción.
Plazos de obra	Bajos plazos de ejecución dando respuesta rápida al déficit habitacional	Necesidad de alto flujo financiero

Tabla 4: Matriz FODA sobre la madera para la construcción en Corrientes. Fuente: elaboración propia.

El compromiso de la Facultad de Ingeniería de la UNNE con la madera

Habiendo analizado este escenario de la madera para construcción de la provincia de Corrientes, y con el compromiso de aportar a su desarrollo desde la Universidad Nacional del Nordeste, la Facultad de Ingeniería ha asumido el desafío de colaborar con el desarrollo sustentable del recurso forestal para la mejora del contexto socio productivo regional, aportando conocimientos, investigación e innovación.

Con este propósito se ha delineado un “Programa Integral para promover el uso de la Madera”^{xxx}, con los siguientes objetivos:

- Promover la utilización de la madera como material principal para la construcción de viviendas.
- Formar profesionales capacitados y sensibilizados con el uso de la madera como material de construcción principal de viviendas.
- Capacitar mano de obra para mejorar la calidad de la construcción y poder revertir preconceitos arraigados socialmente sobre su durabilidad y calidad.
- Participar en espacios que propicien la articulación de distintos actores sociales (la universidad, otros ámbitos académicos y de investigación, el sector público y el sector privado).

Entre los primeros resultados del citado Programa se destaca el dictado de dos cursos de posgrado (2014 y 2015) y de la Diplomatura Superior en Construcción en Madera (2019), que cuenta con 60 cursantes.

La Diplomatura Superior en Construcción en Madera, Aprobada por Resolución N° 642/19 CS UNNE, se encuentra en su fase final de dictado. En su desarrollo se tocaron los siguientes temas: Módulo 1: La madera como material de construcción; Módulo 2: Madera y sustentabilidad; Módulo 3: Estructuras en madera; Módulo 4: Sistemas constructivos en madera y Módulo 5: Diseño constructivo en madera.

En la figura 10 a modo de ejemplo se muestra el resultado de un trabajo de los muchos desarrollados en la Diplomatura.



Figura 10: Trabajo del Grupo 8. Fuente: Alejandro Iribarren y Natalia Vasileff

CONCLUSIONES

La madera es el material ecológico por excelencia. Su uso en la región Mesopotámica y en especial en la provincia de Corrientes en la construcción de viviendas sociales podría resolver de forma simultánea dos problemáticas: paliar el déficit habitacional y favorecer el desarrollo sustentable de la cadena foresto industrial.

En el mundo la madera es considerada como el principal aliado para lograr una construcción biológica sostenible, desde la perspectiva circular del uso de la materia y la energía. Si en los proyectos y construcciones en madera se aplican criterios de diseño bioclimático y eficiencia energética, se considera de manera integral el ciclo de vida, tendiendo a una perspectiva circular de “La cuna a la cuna”, la madera se posicionará como el material del futuro.

La promulgación de la Resolución 3-E-2018 que declara a los entramados de madera sistema constructivo tradicional, abre múltiples oportunidades de desarrollo que resulta necesario aprovechar. Sin embargo, existen obstáculos que principalmente se relacionan con cuestiones culturales, sobre la aceptación de la madera en la construcción.

Deconstruir estos mitos, aportando conocimientos científicos, formación profesional y capacitación de mano de obra es la tarea iniciada por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Nordeste para fortalecer el desarrollo sustentable de este recurso abundante y de altas prestaciones ambientales.

REFERENCIAS

1. García, K. R. (2014). Potencial de reducción de las emisiones de CO₂ y de la energía incorporada en la construcción de viviendas en Brasil mediante el incremento del uso de la madera. Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de Catalunya. Departament de Construccions Arquitectòniques I. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10803/279369>. Fecha de búsqueda: 01/10/20
2. Fournier Zepeda, R. (2008). Construcción sostenible y madera: realidades, mitos y oportunidades. Tecnología en Marcha, Vol 21, N° 4, 92-101.
3. SSPMicro y Dirección de Producción Forestal, citado en Subsecretaría de Programación Microeconómica. Secretaría de Políticas Económicas. Ministerio de Hacienda. Presidencia de la Nación (2019) Informes de Cadena de Valor: Forestal, papel y muebles. Marzo de 2019.
4. Subsecretaría de Programación Microeconómica. Secretaría de Políticas Económicas. Ministerio de Hacienda. Presidencia de la Nación (2019) Informes de Cadena de Valor: Forestal, papel y muebles. Marzo de 2019.
5. International Energy Agency (IEA) for the Global Alliance for Buildings and Construction (GlobalABC). (2018) Informe Global: Hacia un sector de edificios y de la construcción eficiente, resiliente y con cero emisiones. United Nations Environment Programme.
6. Pilar, Claudia; Vallejos Kaliniuk, Sofía y Kennedy, Erick (2020). “Construcción de viviendas mediante entramado de madera en la Provincia de Corrientes”. RADI

- (Revista Argentina de Ingeniería) CONFEDI. Año 8. Vol. 16. noviembre 2020. ISSN 2314-0925. <https://confedi.org.ar/publicaciones/radi-no-16/#single/0>
7. International Organization for Standardization (ISO). Norma ISO 14.040/1997: Environmental Management. Life Cycle Assessment. Principles and framework.
8. IRAM 11930 (2010). Construcción Sostenible. Principios Generales. Buenos Aires.
9. Braungart, M. y McDonough, W. (2005). Cradle to cradle. Rediseñando la forma en que hacemos las cosas. McGraw Hill. Madrid.
10. Braungart, M. y McDonough, W. (2005). Cradle to cradle. Rediseñando la forma en que hacemos las cosas. McGraw Hill. Madrid.
11. Fournier Zepeda, R. (2008). Construcción sostenible y madera: realidades, mitos y oportunidades. Tecnología en Marcha, Vol 21, N° 4, 92-101.
12. García, K. R. (2014). Potencial de reducción de las emisiones de CO₂ y de la energía incorporada en la construcción de viviendas en Brasil mediante el incremento del uso de la madera. Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de Catalunya. Departament de Construccions Arquitectòniques I. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10803/279369>. Fecha de búsqueda: 01/10/20
13. Dirección Nacional de Desarrollo Foresto Industrial, Secretaría de Agroindustria, Ministerio de Producción y Trabajo. Presidencia de la Nación (2018). Uso de la madera en el Diseño y la Construcción. Recuperado de <https://www.agroindustria.gob.ar>, citando a Environmental properties of timber, Forest & Wood Products Research.
14. Secretaría de Vivienda y Hábitat (2018). Resolución 3-E-2018. Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda. Buenos Aires.
15. IRAM 11603 (1996). Clasificación Bioambiental de la República Argentina.
16. Pilar, Claudia; Vallejos Kaliniuk, Sofía y Kennedy, Erick (2020). Construcción de viviendas mediante entramado de madera en la Provincia de Corrientes. RAD (Revista Argentina de Ingeniería) CONFEDI. Año 8. Vol. 16. Noviembre 2020. ISSN 2314-0925. <https://confedi.org.ar/publicaciones/radi-no-16/#single/0>
17. IRAM 11605 (1996). Condiciones de Habitabilidad en Edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos. Buenos Aires.
18. Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda de la Nación (2017). Resolución 9-E: Estándares mínimos de calidad para viviendas de interés social. Secretaría de Vivienda y Hábitat. Buenos Aires.
19. Secretaría de Vivienda y Hábitat (2019). Estándares mínimos de calidad para viviendas de interés social. Ministerio del Interior, obras públicas y vivienda de la Nación. Buenos Aires.
20. IRAM 11605 (1996). Condiciones de Habitabilidad en Edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos. Buenos Aires.
21. Pilar, Claudia; Vallejos Kaliniuk, Sofía y Kennedy, Erick (2020). Construcción de viviendas mediante entramado de madera en la Provincia de Corrientes. RAD (Revista Argentina de Ingeniería) CONFEDI. Año 8. Vol. 16. Noviembre 2020. ISSN 2314-0925. <https://confedi.org.ar/publicaciones/radi-no-16/#single/0>
22. IRAM 11605 (1996). Condiciones de Habitabilidad en Edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos. Buenos Aires.

23. Secretaría de Vivienda y Hábitat (2019). Estándares mínimos de calidad para viviendas de interés social. Ministerio del Interior, obras públicas y vivienda de la Nación. Buenos Aires
24. Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda de la Nación (2018). Manual de la Vivienda Sustentable. Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda. Buenos Aires.
25. Secretaría de vivienda y hábitat (2018). Resolución 3-E-2018. Ministerio del interior, obras públicas y vivienda. Buenos Aires, República Argentina.
26. Pilar, C., Vallejos Kaliniuk, S. y Kennedy, E. (2019). Casos de construcción de viviendas en entramado de madera de bosques implantados en Corrientes. XI Congreso Regional de Tecnología en Arquitectura. Tecnologías para una Arquitectura regionalmente sustentable. Universidad Nacional del Mar del Plata. Mar del Plata, Argentina.
27. Piantanida, Paolo, Pilar, Claudia A., y Vottari, A. (2020) "Il deficit abitativo in Argentina: un approccio sistemico attraverso la filiera del legno". Colloqui AT. E 2020 Nuovi orizzonti per l'architettura sostenibile. Catania, Italia. 10 de diciembre de 2020. Editors Cascone, Santi Maria; Margani, Giuseppe y Sapienza, Vincezo. Pp. 992-1005. ISBN 978-88-96386-94-1. EdicomEdizioni. Disponible en <http://artecweb.org/2020/it/proceedings/>
28. Pilar, C., Vallejos Kaliniuk, S. y Kennedy, E. (2019). Casos de construcción de viviendas en entramado de madera de bosques implantados en Corrientes. XI Congreso Regional de Tecnología en Arquitectura. Tecnologías para una Arquitectura regionalmente sustentable. Universidad Nacional del Mar del Plata. Mar del Plata, Argentina.
29. Pilar, C., Vallejos Kaliniuk, S. y Kennedy, E. (2019). Casos de construcción de viviendas en entramado de madera de bosques implantados en Corrientes. XI Congreso Regional de Tecnología en Arquitectura. Tecnologías para una Arquitectura regionalmente sustentable. Universidad Nacional del Mar del Plata. Mar del Plata, Argentina.
30. Pilar, C., Kennedy, E., Basterra, J. y Corace, J. (2019). Acciones de la Facultad de Ingeniería para promover el desarrollo sustentable del recurso forestal en la región. 9° Jornadas de Divulgación Científica y Técnica" de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Nordeste. Diciembre de 2019. 35.



Ediciones del ITDAHu

Av. Maipú 228 – (3400)
Corrientes (Rep. Argentina)

