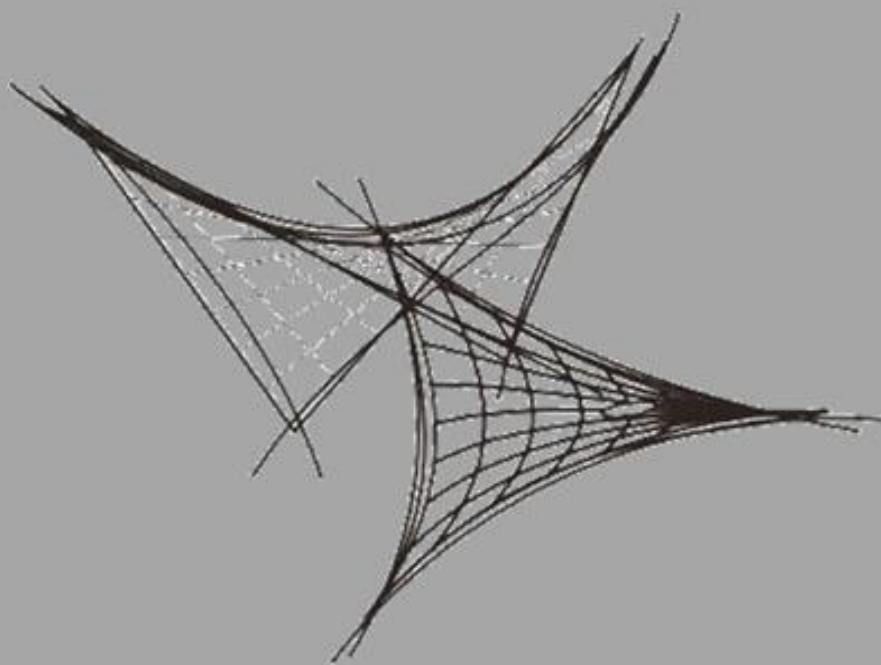


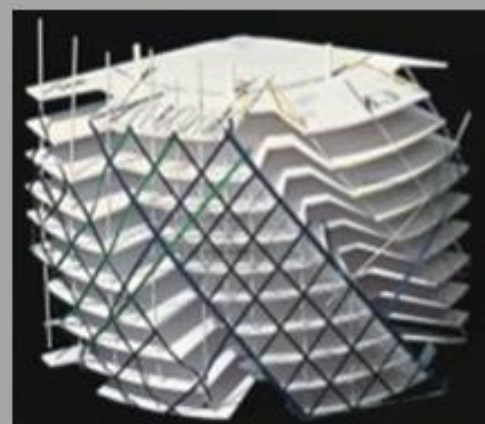
Director
Dr. Arq. Daniel Vedoya

Coordinadora
Dra. Arq. Claudia Pilar



ANUARIO DEL ITDAHu

2019



DIRECTOR

Dra. Arq. Daniel Edgardo Vedoya

COORDINADORA

Dra. Arq. Claudia Pilar

Anuario del ITDAHu

2019

Autores

Daniel Vedoya - Emma Susana Prat - Claudia Pilar - Rosanna Morán

Caterina Mele - Paolo Piantanida - Valentina Villa

Vanina Boccolini - Luciana Petraglia

María del Rosario D'Elia - Sofía Vallejos Kaliniuk - Alexia Stucke

Arístides Ernesto Bóveda - Gabriel Adolfo Quiroz

Luis Vera - María José Roibón – Erick Kennedy - Moira Carrió

Maira Lucía Douthat - Lorena Beatriz Longa - Mauricio Martín Gauna

Cintia Martínez - Andrés Poladian - Néstor Holsbach - Jorge Pilar

2022

Instituto de Investigaciones Tecnológicas para el Diseño Ambiental del Hábitat Humano
Anuario del ITDAHu : 2019 / compilación de Daniel Edgardo Vedoya ; Claudia Alejandra
Pilar. - 1a ed compendiada. - Corrientes : Ediciones del ITDAHu, 2022.

Libro digital, DOCX

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-29907-8-7

1. Nuevas Tecnologías. I. Vedoya, Daniel Edgardo, comp. II. Pilar, Claudia Alejandra,
comp. III. Título.

CDD 720.7

Ediciones del ITDAHU

Av. Maipú 228 – (3400) C|orrientes (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

Abril de 2022

ISBN 978-987-29907-8-7



INDICE

PRÓLOGO.....	4
INVESTIGACIÓN.....	5
INTRODUCCIÓN A LA BIOMIMESIS.....	6
EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO SUSTENTABLE BASADO EN PROCESOS NATURALES ..	30
PATRONES EN LA NATURALEZA COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO SUSTENTABLE.....	39
THE INNOVATIVE APPROACH OF BIOMIMETICA.....	48
MUROS VERDES PARA LAS CONDICIONES AMBIENTALES	60
ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL EFECTO HIDROLÓGICO DE CUBIERTAS VERDES	70
RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN	79
REUTILIZACION DE CONTENEDORES MARITIMOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.	84
LA MADERA COMO ALTERNATIVA CONSTRUCTIVA	90
CASOS DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN ENTRAMADO DE MADERA.....	96
EQUIPAMIENTO URBANO SOLAR FOTOVOLTAICO	107
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE INSTALACION DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	121
EN EDIFICIOS RESIDENCIALES DE LA.....	121
CIUDAD AUTONOMA DE BUENOS AIRES.....	121
TESTIMONIANZE DI ARCHITETTURA INDUSTRIALE A RESISTENCIA.....	134
DOCENCIA	145
EL “POLICUBO” COMO HERRAMIENTA DIDÁCTICA.....	146
MEDIACIÓN DISRUPTIVA DE LAS TIC EN LA ENSEÑANZA DEL DISEÑO	157
ESTRATEGIAS DIDACTICAS PARA MOTIVAR A LAS NUEVAS GENERACIONES	170

PRÓLOGO

En esta segunda entrega del ANUARIO del ITDAHu se exponen las actividades desarrolladas durante el año 2019.

2019 ha sido un año destacable en el que se refuerzan las relaciones interinstitucionales e internacionales del ITDAHu.

Inicialmente, en 2018 comenzó la actividad bilateral del ITDAHu con el Proyecto Internacional en coautoría con el DISEG (Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Edile e Geotecnica), del Politécnico de Turín (Italia).

En 2019 el ITDAHu ingresó como miembro activo de la Red Internacional, Interuniversitaria e Interinstitucional de Estudios de Biomímesis (RI3NETWORK Biomimicry), y se relacionó institucionalmente con la Universidad del País Vasco (Bilbao, España), la Universidad Externado de Colombia, la Universidad Nacional Autónoma de México, el Instituto Politécnico de Setúbal (Portugal), la Universidad Nacional de Educación del Ecuador y la Universidad del Estado de Bahía (Brasil).

Complementariamente, investigadores del ITDAHu participaron presentando sus ponencias en dos Congresos Internacionales: Turín (Italia) y Praga (República Checa).

En el rubro Docencia se presenta en primer lugar un análisis del “Policubo”, una propuesta de diseño que aplica criterios de Arquitectura Modular (AM), mediante el uso de componentes constructivos industrializados.

Los dos últimos trabajos mantienen la práctica de las estrategias didácticas tanto en el uso de las TIC en la enseñanza del diseño arquitectónico sustentable, como en la motivación para las nuevas generaciones de profesionales de la arquitectura.

Resistencia (Prov. del Chaco), abril de 2022.

Dr. Arq. Daniel Edgardo Vedoya

Director del ITDAHu



INVESTIGACIÓN



**INTRODUCCIÓN A LA BIOMIMESIS
APRENDIENDO DE LA NATURALEZA
DESDE LAS FORMAS, LOS SISTEMAS Y LOS PROCESOS**

Daniel Vedoya, Caterina Mele, Emma Susana Prat, Paolo Piantanida,
Claudia Pilar, Valentina Villa y Luciana Petraglia

Capítulo de libro publicado en
Re-descubriendo el mundo natural. La biomímesis en perspectiva". Págs. 263 a 286.
Sello Editorial UNAD Universidad Abierta y a Distancia, Bogotá (Colombia), 2019.
ISBN 978-958-651-641-9 y e-ISBN 978-958-631-631-0

RESUMEN

Todos los problemas que se nos presentan, de uno u otro modo, han sido resueltos por la Naturaleza durante millones de años de evolución.

¿Por qué no aprender de lo que la Naturaleza nos pone de manifiesto?

En el presente trabajo se expone qué es la biomimética, para qué se puede utilizar, cuáles son las ventajas que proporciona, cómo podemos aplicar lo que aprendemos de la naturaleza en nuestros problemas cotidianos.

Observar, interpretar y comprender los comportamientos naturales es un ejercicio que debemos practicar cotidianamente.

Adquirir las capacidades del "saber hacer" biomimético es el reto para nuestra generación y las futuras que habiten nuestro planeta.

PALABRAS CLAVE

Biomimesis – Formas – Procesos – Sistemas – Matemática - Naturaleza

DESARROLLO

Cuando observamos una hoja de algún vegetal, se destaca su forma, su color verde, su aroma, hasta podemos, en algunos casos, establecer a qué especie pertenece.

Pasando suavemente los dedos por su superficie reconocemos su textura, suave en algunas hojas, tersa, rugosa, áspera en otras, unas son opacas, otras lustrosas, etc.

También apreciamos su espesor, mínimo, separando ambas caras.

Lo que nunca se nos ocurre pensar es qué pasa en su interior, y es esto lo que queremos destacar.

Son sólo tres ingredientes básicos los que participan en el proceso más asombroso que sucede en el interior de una hoja cualquiera: agua, dióxido de carbono y luz solar. Los componentes de los dos primeros son: dos moléculas de Hidrógeno y una de Oxígeno (H_2O), en el agua, y una de Carbono por dos de Oxígeno (CO_2), en el segundo, comúnmente conocido también como anhídrido carbónico.

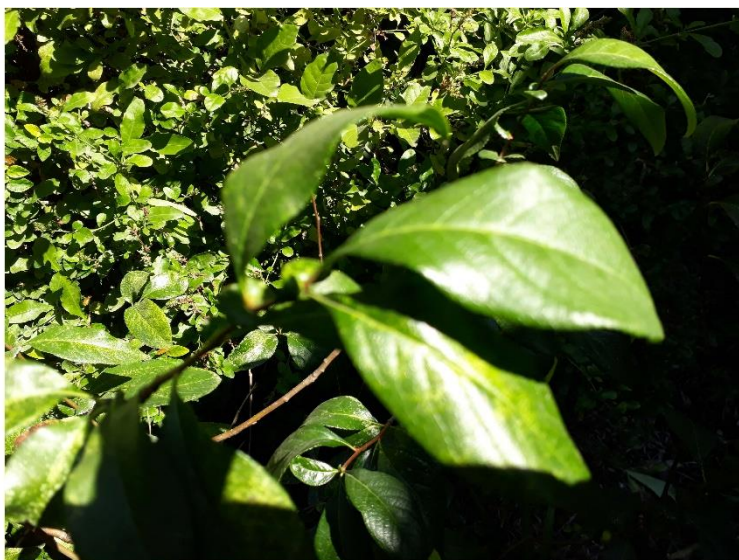
El agua es extraída del suelo por las raíces y trasladada por la savia, junto a diversas sales minerales, a toda la estructura orgánica de la planta, hasta la punta de la hoja más distante. El dióxido de carbono (CO_2) es absorbido del aire por la hoja a través de las estomas.

La energía solar llega del exterior hasta la clorofila contenida en los cloroplastos de las hojas.

1 - El agua (H_2O) es extraída del suelo por las raíces y trasladada por la savia, junto a diversas sales minerales

2 - El dióxido de carbono (CO_2) es absorbido del aire por las estomas de la hoja

3 - La luz solar llega a la clorofila contenida en los cloroplastos de la hoja



4 - El dióxido de carbono se combina con el agua, desprendiendo oxígeno y formando moléculas de glucosa o azúcar ($C_6H_{12}O_6$). Se producen grasas y proteínas que serán el alimento y la fuente de energía de la planta y sus células. Los vegetales son autótrofos, producen su propio alimento.

5 - Se expulsa a la atmósfera grandes cantidades de oxígeno (O_2) a través de las estomas de la hoja

Proceso de fotosíntesis. Fuente: producción propia

El agua llevada por la savia y el dióxido de carbono se descomponen formando entre sí moléculas de glucosa o azúcar ($C_6H_{12}O_6$), desprendiendo el oxígeno excedente, que vuelve a la atmósfera. De este modo se crean nuevas moléculas (grasas y proteínas) que serán el alimento y la fuente de energía de la planta y sus células. Por esta condición se dice que las plantas son autótrofas, es decir, producen su propio alimento.

Todo este proceso, conocido con el nombre de fotosíntesis, se realiza necesariamente durante el día, mientras se encuentra presente la luz solar.

En un proceso inverso, durante la noche, la planta respira tomando oxígeno del aire y expulsando dióxido de carbono y agua. Aunque en este proceso las plantas consumen oxígeno, lo hacen en menor cantidad del que producen en la fotosíntesis.

Ese oxígeno que producen durante el día es el que utilizan los seres vivos para respirar.

Lo asombroso de este proceso es que se realiza en un medio natural, sin accesorios especiales, no se necesitan probetas, filtros, etc., como si se tratara de un laboratorio de química.

Vale recordar aquí el pensamiento de Janine Benyus (2012), presidenta y cofundadora del Instituto de Biomimética (Biomimicry Institut) y experta internacional: "...si entramos a un bosque, estamos introduciéndonos en un verdadero laboratorio de química sin necesidad de usar mascarillas ni ningún elemento protector..."

Un bosque maduro es un prodigio de diversidad, donde se optimizan los recursos y se reciclan los residuos. En él conviven arbustos, árboles, enredaderas, musgos, hongos, líquenes, monos, yagaretés, carpinchos, escarabajos, hormigas, aves diversas, etc. extendiéndose hacia arriba y hacia abajo, llenando cada recoveco de vida, sin producir residuos. Todo desecho de una especie es alimento para otro organismo.

La Naturaleza ha subsistido a través de 4.000 millones de años mediante pruebas de ensayo y error, enfrentando una innumerable cantidad de problemas para los que siempre encontró una solución en forma eficiente, eficaz y de la mejor manera. Lo que ahora vive es lo que funciona. Lo que no ha podido resistir los embates de la evolución ha desaparecido.

A lo largo de su historia ha desarrollado una diversidad de procesos en los que fue renovando, reciclando o reemplazando y, en todos estos casos, no sólo lo ha hecho, sino que lo ha hecho bien.

¿Por qué, entonces, no observar la naturaleza para entender de qué manera ha resuelto sus problemas?

La respuesta a este interrogante la tenemos hoy en la BIOMIMESIS.

Biomimesis surge de la conjunción de dos vocablos: bios = vida y mímesis = imitación (imitación a la vida). No obstante, no se trata sólo de imitar a la naturaleza.

"La Biomimesis surge en una era basada, no en lo que podemos extraer de la naturaleza, sino de lo que podemos aprender de ella" (Benyus, 2012).

Debemos comprender cómo la naturaleza ha resuelto sus problemas para aplicar ese conocimiento a la solución de nuestros propios problemas, observando a la naturaleza para aprender de ella.

Los expertos afirman que el biomimetismo puede ser considerado un campo trascendental para seguir avanzando en mejoras tecnológicas, teniendo en cuenta que el ser humano es tan sólo una de las 1,7 millones de especies que viven en el planeta Tierra.

"No sólo basta conocer las especies, también es importante saber su interrelación, es decir, cómo se ayudan para hacer sus procesos. Toda esta parte es muy interesante para

el Biomimetismo y para la humanidad”, afirma Melina Ángel¹, investigadora colombiana del Biomimicry Institute, en Nueva York.

La biomimesis se presenta así como:

- una rama de la ciencia
- un método para resolver problemas
- un movimiento de un cierto sector de la humanidad
- un paso hacia la naturaleza
- una nueva manera de ver y valorar la biodiversidad
- un punto de partida hacia la sostenibilidad
- una disciplina de diseño
- un aprendizaje de las formas, de los procesos y de los sistemas naturales para crear diseños de tecnologías sostenibles

Las próximas generaciones corren un serio peligro de supervivencia y la biomimesis se presenta como alternativa para enfrentar este problema integrando procesos que tomen ejemplos de la naturaleza, generando empresas ecológicas, que serán mucho más rentables, ofreciendo mejor calidad de vida para los seres humanos

Para esto, necesariamente, debemos antes conocer cómo se comporta la naturaleza, cómo podemos encarar su estudio desde nuestra óptica de arquitectos o ingenieros, qué podemos extraer de este aprendizaje que sea positivo para la solución de nuestros propios problemas.

Éste es un momento en que la humanidad debe tomar conciencia del peligro de supervivencia que corren las próximas generaciones.

La biomimesis se presenta aquí ofreciendo una alternativa.

La integración de procesos dentro de sistemas que imitan la naturaleza generan empresas que son ampliamente ecológicas y mucho más rentables, prometiendo una mejor calidad de vida para los seres humanos que trabajan en ella y para sus usuarios.

La vida tiene determinados principios que están identificados en las ciencias biológicas.

La biomimesis ha extraído estos principios para hacerlos aplicables en el mundo humano.

De esta manera, también se crean puentes entre biólogos, arquitectos, ingenieros, tecnólogos y diseñadores en general.

Queda entonces expuesto nuestro interés por conocer más de la naturaleza, desentrañar e interpretar sus códigos, comprender sus mensajes y aprender de ella las estrategias que nos permitan resolver nuestros problemas de manera eficiente, eficaz y sustentable.

¹ Melina Ángel: Diseño regenerativo - <http://mapica1988.blogspot.com/2011/03/ciudades-sostenibles-y-sustentables.html>

Un camino apropiado para eso es abordar el estudio de la naturaleza desde tres enfoques diferentes, aprendiendo:

- desde las FORMAS
- desde los PROCESOS
- desde los SISTEMAS

I – APRENDIENDO DE LA NATURALEZA DESDE LAS FORMAS

En este punto nos referiremos a cómo las formas naturales pueden servir como base para un buen diseño, en el sentido estricto de la biomimesis.

Asumimos aquí que la copia simplemente formalista y figurativa de la naturaleza no la consideramos como biomimesis porque tenemos una mirada integral y analizamos las formas, los sistemas y los procesos naturales como modelos de buenas resoluciones de diseño que den respuesta a las necesidades técnicas y de buen funcionamiento.

La forma y las matemáticas

La relación del ser humano con la realidad exterior se realiza por medio de sensaciones visuales, táctiles, olfativas, auditivas, etc.; esa percepción a través de los sentidos es asociativa, aunque en el ser humano es fácilmente comprobable la preeminencia de las percepciones canalizadas por medios visuales. Una forma es inherente a una determinada cosa, es aquello que conocemos de la cosa en primera instancia, lo observable, lo que percibimos a través de los sentidos. La forma es la manera cómo los objetos se presentan ante el sujeto, o sea, cómo se nos aparece, es un hecho de base visual; la expresión implica para nosotros el empleo de todos los sentidos coordinados por la vista, que estructura y orienta los datos provistos por los demás sentidos. Es así que el primer conocimiento formal que tenemos de una cosa es siempre sensorial y no inteligente.

Las matemáticas proporcionan quizás el más amplio bagaje de codificaciones visuales elaboradas a lo largo de los siglos, no sólo a través de la geometría sino también del análisis y de las múltiples estrategias visuales que se utilizan en el trabajo matemático. Gauss decía que "el álgebra es la ciencia del ojo"² y Michael Atiyah, en 1976, expresó:

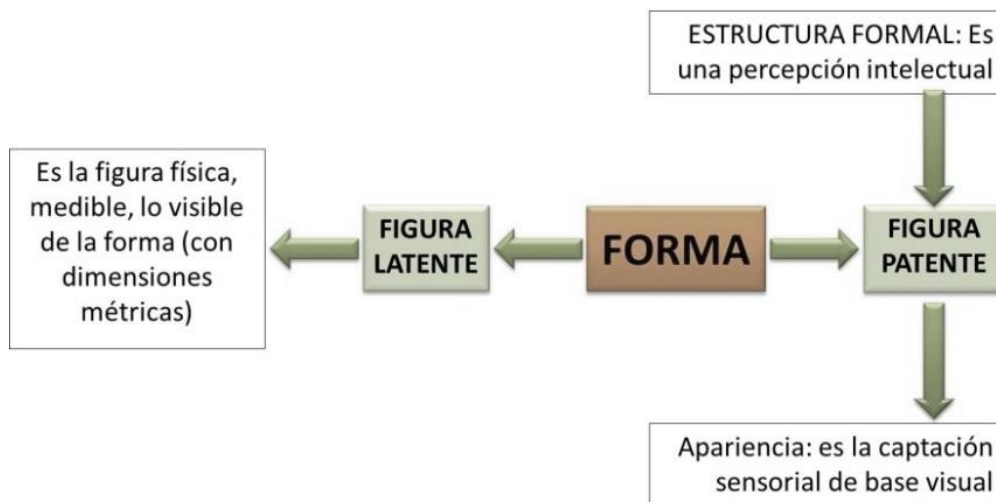
"La matemática que se enseña hoy en la mayoría de los países está aún más lejana de la realidad que la euclídea, porque no tiene ningún apoyo geométrico. Debe tenerse en cuenta que la intuición geométrica es y será siempre la fuente más poderosa para la comprensión de muchos temas"³.

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.

² Citado por Sylvester en su "Presidential Address to the British Assn.", en 1868. Véase Mathematical Papers de Sylvester, vol 2, p. 654.

³ Conferencia plenaria de Michael Atiyah, 1976, congreso del ICME (International Commission Mathematics Education) en Karlsruhe. En: 9ª Jornadas para el aprendizaje y la enseñanza de las Matemáticas.

“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”.⁴



*La forma.*⁵

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

Funcionalismo ecológico

La conducta constructiva animal revela estructuras refinadas y complejos principios arquitectónicos. Su precisión a menudo supera la capacidad humana de la construcción en tamaño relativo.

⁴ Merino Doncel, MaríaJ. Profesora de enseñanza secundaria:

<http://matematicasdemaria.blogspot.com.ar/search?q=Las+formas+con+curvatura+son+m%C3%A1s+abundantes+en+la+naturaleza,+las+formas+poli%C3%A9dricas+en+las+construcciones+humanas>. En la Tesis Doctoral: Sustentabilidad en la Educación Superior basada en la Tecnología Educativa Apropiaada y Crítica. Emma S. Prat. Doctorado en Arte UNAM, Argentina.

⁵ Principios Básicos para la estructuración del espacio. 2013. Daniel E. Vedoya, María del C. Hermida. ISBN 978-987-25052-7-1. Impreso por Sistema Gráfico Digital en el Departamento de Publicaciones del Área de Técnicas Educativas del ITDAHu-FAU-UNNE.

“Hoy en día no puede imaginarse otra visión del futuro más deseable que una forma de vida adaptada ecológicamente, donde la arquitectura regrese a las tempranas teorías funcionalistas derivadas de la biología. La arquitectura arraigará de nuevo en su suelo cultural y regional. Podría llamarse a esta arquitectura Funcionalismo Ecológico” 6.

Los animales han resuelto casi los mismos problemas que el ser humano, han resuelto carreteras (las hormigas), calles cubiertas (termitas), la calefacción y sistemas de regulación de la humedad (termitas, abejas, hormigas), escaleras y rampas (termitas), puertas batientes contradores de puerta-trampa (arañas).

Los hábitáculos animales tienen una evolución que tiende a la eficiencia a través de minimizar el uso de materiales y mano de obra, cumpliendo con las leyes de mínimo esfuerzo y economía de la sustancia. Algunos de animales se alimentan de sus propias construcciones con el fin de reutilizar materiales, algunas arañas comen y el alimento no entra a su sistema digestivo sino que vuelve a entrar en las glándulas de fabricación de su tela, lo que significa que reciclan su propia proteína. Por lo que se puede inferir que biomimesis no es imitar formas primitivas sino todo lo contrario, pues las formas son de una sofisticación tan extraordinaria que no podemos menos que aprender de ellas. La biomimesis no debe ser meramente metafórica o morfológica sino que se trata de un perfeccionamiento en desarrollo.

Un diseño que pretenda ser biomimético debiera realizar las mismas funciones que un árbol en la naturaleza, que es al mismo tiempo, sombra, alimento (con semillas, hojas, ramas, flores, frutos, o corteza), cobijo, fertilizante del suelo y subsuelo, a la vez que consume el dióxido de carbono y emite oxígeno; además de todo esto, forma parte de jardines o paisajes⁷.

Por ende, para imitar a la naturaleza hay que analizarla en su conjunto, como sistema, considerando todos sus procesos. La naturaleza es rica en ejemplos que son imitados por el hombre, desde las mezquitas en África hasta los diseños de Gaudí.⁸

En cuanto a la protección frente al medio ambiente y sus depredadores, Santibáñez Saucedo explica en su libro “Biodiseño”⁹ que los animales ofrecen una diversidad de soluciones compatibles.

Control de la temperatura

Al ser el nido, la madriguera, el hábitáculo, el capullo, etc., un espacio que extiende las propiedades controlables de la temperatura animal, éste intenta mantenerlo a través de la implementación de otros elementos que contribuyan a no variar de manera tan

⁶ Arquitectura de lo Esencial, El Funcionalismo Ecológico de los Animales. Juhani Pallasmaa [Arquitecto SAFA, Excmo. Faia [Profesor de Arquitectura. “From metaphorical to ecological functionalism”. En BioDiseño. Aportes Conceptuales de Diseño en las Obras de los Animales de Héctor Fernando García Santibáñez Saucedo

⁷ <http://2.bp.blogspot.com>

⁸ <http://apuntesdearquitecturadigital.blogspot.com.ar/2014/03/si-la-arquitectura-se-esfuerzo-durante.html>

⁹ Santibáñez Saucedo: Biodiseño. Aportes Conceptuales de Diseño en las Obras de los Animales. Tesis doctoral, Facultad de Arte de la Universidad de Barcelona, 2007.

drástica este requerimiento. Para ello, distintas especies de aves utilizan musgo, líquenes, plumas, pelos, algodón, fibras vegetales, hojas, ramitas, etc., con el fin de lograr el aislamiento de los cambios bruscos de temperatura, así como dar, de igual modo, una sensación de comodidad a sus usuarios en su interior.

Sin embargo, esto no es exclusivo de las aves. También los insectos lo usan. Una de las especies más interesantes es la termita australiana *Amitermes meridionalis*, o también conocida como magnetic termite o compass termite, especie de insecto eusocial que orienta sus termiteros exactamente en dirección norte a sur, con el fin de estar en recepción permanente de la temperatura irradiada por el sol desde las mañanas, así como por las tardes. No obstante, cuando el sol se encuentra en el cenit y las temperaturas en el ambiente se incrementan, la manera en que han solucionado formalmente este requerimiento es a través de la estrechez en su cara superior para enfatizar una forma inclinada que permite controlar el calor recibido, sugiriendo que “la forma en cuña puede tener la función de facilitar el intercambio gaseoso por el procedimiento de incrementar el área de superficie en relación con la proporción de masa”.¹⁰

Gestión del agua

Varias especies toman esto en cuenta para evitar el deterioro de sus habitáculos por la acción del moho o parásitos que pudieran afectar el equilibrio natural de sus inquilinos. Las termitas *Cubitermes*, de zonas húmedas y lluvias tropicales, realizan de forma convexa lo que se puede reconocer como el techo para que el agua escurra fácilmente. Realizan además pequeños orificios en los bordes de las partes finales de cada extremo de los techos, que funcionan como chimeneas para extraer el aire caliente del interior.

Impermeabilización y control de humedad

Según Pallasmaa¹¹ los colibríes recubren de líquenes y telarañas sus nidos para aislarlos de la humedad ya que estos materiales hacen que el agua de lluvia o rocío resbale con facilidad. La tela de araña provee de elasticidad al nido para la seguridad de los polluelos, ya que impide que se desgarre.

Ventilación y renovación del aire

Esto se verá con mayor detalle más adelante en el abordaje de la naturaleza desde los procesos, cuando analicemos el caso de las termitas *Macrotermes bellicosus*.

Gestión de residuos

Varias especies de hormigas, marmotas y tejones construyen espacios especiales para sus residuos. Las abejas, en cambio, momifican con resina los animales que entran a la

¹⁰ Arquitectura de lo Esencial, El Funcionalismo Ecológico de los Animales. Juhani Pallasmaa (op. Cit)

¹¹ Arquitectura de lo Esencial, El Funcionalismo Ecológico de los Animales. Juhani Pallasmaa (op. Cit)

colmena para aislarlos del aire y evitar que lo contaminen. Otros animales tienen zonas especiales para sus deposiciones.

Técnicas constructivas

Las técnicas más habituales son el cobijo preconstruido, el esculpido y excavado, el apilamiento, el moldeado modelado y el moldeado extruido e hilado, el enrollado y plegado, el pegado, el tejido y el cosido.

Los más interesantes para nuestro propósito son:

El moldeado, a partir de las propiedades naturales de un material, la facultad de moldear obliga a generar una forma diferente a la manifestada de manera inicial en ese material maleable. Esto implica, según Hansell, el proceso de modelar un material para generar una forma especial o el de extrudir, que significa que se traslada el material flexible excretado por el propio animal, a través de un molde o matriz que le da forma particular.

El modelado es utilizado por especies que pueden producir modificaciones por sus propios medios, como las abejas que segregan láminas de cera para conformar las celdas que contendrán la miel recolectada o sus huevos, en las que utilizan el tamaño de sus antenas para dimensionarlas. El hornero, por su parte, transporta bolitas de barro, y la avispa tropical hace sus nidos colgantes con arcilla fina, dejando en ambos casos una abertura para acceder al interior.

Extrusión o hilado es lo que utilizan la arañas, ejemplo ya conocido, pero también lo hacen algunas mariposas o moscas. Un ejemplo no tan común es el de salanganas, similares a las golondrinas, que hacen su nido a partir de su saliva que endurece en contacto con el aire.

Detalles constructivos y geométricos

La abeja común (*Apis mellifera*). Según Charles Darwin, las abejas resolvieron de un modo muy práctico la construcción de las celdas de sus colmenas, de modo de tener el menor gasto de material, cubriendo la mayor cantidad posible de superficie, construyendo hexágonos opuestos alternativamente entre sí, con bases formadas por tres láminas romboidales con ángulos de $109^{\circ} 28'$ y $70^{\circ} 32'$ (nótese que su suma da 180°), e inclinados entre sí un ángulo de 120° . La explicación más acertada sobre la cuestión es que esta forma es la que aprovecha al máximo el espacio con el mínimo de material utilizado. Si confrontamos al triángulo, al cuadrado, al hexágono y al círculo, considerando un perímetro de 12 cm para cada uno de ellos tenemos que:

el triángulo posee una superficie de $6,93 \text{ cm}^2$

el cuadrado posee una superficie de $9,0 \text{ cm}^2$

el hexágono posee una superficie de $10,39 \text{ cm}^2$, y ,

el círculo posee una superficie de $11,46 \text{ cm}^2$

Si bien, tanto el triángulo como el cuadrado no dejan espacios libres al combinarse en una trama, ambos cubren una superficie menor; la figura de mayor superficie es el círculo, pero deja vacíos importantes al relacionarse con otros, por lo que, finalmente, resulta ser el hexágono el que ofrece el mejor aprovechamiento del espacio.

Aun así, si lo vemos en tres dimensiones y colocamos esferas o cilindros con fondo redondeado de una sustancia flexible unos al lado de otros, veremos que naturalmente se conforman en una trama hexagonal en 2D o de prismas hexagonales en 3D, y que los espacios vacíos producen una acumulación de material que fortalece la trama a semejanza de nudos o cartelas. No obstante, estos ejemplos, sigue siendo un misterio de la naturaleza la toma de decisiones de las abejas.

Existen además otras características en los panales de abejas que son peculiares, por ejemplo, la línea de nivelación que presenta una inclinación hacia arriba para que no se derrame la miel. Cuando terminan la celda la obturan adoptando diversas formas que, si son deprimidas contienen miel, si son redondeadas contienen una larva obrera, y si son abombadas contienen un zángano. En el abordaje de la naturaleza desde los sistemas haremos un análisis más detallado de la organización geométrica de los panales de abejas.

La avispa excavadora hace sus nidos en la arena. Llama la atención la similitud de sus nidos con las tumbas egipcias, tanto las que se encuentran dentro de pirámides como las subterráneas. La mayoría de estas tumbas tienen un eje central, un pasillo, a través del cual se accede a las distintas cámaras, teniendo una ubicación especial la cámara mortuoria donde se encontraban los sarcófagos. La tumba de Ramsés III (1186-1154 a. C.) tiene estas características.

Las termitas

Es probable que sean las termitas las que mayor cantidad de problemas de diseño hayan resuelto en la naturaleza. Han dado soluciones de sistemas estructurales, de humedad, de seguridad, de vialidad, de alimentación, de restauración y renovación, y sobre todo de ventilación (ya que son muy sensibles a los cambios bruscos de temperatura).

El hecho de mantener una temperatura estable en sus termiteros se considera una verdadera obra de ingeniería y un arte.

Según la tesis doctoral de Santibáñez, entre las 2.000 especies de termitas conocidas, cada una tiene su propio diseño de termitero, que difiere en forma, tamaño, proporción, funcionalidad y estética, resistencia de materiales y técnicas de construcción. Existen con forma de cebolla (México); montaña (*Macrotermes Bellicosus*, Costa de Marfil); seta, pagoda, paraguas, (*Cubitermes*, selvas tropicales), paredes (*Amitermes meridionalis*, Australia), hongos, chimeneas, esferas, bolsa, cerebro, entre otras.

Si se tratara de su proporcionalidad, las *Macrotermes Bellicosus* han superado por mucho al hombre, ya que se conocen termiteros que en proporción tendrían dos kilómetros de alto. Frank Lloyd Wright propuso en 1956 la torre The Mile High Illinois, de 1.609,34 mts. de altura, que no se pudo construir por no tener resuelto el diseño y la instalación de ascensores.

En la Mezquita de Djnné (Mali), en Tombuctú (1906-1907), construida totalmente con adobe, considerada la más grande del planeta, se destaca su semejanza con los termiteros, a escala humana.

Las esponjas de mar

Tenemos el ejemplo del esqueleto de una esponja del Pacífico occidental llamada *Euplectella aspergillum*, o “esponja de cristal”, que se aferra a la parte inferior del océano con miles de “espículas”, que son filamentos finos como cabellos.

Investigadores de la Universidad de Brown en Providence (Rhode Island), descubrieron una estructura compleja compuesta de filamentos de fibra de vidrio y biosílice, lo que explica la resistencia de la esponja, su elasticidad y su flexibilidad. Vive desde los 40 mts. hasta varios cientos de metros de profundidad en el mar.

Lo más llamativo es la trama de su esqueleto, sumamente compleja, hecha con fibras cristalinas, con forma “hexactinélida”, conocidas vulgarmente como esponjas vítreas, cuyo esqueleto mineral está compuesto por espículas silíceas de seis radios que se cruzan en ángulo recto, llamadas “hexactinas”, lo que da nombre al grupo, del que se conocen unas 500 especies.

El esqueleto de *Euplectella* es una maravilla de la ingeniería, supera en rigidez a una estructura tubular similar hecha uniformemente de aluminio en dos órdenes de magnitud. Ello se debe a la ultraestructura a distintas escalas de dicho esqueleto. Las fibras no están hechas de dióxido de silicio puro y uniforme, sino que se forman por la agregación de capas sucesivas otorgándole mucha más resistencia que si fuesen simplemente macizos, cuyas fibras se disponen siguiendo ejes longitudinales, transversales y finalmente diagonales según un patrón muy regular, lo que minimiza el efecto de las fuerzas de compresión, tracción y torsión.

Estos elementos estructurales y, en concreto, las espículas basales, se comportan como una fibra óptica de unas propiedades tan excepcionalmente buenas -especialmente en lo que se refiere a flexibilidad- que ninguna de las que se han creado hasta la fecha es capaz de igualarla; la solidez impresionante de su esqueleto está justificada a 500 atmósferas.

Concluimos que los animales construyen sus espacios resolviendo claros problemas ante claras necesidades, con cierto grado de creatividad y calidad, para protegerse del medio ambiente y de depredadores, con un alto rigor genético. Esto nos lleva a reflexionar respecto del ser humano que, a lo largo de su evolución, ha perdido esa capacidad genética de resolución de problemas y creatividad.

El ser humano, en su búsqueda de innovar, progresar y hacer más tecnológico su accionar en la profesión, ha dejado de lado algunos de los objetivos más importantes y básicos para la vida de la humanidad.

II – Aprendiendo de la Naturaleza desde los SISTEMAS

Las matemáticas no son un descubrimiento del genio humano. El hombre tan sólo constató su existencia en un sistema natural donde reinaba el orden, el ritmo y la proporción, y sintió la necesidad de crear una simbología adecuada que le permitiera interpretar, comprender y aplicar el conocimiento matemático.

A continuación, veremos un conjunto de esos conocimientos que, a priori, nos permitirá adentrarnos en el estudio de la naturaleza desde un enfoque sistémico, en el que abundan situaciones sorprendentes e insospechadas.

Los números primos

Los números primos son un caso particular en la familia de los números naturales que sólo son múltiplos de sí mismos y de la unidad. El único número primo par es el 2. Los demás todos son impares.

Otra característica de esta familia de números es que, hasta la fecha, no se ha logrado enunciar ninguna fórmula capaz de determinar cómo obtener un número primo. Se sabe que existen en un entorno que va siguiendo los múltiplos de 6 +/- 1, pero su aparición sigue siendo espontánea, lo que significa que no todos los números que se encuentran en ese entorno sean necesariamente primos.

Euclides demostró que hay infinitos números primos, por lo que siempre habrá un número primo mayor que el denominado mayor primo conocido.

A medida que avanza el tiempo y se cuenta con nuevos métodos de cálculo, siguen descubriéndose números primos, siendo $2^{77232917} - 1$ el más grande conocido hasta la fecha, descubierto en 2017 y cuenta con 23.249.425 dígitos.

Quizá la pregunta apropiada sería ¿tienen los números primos alguna injerencia en la vida común de los seres humanos para que su estudio tenga alguna trascendencia?

Una aplicación directa de los números primos que tiene un significativo valor en las actividades cotidianas es el encriptamiento de los códigos que protegen las tarjetas de crédito.

Para garantizar la seguridad en el intercambio de información en la web se utiliza un algoritmo criptográfico desarrollado en 1977 por Rivest, Shamir y Adleman, del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), identificado por las siglas de sus apellidos (RSA).

Este algoritmo está basado en la factorización de números enteros en números primos, siguiendo la rutina de todo sistema criptográfico de clave pública: el usuario posee dos claves de cifrado, una pública y otra privada. Al enviar un mensaje, el emisor utiliza la clave pública del receptor, cifrando de este modo su mensaje. El receptor, al recibir el mensaje, lo descifra aplicando su clave privada.

El sistema RSA consiste en representar los mensajes enviados mediante números enteros contruidos a partir del producto de dos números primos muy grandes elegidos al azar, mantenidos en secreto.

Aunque pareciera muy fácil descubrir el código, lo que se lograría descomponiendo el número entero en sus factores primos, no lo es en este caso, pues se trabaja con números primos de 100 dígitos que, al multiplicarlos, dan como resultado un número de tal magnitud que descomponerlo representa una tarea prácticamente imposible.

Es así que los números primos resultan muy importantes para los negocios, las comunicaciones, los registros, etc., pues todas las transacciones comerciales que se realizan por Internet dependen de ellos.

Hasta la fecha, conocer cómo se distribuyen, cómo se pueden obtener números primos cada vez más grandes, que puedan ser utilizados como clave criptográfica, sigue siendo el reto permanente para las tecnologías y para las propias matemáticas.

Un desafío que plantea la famosa hipótesis de Riemann, que hasta ahora nadie ha sido capaz de resolver, pese al esfuerzo de los mejores matemáticos del mundo durante 159 años. Hipótesis planteada en 1859 por Bernhard Reinmann, que trata de explicar cómo podrían estar distribuidos los números primos, pero que su autor tampoco pudo llegar a demostrarla. Si en algún momento alguien lograra hacerlo, esto complicaría la forma de hacer negocios y sin duda llegaría a afectar el futuro de la computación.

A tal punto que, en 2000, el Instituto Clay de Matemática, de la Universidad de Cambridge (Massachussets) ha ofrecido un premio de un millón de dólares a quien lograra demostrar esa famosa conjetura.

La proporción áurea

"Se dice que una línea recta está dividida en el extremo y su proporcional cuando la línea entera es al segmento mayor como el mayor es al menor." (Euclides en "Los Elementos")

Este teorema, conocido vulgarmente como el de la media y extrema razón, se refiere a la división de un segmento en otros dos (a y b), tales que el segmento mayor (a) es proporcional al menor (b), de la misma manera que el segmento total ($a + b$) lo es al segmento mayor (a).

El valor de esta proporción es un número irracional denominado *phi* (Φ)¹², conocido como el "número de oro", cuyas características y propiedades son muy interesantes:

$$x = \frac{1 + \sqrt{5}}{2} = 1,61803 \dots = \varphi \qquad x = \frac{1 - \sqrt{5}}{2} = -0,61803 \dots = -\frac{1}{\varphi}$$

Una de esas propiedades es la conformación de una serie, conocida como "**serie dorada**", en la que cada número de la misma es el resultado de sumar los dos anteriores:

¹² Se aplica la letra phi al nombre del número de oro en homenaje a Fidias, el más famoso escultor de la antigua Grecia, por ser la inicial de su nombre.

$$\Phi^{-4} = 0,14589803375... = \Phi^{-6} + \Phi^{-5}$$

$$\Phi^{-3} = 0,23606797750... = \Phi^{-5} + \Phi^{-4}$$

$$\Phi^{-2} = 0,38196601125... = \Phi^{-4} + \Phi^{-3}$$

$$\Phi^{-1} = 0,61803398875... = \Phi^{-3} + \Phi^{-2}$$

$$\Phi^0 = 1 = \Phi^{-2} + \Phi^{-1}$$

$$\Phi = 1,61803398875... = \Phi^{-1} + \Phi^0$$

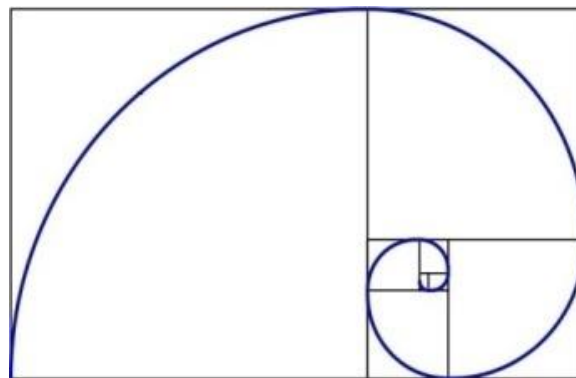
$$\Phi^2 = 2,61803398875... = \Phi^0 + \Phi$$

$$\Phi^3 = 4,23606797750... = \Phi + \Phi^2$$

$$\Phi^4 = 6,85410196625... = \Phi^2 + \Phi^3$$

Construyendo un rectángulo de base Φ y altura 1, que llamaremos “rectángulo áureo”, podemos ir construyendo nuevos rectángulos áureos de dimensión menor, procediendo de la siguiente manera:

Tomando el lado menor del rectángulo, construimos un cuadrado de modo de dividirlo en éste y un nuevo rectángulo, que ahora tendrá como lado mayor el que antes fuera lado menor del rectángulo inicial, y como lado menor, el segmento que resulte de restar al lado mayor del rectángulo inicial, su lado menor. Siguiendo sucesivamente este procedimiento hacia el interior del rectángulo áureo inicial, obtendremos como resultado el que se indica en la figura, en la que además hemos trazado una espiral que llamaremos “*espiral dorada*”.



Espiral dorada. Fuente: producción propia

Esta singular espiral no sólo representa una de las curiosidades de la proporción áurea, sino que además es el proceso de crecimiento armónico de los moluscos gasterópodos provistos de una concha espiral, como el Nautilus Shell.

La serie de Fibonacci

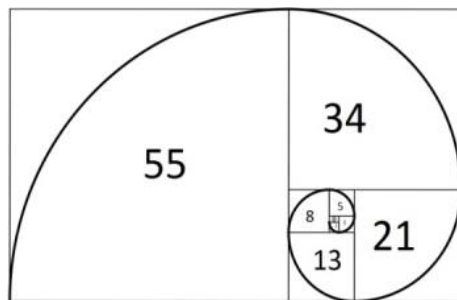
Leonardo de Pisa, más conocido como Fibonacci, preocupado por la descendencia de una pareja de conejos y de qué modo esta descendencia podría ir creciendo, estudió lo

que pasaría si esta evolución se producía con una frecuencia determinada, descubriendo que existe un patrón cuyo resultado es una serie numérica, donde cualquier número perteneciente a la serie es consecuencia de la suma de sus dos precedentes:

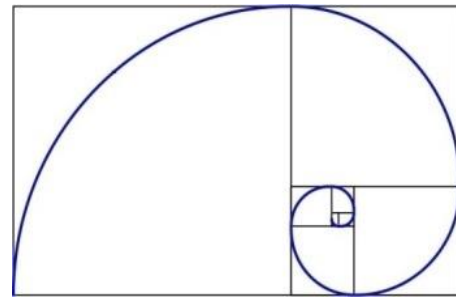
1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 577, 810, 1.387, 2.197, 3.584, 5.781, ...

Del mismo modo que en el caso del rectángulo áreo, podemos construir otro rectángulo siguiendo un procedimiento similar, pero en sentido inverso.

Tomando como base un cuadrado de lado 1, le anexamos otro igual, obteniendo así un rectángulo de base 2 y altura 1. Adjunto a este rectángulo construimos un cuadrado de lado 2, y obtenemos un nuevo rectángulo de base 3 y altura 2. Ahora le anexamos un cuadrado de lado 3, lo que da por resultado un nuevo rectángulo de base 5 y altura 3. Continuando con este proceso, lo que iremos obteniendo serán rectángulos en los que sus lados pertenecen a algún par de la serie de Fibonacci, y uniendo los vértices de los rectángulos lograremos dibujar una espiral que, si la comparamos con la dorada comprobaremos que existe una similitud muy aproximada entre ambas.



Espiral de Fibonacci



Espiral dorada

Obsérvese la similitud existente entre ambas curvas. Fuente: Producción propia

Lo asombroso es que esta forma espiral también la encontramos en abundancia en la naturaleza, como en la distribución de las semillas en una flor del girasol o también en la Vía Láctea.

Además, si contamos las curvas en que se distribuyen las semillas de la flor, comprobaremos que su número, en un sentido, corresponde a uno de la serie de Fibonacci, y en el sentido contrario, al número siguiente.

Los números trascendentes

Se denomina “número trascendente” a todo número que no es algebraico, es decir, que no es solución de ninguna ecuación polinómica con coeficientes racionales.

Algunos ejemplos de números trascendentes son: π y e .

Es mucho lo que puede decirse de π pero también es cierto que es harto conocido, de modo que nos limitaremos a sólo mencionarlo acá.

Aunque la lista es infinita, se dan acá los primeros dígitos del valor de π

$\pi = 3,141592653897932384...$

Por su parte, e aparece en casi todas las ramas de la ciencia y de la tecnología, y también en algunas situaciones de la vida:

en economía, en el interés continuo.

en química, en la desintegración radiactiva.

en la naturaleza: en el crecimiento demográfico de una población.

en arqueología para determinar la edad aproximada de cualquier objeto o fósil, mediante el carbono 14, $c-14$.

en fenómenos con crecimiento y decrecimiento exponencial.

en el crecimiento de una colonia de bacterias.

en la absorción de los rayos X por la materia.

en la ingesta de alcohol y conducción de vehículos.

Si bien la lista es infinita, se dan acá los primeros dígitos del valor de e :

$e = 2,7182818284590452353...$

Los números complejos

Los números complejos son un invento de los matemáticos (un recurso) para resolver las ecuaciones correspondientes que no tienen ninguna solución real, resultan de la conjunción de un número real y uno imaginario y parten el número imaginario (i) del tipo:

$$i = \sqrt{-1}$$

En síntesis, los números complejos permiten representar situaciones de la realidad cuya descripción y tratamiento es posible gracias a sus propiedades:

- En el diseño de un ala de avión se logra una sección cuya forma permite que el aire fluya sin turbulencias.
- En el estudio de fractales.
- En áreas diversas de la ciencia y de la tecnología: comunicaciones, aeronáutica y astronáutica, diseño de circuitos, acústica, sismología, ingeniería biomédica, sistemas de generación y distribución de energía, control de procesos químicos y procesamiento de voz.
- Algunas magnitudes eléctricas de un circuito de corriente alterna se expresan utilizando la notación exponencial de los números complejos.
- En el movimiento ondulatorio, la amplitud de una onda armónica en función del tiempo es representada, en algunos casos, en notación compleja.

Las matemáticas en la naturaleza

Los panales de las abejas están formados por celdas hexagonales.

Desde siglos remotos se tiene la convicción de que no existe otra forma que no sea el hexágono que aproveche al máximo el espacio con un consumo mínimo de material.

No obstante, nunca nadie hubo podido decir por qué, hasta que en 1999 se logró demostrar matemáticamente y explicar sus ventajas en lo que se llamó la “conjetura del panal de abejas”¹³.

Las celdas hexagonales les permiten a las abejas aprovechar al máximo el espacio, construir un panal ligero y resistente con el mínimo de cera necesaria, y al mismo tiempo almacenar la mayor cantidad posible de miel.

Es así que se considere al panal una obra maestra de la arquitectura, y los diseñadores están imitando el panal para producir estructuras resistentes con un óptimo aprovechamiento del espacio.

En los genes de las abejas se ha mantenido latente, durante millones de años, el empleo de los hexágonos como las formas más eficaces para desarrollar sus panales.

Antes de pasar al siguiente tema, nos detendremos a analizar este caso particular del panal de las abejas.

El principio que rige la generación de tramas en el espacio bidimensional, partiendo de polígonos regulares, es la coincidencia angular en el punto de concurrencia de éstos, lo que significa que la suma de los ángulos interiores perimetrales pertenecientes a los polígonos concurrentes sea 360° en el punto de concurrencia.

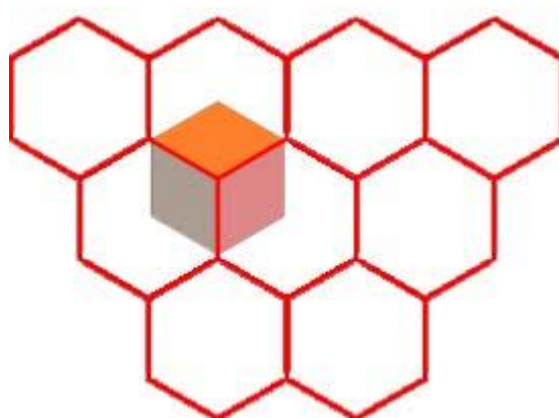
Esta condición la cumplen sólo tres polígonos regulares si se trata de lograr una coincidencia angular utilizando en cada caso un solo tipo de figura. Son ellos: el triángulo, el cuadrado y el hexágono. No obstante, hemos visto que la selección hecha por las abejas responde a un criterio de economía de la sustancia y para ello han adoptado la trama hexagonal.

Resulta aún más interesante este estudio cuando observamos no sólo cómo se ordenan las celdas entre sí, conformando una sumatoria organizada en un mismo plano, con sus caras orientadas hacia una dirección, sino cómo se imbrican por la parte opuesta con otra serie de celdas, también ordenadas según el mismo principio, pero con sus caras orientadas en sentido contrario.

Una manera simple de superponer ambos planos sería haciendo coincidir celda con celda, pero esto permitiría el desplazamiento de un plano según el otro. Ante la posibilidad de que esto suceda, las abejas han encontrado la solución, intercalando las

¹³ La “conjetura del panal de abeja” lo fue hasta que se convirtió en un teorema matemático que sostiene que una red hexagonal en forma de panal de abeja es la mejor manera de dividir una superficie en regiones de igual área y con el mínimo perímetro total. Si bien la conjetura es atribuida a Pappus de Alejandría (c. 290 - 350 a. C.), el teorema fue demostrado por el matemático Thomas C. Hales (1999).

celdas de modo que no exista coincidencia entre ambos planos. A cada centro de una celda de uno de los planos corresponde un vértice de concurrencia de las paredes de la celda en el plano opuesto, tal como se muestra en la figura siguiente:



Ubicación alternada de las celdas en los dos planos superpuestos.

Fuente: Producción propia

Como de igual manera, organizados así los dos planos, se mantendría el riesgo de desplazamiento, los fondos de las celdas no conforman un plano sino que se fracciona en tres rombos que se inclinan un cierto ángulo adosándose uno con otro en forma de pirámide.

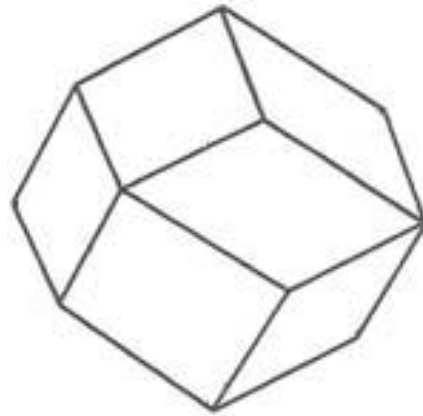
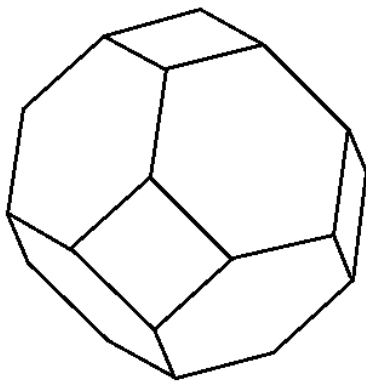
Acá nos detendremos para exponer nuestra hipótesis, basada en los principios de equipartición del espacio¹⁴.

Del mismo modo que en un espacio de dos dimensiones el triángulo, el cuadrado y el hexágono son las únicas tres figuras que lo macizan por adición de polígonos de una misma especie, en el espacio de tres dimensiones existen cinco poliedros que hacen lo propio: el hexaedro, o cubo, los prismas triangular y hexagonal, un poliedro semiregular arquimediano¹⁵, el tetrakaidecaedro o poliedro de Lord Kelvin, y un poliedro recíproco¹⁶, el dodecaedro rómbico.

¹⁴ VEDOYA, Daniel E. y HERMIDA, María del C. (2013); PINCIPIOS BÁSICOS PARA LA ESTRUCTURACIÓN DEL ESPACIO. Corrientes (Argentina): Ediciones del ITDAHu. ISBN 978-987-25052-7-1

¹⁵ Los poliedros semiregulares arquimedianos se conocen así por haber sido Arquímedes de Siracusa quién los descubrió. Para más datos, consultar el libro de Vedoya y Hermida ya citado.

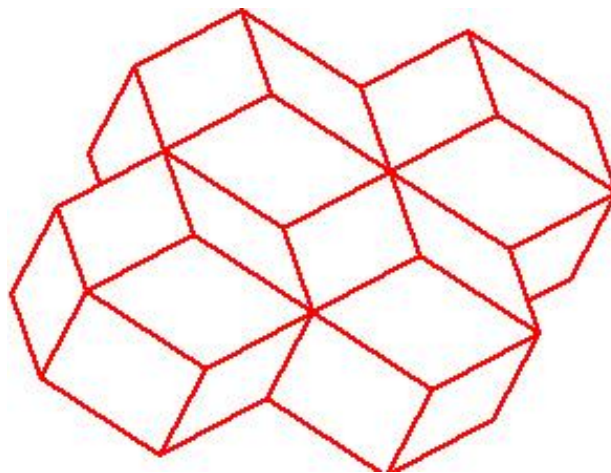
¹⁶ El dodecaedro rómbico es un poliedro compuesto por doce rombos regulares que concurren alternativamente tres y cuatro por vértice. Es recíproco del cuboctaedro, un poliedro semiregular arquimediano que resulta de unir con segmentos los puntos medios de las aristas, tanto del hexaedro como del octaedro. Para más datos, consultar el libro de Vedoya y Hermida ya citado.



A la izquierda Poliedro de Lord Kelvin. A la derecha Dodecaedro rómbico.

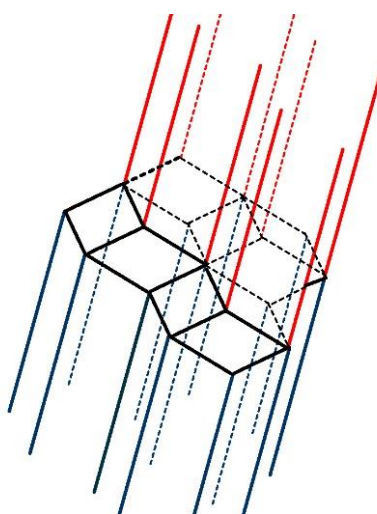
Fuente: Producción propia

La concurrencia de celdas de uno y otro plano se realiza precisamente aprovechando esta propiedad del dodecaedro rómbico de macizar el espacio de tres dimensiones.



Ensamble de dodecaedros rómbicos. Fuente: Producción propia

El encastre de celdas de uno y otro plano toma una sección de cada dodecaedro para lograr un ensamblaje perfecto, sin dejar intersticios y lograr una continuidad espacial digna del más experto de los diseñadores espaciales.



Detalle del encastre entre celdas de uno y otro plano.

Fuente: Producción propia

III. APRENDIENDO DE LA NATURALEZA DESDE LOS PROCESOS

“No sólo basta conocer las especies, también es importante saber su interrelación, es decir, cómo se ayudan para hacer sus procesos. Toda esta parte es muy interesante para el Biomimetismo y para la humanidad”, afirma Melina Ángel, investigadora colombiana del Biomimicry Institute, Nueva York.

Cuando observamos la naturaleza descubrimos que la creatividad humana ha sido superada sobradamente. Investigaciones recientes han descubierto que los humanos no fueron la primera especie en inventar varios de los mecanismos que se le hubieron atribuido. La rueda, este supuesto “invento” que ha evolucionado y revolucionado en todos los ámbitos de la industria, ya la naturaleza, muchos millones de años antes, la ha aplicado en ámbitos microscópicos, imposible de ser percibidos por el ojo humano sin la ayuda de instrumentos de precisión.

Y lo mismo sucede con algunos derivados, como las tuercas y tornillos, los engranajes, etc.

Tornillos y tuercas

El mecanismo de tuerca y perno que es empleado para atornillar una cosa a otra, ya los gorgojos hacen lo mismo para unir sus piernas a sus cuerpos en lugar de usar la bola más familiar de articulación de zócalo.

Científicos del Instituto de Radiación Sincrotrón en el Instituto de Tecnología de Karlsruhe (ANKA) y el Museo Estatal de Historia Natural en Karlsruhe en Alemania, dirigidos por Thomas van der Kamp, han estado estudiando al *Trigonopterus oblongus*,

un género de 90 especies descritas de gorgojos no voladores que se originan en regiones de bosques tropicales de Nueva Guinea, Sumatra, Filipinas, Samoa y Nueva Caledonia.

El *Trigonopterus oblongus* es un género de gorgojos no voladores que se encuentra en un área entre Sumatra, Samoa, Filipinas y Nueva Caledonia. Tiene la particularidad de que su cadera no consiste en el gozne de costumbre, sino en articulaciones basadas en un sistema de tornillo y tuerca.

Engranajes

Otro ejemplo, en este caso de mecanismo de locomoción, lo tenemos en el *Issus coleoptratus*, un pequeño saltamontes que, si bien no puede volar, sí puede saltar, y lo hace muy bien gracias a que sus patas cuentan con un mecanismo especial en sus extremidades.

Un grupo de biólogos del Reino Unido, con la ayuda de un microscopio electrónico de barrido, descubrió que dispone de «engranajes» en la base de sus patas. Es el primer animal del que se sabe que posee unas estructuras en el cuerpo que funcionan como engranajes, los cuales sincronizan el impulso de propulsión de las patas traseras. Este descubrimiento ha sido publicado en *Science*.

No obstante, este mecanismo tiene una vida útil muy reducida, y va desapareciendo a medida que pasa del estado de ninfa al de adulto.

A medida que crece desarrolla distintas técnicas de salto, y sus despegues del insecto se hacen cada vez más rápidos, mientras va dejando atrás los engranajes.

Flagelo bacteriano

La rueda no está exenta de esta serie de hechos en que la naturaleza ha aventajado al hombre en su capacidad creativa.

El *flagelo bacteriano* es una estructura filamentosa que sirve para impulsar la célula bacteriana, única, completamente diferente de los demás sistemas presentes en otros organismos, presentando una similitud notable con los sistemas mecánicos artificiales, y se compone de varios elementos que rotan del mismo modo que una hélice.

Posee un motor rotativo compuesto por proteínas, situado en el punto de anclaje del flagelo, impulsado por la fuerza motriz de una bomba de protones (iones de hidrógeno), que actúan a través de una membrana.

El rotor puede girar a 6.000 hasta 17.000 [rpm](#), No obstante, el filamento por lo general sólo alcanza 200 a 1.000 rpm.

El escarabajo de Namibia

Namibia es un estado africano ubicado al sudoeste de África. En él se encuentra un desierto considerado el más viejo de la tierra: el desierto de Namibia.

Es uno de los lugares más cálidos del planeta, donde la temperatura alcanza los 60° C, y apenas caen unas pocas gotas de lluvia entre los meses de octubre a marzo.

No obstante, cada poco día al año se producen nieblas matinales que les permite a algunas plantas obtener agua y, sobre todo, a un escarabajo específico de Namibia, del género *Stenocara*.

Cuando hay niebla, este pequeño animalito se encorva levantando el torso y se pone en posición frontal al viento, logrando de este modo extraer gotitas de agua de la niebla que se condensa en su lomo, y la posición hace que se deslicen hacia su boca. Es notable el esfuerzo que hace para mantenerse suspendido sobre una pequeña duna y poder arquearse.

El dorso del escarabajo tiene un aspecto cerúleo y rugoso que se mantiene siempre limpio, con una superficie que repele al agua, evitando mojarse, lo cual tiene mucho que ver con la forma de obtener el agua.

Sin embargo, la parte superior de las protuberancias hacen el efecto lo contrario, atrayendo el agua, de modo que poniéndose de cara al viento logra atrapar gotitas de agua que después caen a la zona que la repele y que no moja al animal, llegando intacta y sin evaporarse hasta su boca.

El efecto Doppler, el tren bala y el Martín Pescador

La velocidad del sonido es exactamente 343,5 m/s, (1.236,600 km/h). La luz camina un poco más deprisa, exactamente a 299.792,458 km/s.

El efecto Doppler es el cambio de frecuencia aparente de una onda producida por el movimiento relativo de la fuente respecto a su observador. Debe su nombre al físico austriaco Christian Andreas Doppler, quién lo propuso en 1842.

Es el caso de los aviones supersónicos. Cuando estos vehículos circulan a una velocidad inferior a la del sonido, éste se mantiene delante del avión. A medida que el jet aumenta su velocidad y va alcanzando la del sonido, éste se va acumulando progresivamente hasta que, al ser superado por la velocidad del avión, se produce un estallido y el sonido, que antes transitaba delante del jet, ahora va a la zaga.

En el Japón ocurría algo semejante en el caso de los trenes de alta velocidad, conocidos como “tren bala”, cuando éstos atravesaban algún túnel y comenzaba a emerger de ellos. Allí se producían turbulencias sonoras muy fastidiosas que molestaban los oídos de los pasajeros.

El ingeniero japonés Eiji Nakatsu, al observar el proceso que seguía un simpático pajarito, conocido con el nombre de Martín Pescador, cuando se dedicaba a apresar con el pico su comida desde el interior de un lago, le llamó la atención que cuando el ave se sumergía en el agua no provocaba salpicaduras, lo que le permitía mantener fija la mirada sobre su presa en todo momento.

Nakatsu descubrió que el secreto de esto estaba en la anatomía del pico, diseñado de tal forma que, al introducirse en el agua, evitaba todo tipo de salpicadura y permitía al ave concentrar su mirada en la presa.

Tomar en consideración esta anatomía y trasladarla al diseño de la trompa del tren bala fue la solución apropiada al problema de las turbulencias, que desaparecieron por completo.

REFLEXIONES FINALES

La biomimética pone a nuestra disposición un abanico de herramientas para un abordaje de la sustentabilidad inspirado en las formas, los procesos y los sistemas como lo hace la naturaleza, con total eficacia y eficiencia.

La biomimética representa un nuevo enfoque en una sociedad acostumbrada a dominar o transformar la naturaleza.

La posibilidad de aprender de la naturaleza e inspirarse respetuosamente en sus formas, procesos y sistemas, representa un nuevo paradigma en pleno desarrollo, que augura un futuro potencialmente más armónico entre naturaleza y sociedad.

BIBLIOGRAFÍA

- BENYUS, Janine M. (2012) Biomímesis. Cómo la ciencia innova inspirándose en la naturaleza. Barcelona (España): Tusquets Editores S.A.
- GHYKA, Matila C. (1953) Estética de las proporciones en la naturaleza y en las artes. Buenos Aires (Argentina): Editorial Poseidón
- MUÑOZ ALONSO, Federico y ESPINOSA SÁNCHEZ, Carlos. La geometría fascinante del panal de miel. Profesores de Matemáticas del I.E.S. "Archipreste de Hita", Azuqueca, Guadalajara, México. Recuperado de: http://www.arcipreste.org/users/wm0836/ma/recursos/geometria_del_panal_de_miel_bis.pdf
- PACIOLI, Luca (1946) La divina proporción. Buenos Aires (Argentina): Ed. Losada.
- PEARCE, Peter (1979) Structure in nature is a strategy for design. Cambridge (Massachusetts, USA): The MIT Press.
- SANTIBÁÑEZ SAUCEDO, Susana I. (2007): Biodiseño. Aportes Conceptuales de Diseño en las Obras de los Animales. Tesis doctoral, Facultad de Arte de la Universidad de Barcelona.
- SAUTOY, Marcus du (2009) Simetría, Un viaje por los patrones de la naturaleza. Barcelona (España): Acantilado Cuaderns Crema, S.A.U.
- SKINNER, Stephen (2007) Geometría Sagrada. Madrid (España): Gaia Ediciones
- VEDOYA, Daniel E. (2014) La transposición tecnológica. Introducción a la génesis de los procesos tecnológicos. Saarbrücken (Alemania): Editorial Académica Española.

VEDOYA, Daniel E. (2014 b) La transposición tecnológica. Una estrategia para el diseño y análisis de la obra arquitectónica con enfoque tecnológico. Saarbrücken (Alemania): Editorial Publicia.

VEDOYA, Daniel E. y HERMIDA, María del C. (2013) Principios básicos para la estructuración del espacio. Corrientes (Argentina): Ediciones del ITDAHu.

WAGENSBERG, Jorge (2006) A más cómo, menos por qué. Barcelona (España): Tusquets Editores S.A.

WAGENSBERG, Jorge (2004) la rebelión de las formas. Barcelona (España): Tusquets Editores S.A.

WAGENSBERG, Jorge (2002) Si la naturaleza es la respuesta, ¿cuál era la pregunta?. Barcelona (España): Tusquets Editores S.A.

<http://www.animalarchitecture.org/>

<http://2.bp.blogspot.com>

<http://apuntesdearquitecturadigital.blogspot.com.ar/2014/03/si-la-arquitectura-se-esfuerzo-durante.html>

<https://es.wikipedia.org/wiki/Rombododecaedro>

EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO SUSTENTABLE BASADO EN PROCESOS NATURALES

Alexia Stucke, Daniel Vedoya y Rosanna Morán

Ponencia presentada en

XI CRETA (Congreso Regional de Tecnología de la Arquitectura)

Sede: Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la

Universidad Nacional de Mar del Plata. 28, 29 y 30 de agosto de 2019

RESUMEN

La cuestión ambiental es actualmente un tema de preocupación científica, social, cultural y técnica. El trasfondo conceptual y cultural data de los años 60 y 70. La arquitectura forma parte de un sistema de producción y consumo insostenible, siendo el resultado de concepciones erróneas, con impactos negativos que destruyen el ambiente y disminuyen la calidad de vida de las personas.

La arquitectura sustentable se centra en la búsqueda de un diseño ambientalmente consciente mediante la optimización del uso de los recursos naturales para el logro de sus objetivos.

Consecuentemente con estas problemáticas, el esfuerzo se orienta hacia la búsqueda de soluciones de diseño más eficaces, proyectos más eficientes que puedan lograr un equilibrio entre lo humano y la naturaleza, lo que ha dado lugar a una nueva tendencia que se conoce como Arquitectura Biomimética (de “bios” = vida, y “mimesis” = imitar).

Si bien la arquitectura y la naturaleza han ido de la mano desde el comienzo, hoy la arquitectura biomimética va más allá de la simple imitación de las formas naturales, orientándose al análisis de los diversos procesos naturales, de modo de transponer esos comportamientos a las instalaciones de los edificios, optimizando las condiciones de habitabilidad y confort y aplicando criterios de ahorro energético.

La aplicación del conocimiento de la naturaleza a problemas de diseño podrá ser encarado a través de tres caminos diferentes: 1. El análisis de un caso real de biomimética; 2. La aplicación de una solución natural al diseño de un objeto tecnológico; y 3. La resolución de un problema técnico aplicando principios de biomimética.

Es objetivo del trabajo resolver problemas tecnológicos que condicionan la obra arquitectónica mediante la transposición tecnológica de diversos comportamientos de la naturaleza, mediante un abordaje desde las formas, los sistemas y los procesos, que permite su estudio según tres enfoques diferenciados, en los cuales se basa la biomimética.

PALABRAS CLAVES: BIOMIMÉTICA, DISEÑO FORMAS, PROCESOS, SISTEMAS

INTRODUCCIÓN

El impacto ambiental es un tema de dimensión universal, con característica científica, social y cultural que mantiene preocupado a nuestro planeta data desde la década del '60, puesto de manifiesto en sucesivas reuniones que dio por resultado el Informe Bruntland (1987) sobre el desarrollo sustentable, que sirviera como eje de la Cumbre de la Tierra, celebrada en Río de Janeiro, en 1992.

La arquitectura no es ajena a este problema. Su práctica adquiere relevante importancia por cuanto descuidar estas recomendaciones conlleva contaminar el ambiente, reducir la vida útil de los edificios, hacer un uso excesivo y descontrolado de la energía, etc.

La arquitectura sustentable propone un diseño ambientalmente consciente por medio de la optimización de los recursos naturales como estrategia para el logro de sus objetivos. Las acciones se orientan así hacia la búsqueda de propuestas de diseño más eficaces y proyectos más eficientes que ofrezcan un equilibrio entre lo humano y la naturaleza.

Se propone una metodología para el diseño arquitectónico basada en la transposición de procesos naturales aplicados en la solución de problemas concretos que se presentan en el diseño arquitectónico para lograr soluciones sustentables.

Se tomó como unidad de análisis la obra de Norman Foster conocida como Gherkin o “el pepinillo”, ubicada en el corazón financiero de Londres; edificio único por ser la primera torre ecológica de la ciudad inaugurada en el año 2004. En ella se tuvieron en cuenta para el diseño, principios biomiméticos inspirados en la naturaleza, que permitieron la resolución eficiente de la materialización y funcionamiento del edificio.

DESARROLLO

La discusión se centra actualmente en la tensión entre desarrollo y preservación, aparentemente resuelta con el término “desarrollo sustentable”. Existe un abanico de esfuerzos teóricos y prácticos ensayados para encontrar respuestas arquitectónicas a los cuestionamientos ambientales como ser el “bioclimatismo”, el “biomimetismo”, la “arquitectura sustentable”, la “arquitectura ambientalmente consciente”, la “eco – arquitectura”, la “arquitectura verde”, por solo nombrar algunos (Pilar, 2016).

La Arquitectura sostenible, es aquella que reflexiona sobre el impacto ambiental de todos los procesos de la materialización y vida útil de los edificios, desde los materiales de fabricación (estudiando si son renovables o no, si producen desechos tóxicos, etc.), las técnicas de construcción (que supongan un mínimo deterioro ambiental), la ubicación de los edificios y su impacto en el entorno, el consumo energético de la misma y su impacto, y la factibilidad de reciclar los materiales una vez finalizada su vida útil (Pilar, 2016).

La torre de oficinas Swiss Re, con forma de pepino y el Ayuntamiento de Londres (Fig. 1), semejante a la sección de un pulmón son claros ejemplos de la búsqueda de Norman Foster de aplicar principios biomiméticos a sus obras. En ambos casos, los modelos de la naturaleza puestos a prueba durante siglos, se adaptan para crear una arquitectura viva y sensible al entorno.

La trasposición de procesos naturales aplicados a la resolución de problemas de diseño arquitectónico se evidencia en estas propuestas edilicias de Foster.



Fig. 1 - Edificio Gherkin en Contexto Urbano. Fuente: <http://pasharevista.com/>

La influencia de Buckminster Fuller, con quien Foster compartió utopías y trabajo durante los 70, está presente en esta obra: el óvalo gigante de vidrio y acero con seis atrios triangulares en su interior le da a la torre su propio microclima y elimina la necesidad de aire acondicionado. Se trata de un concepto que Foster y Fuller ya discutían en aquellos años, pero que sólo es posible en la actualidad dada la asistencia que las herramientas digitales ofrecen hoy al diseño.

Generado a partir de una planta circular, partiendo de una geometría radial, el perfil del edificio se ensancha a medida que asciende y se estrecha al llegar al vértice. Esta forma característica responde a las limitaciones del emplazamiento: el edificio es más esbelto que un bloque rectangular de las mismas dimensiones y el hecho de que su perfil se estreche al descender hacia la base posibilita que el espacio público sea mayor en el nivel rasante (Fig. 2).

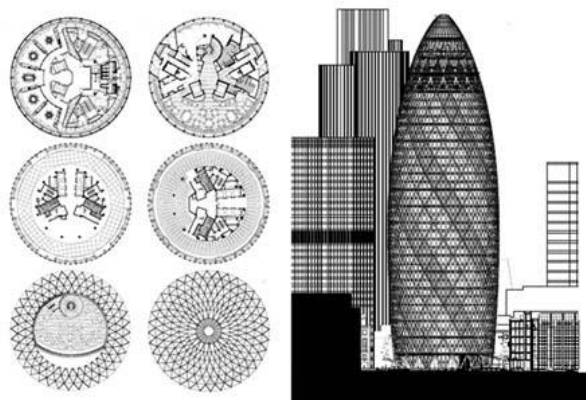


Fig. 2 - Plantas y perfil del edificio. Fuente: <https://es.slideshare.net/margiordano/peruarki-revista-no3>

Los 180 metros de altura de la torre, metidos en un terreno bien estrecho, encendieron el debate. Foster dijo: “El corazón de la ciudad es el único lugar donde tiene sentido irse para arriba en la construcción, dada la densidad y la falta de verde”. (Clarín, 2006)

Es por esto que, en términos ambientales, su perfil también contribuye a reducir la desviación del viento, en comparación con una torre rectilínea de un tamaño similar, lo cual ayuda a mantener un entorno agradable en el nivel de la calle (Fig. 3).



Fig. 3 - Primeros niveles y Escala Humana Fuente: <https://peru.com/actualidad/internacionales/>

Su forma continua reduce la presión del viento que han de soportar las caras planas y las esquinas de los edificios prismáticos y evita la turbulencia de aire generada en sus bases. La morfología curvada del edificio es aerodinámica, colabora al paso de las corrientes de aire restando exigencia al sistema estructural, incluso aprovechando las zonas de mayor exposición para enfriar el gran vacío central (Fig. 4).

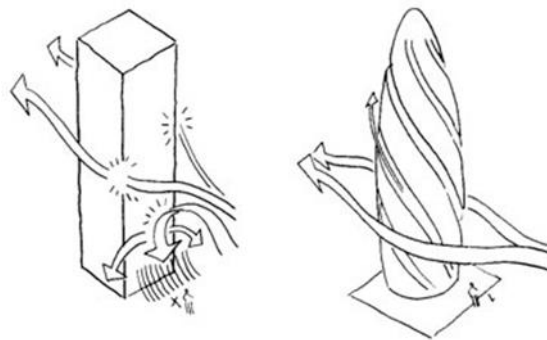


Fig. 4 - Estudio sobre vientos. Fuente: <http://archinomy.com/case-studies/669/30-st-mary-axe-the-gherkin-london>

La mayoría de los edificios altos consiguen su estabilidad lateral por una estructura central o mástil de un perímetro, o una combinación de ambos. Normalmente, esto significa que están diseñados para soportar vientos fuertes, pero son demasiado flexibles para garantizar la comodidad de los ocupantes.

Asimismo, genera diferenciales de presión externa que se aprovechan para accionar un sistema de ventilación natural único (Fig.5).

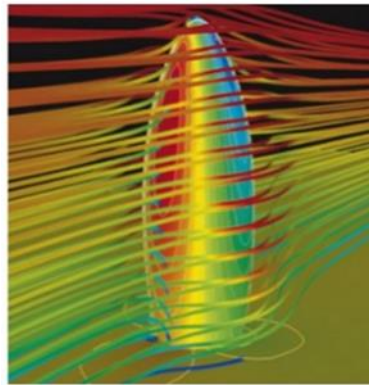


Fig. 5 - Vientos. Fuente: <https://www.archute.com/the-gherkin-a-monumental-building-in-the-middle-of-london-by-foster-partners/>

En el plano conceptual, la torre desarrolla ideas exploradas en el Commerzbank y, previamente, en la Climatoffice, un proyecto teórico realizado en colaboración con Buckminster Fuller que planteaba una nueva relación entre la naturaleza y el lugar de trabajo, y que presentaba un cerramiento eficiente en términos energéticos que suponía descomponer los muros y la cubierta en un revestimiento triangular continuo.

La estructura sustenta un esquema de malla diagonal perimetral. La combinación de ésta con el núcleo central contribuye a la estabilidad del conjunto. Radialmente presenta seis sectores abiertos por donde además de pasar el aire, aportan iluminación. Cada nivel está girado cinco grados respecto del anterior, conformando vacíos que constituyen un eficaz sistema de ventilación natural que reducen a la mitad el consumo energético comparado con métodos tradicionales de climatización. Los atrios continuos están cerrados exteriormente por vidrios tintados de gris (Figs.6 y 7).



Figs. 6 y 7 – Detalles de la fachada. Fuente: <https://www.archute.com/wp-content/uploads/2015/09/img2-31.jpg>

La piel de la torre tiene doble acristalamiento creando un espacio intermedio como mecanismo de ventilación para lograr enfriamiento natural y mantener el confort térmico interior (Figs. 8 y 9).

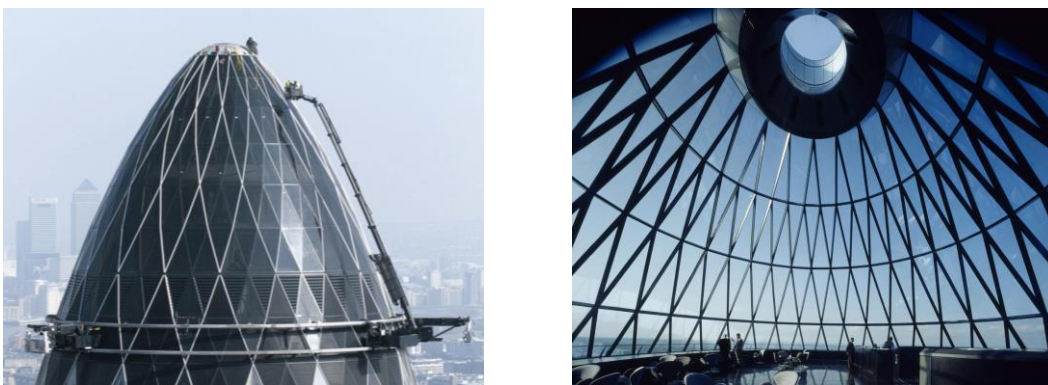


Fig. 8 y 9: Detalle de espacios entre acristalamientos. Fuente: <https://www.archute.com/wp-content/uploads/2015/09/img2-31.jpg>

La torre está construida con un sistema llamado fachada de doble piel la cual consiste en dos revestimientos dispuestos y colocados de una manera particular que permite que la circulación de aire ocurra dentro del espacio intermedio entre los dos paneles. Debido a este sistema, cada nivel en el edificio está bien ventilado y junto con la circulación del aire, también regula el control de la temperatura.

El sistema del edificio se comporta de acuerdo con el clima, ajustándose al entorno circundante y manteniendo la temperatura constante dentro de este. Además, regula la cantidad de luz que puede penetrar a través de las ventanas, lo que hace que no sea necesario instalar persianas debido a un sistema de autoajuste.

La fachada está constituida por la repetición de triángulos, lo cual crea un patrón unificado en todo el edificio con un total de 24,000 metros cuadrados de vidrio dispuestos como paneles en forma de diamante. A pesar de la naturaleza circular del pepinillo, los paneles de vidrio no son circulares, excepto el que cubre la cumbre, que fue diseñado como una figura con forma de cúpula muy intrincada (Figs. 10 y 11).



Figs. 10 y 11 - Vista y detalle de la cúpula. Fuente: <https://www.archute.com/the-gherkin-a-monumental-building-in-the-middle-of-london-by-foster-partners/>

Los atrios situados entre los dedos que irradian de cada planta se enlazan en el plano vertical y componen una serie de espacios informales de ocio que forman lugares para relajarse y zonas de encuentro, constituyen un nexo social natural y son, a su vez, los «pulmones» del edificio, pues distribuyen el aire fresco atrapado en el interior mediante la abertura de los paneles de la fachada (Fig. 12). Este sistema reduce el uso del aire acondicionado y, junto con otras medidas sostenibles, posibilita que el edificio consuma únicamente la mitad de la energía requerida por torres de oficinas con sistemas de aire acondicionado convencionales.

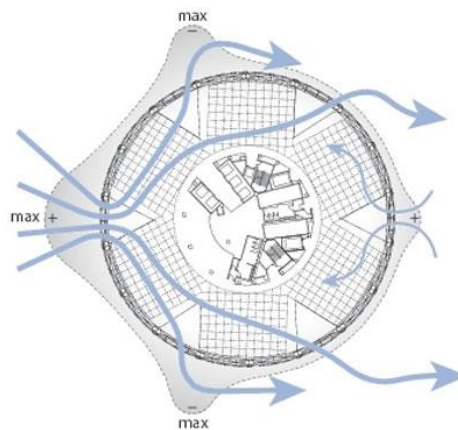


Fig. 12 - Diagrama de Ventilación Interna. Fuente: <https://www.archute.com/the-gherkin-a-monumental-building-in-the-middle-of-london-by-foster-partners/>

La estructura tipo “Diagrid” está resuelta mediante una rejilla diagonal de vigas con soportes de acero ensamblados de forma triangular (Fig. 13). Este sistema portante redujo la cantidad de acero necesario, lográndose ahorro monetario, energético y de tiempo.

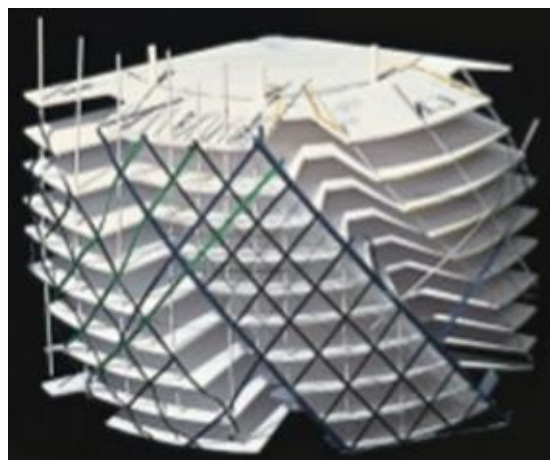


Fig. 13 - Estructura Tipo “Diagrid”. Fuente: <https://es.slideshare.net/carodriguez21/>

El sistema 'diagrid' responde a la forma curvada del edificio que proporciona soporte vertical a los pisos, con lo que se logra un gran espacio para oficinas, libre de columnas internas. El núcleo central sólo actúa bajo carga vertical y está libre de arriostramiento diagonal. El sistema es altamente eficiente para resistir las fuerzas del viento. Los nodos son el componente fundamental del funcionamiento de la estructura (Fig. 14)

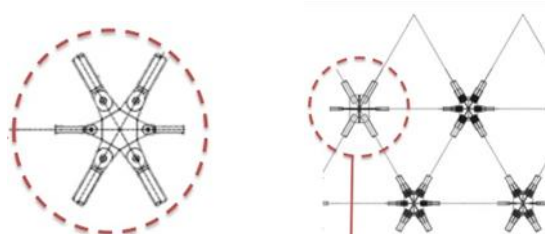


Fig. 14 - Tipos de Nodos y Detalle. Fuente: <https://es.slideshare.net/carodriguez21/>}}

CONCLUSIONES

El edificio, en su conjunto, es un claro ejemplo de arquitectura sustentable, utilizando la mitad de la energía necesaria para un edificio de tamaño similar, sólo por la aplicación de medidas de eficiencia energética:

- *Sistema natural de ventilación y regulación de temperatura:* mediante la construcción de patios helicoidales y el diseño de agujeros en las diferentes plantas para conseguir una ventilación natural, así como estabilizar la temperatura tanto en verano como en invierno y disminuye el uso de los sistemas tradicionales de aire acondicionado.
- *Iluminación natural:* la fachada está construida por un acristalamiento con doubles paneles de vidrio aislante, lo que permite el paso de la luz solar lo que conlleva a un menor uso de la electricidad. Además, el doble acristalado favorece el equilibrio de la temperatura en su interior.
- *Forma:* respondiendo a su forma de pepinillo u oval, está pensada para que el viento no encuentre mucha resistencia, rebajando la presión sobre la estructura del edificio y mejorando el flujo del aire en la zona peatonal evitando así golpes de viento.
- *Sensores de movimiento:* utilizados para el encendido de luces y sistemas de refrigeración evitando el uso innecesario de la electricidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Benyus, J. (2012): Biomimesis. Cómo la ciencia innova inspirándose en la naturaleza - Barcelona (España): Tusquets Editores S.A.
- Archivos Clarín (2006) Arquitectura del siglo XXI. Ediciones del Diario de arquitectura. Buenos Aires, Argentina.
- Goitia Cruz, Aitor (2013) Arquitectos Pritzker. Norman Foster. Clarín Arquitectura. Buenos Aires. Arte Gráfico Editorial Argentino, 98p. Buenos Aires, Argentina.

- Pilar, C. (2018): El sol como inspiración del Diseño Biomimético - Revista ARQUITECNO N° 11, pág. 77, junio de 2018.
- Pilar, C. (2016): Sustentabilidad Ambiental de Sistemas Constructivos Industrializados. Publicación didáctica de la asignatura Construcciones II "A". Ediciones I.T.D.A.Hu. (Instituto de Investigaciones Tecnológicas para el Diseño Ambiental del Hábitat Humano). Facultad de arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional del Nordeste. Resistencia (Prov. del Chaco, Argentina).
- Pisarello, Y. y Vedoya, D. (2013): Conceptos básicos sobre arquitectura bioclimática. Ediciones del ITDAHu, Corrientes (Argentina): Ediciones del ITDAHu.
- Vedoya, D. (2013): La transposición tecnológica como estrategia de diseño – Corrientes (Argentina): Ediciones del ITDAHu.
- Vedoya, D. (2014): La transposición tecnológica. Introducción a la génesis de los procesos tecnológicos – Saarbrücken (Alemania): Editorial Académica Española.
- Vedoya, D. (2014): La transposición tecnológica. Una estrategia para el diseño y análisis de la obra arquitectónica con enfoque tecnológico. Tesis doctoral dirigida por el Catedrático Dr. Juan Carlos Arañó Gisbert. Oberá (Misiones, Argentina): Universidad Nacional de Misiones.
- Vedoya, D. y Prat, E. (2016): Análisis del objeto tecnológico desde la transposición tecnológica. Caso: Domo del Milenio. Revista ADNea, Resistencia (Prov. del Chaco), Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UNNE, vol. 4, págs. 125 a 135.

Sitios Web visitados y consultados

<https://biomimicry.org/>

<https://biomimicry.org/asknature/>

<http://video.google.com/videoplay?docid=2431249397911465064&q=biomimicry&hl=en>

<http://ikoi23.wordpress.com/tag/5-la-biomimetic/>

http://www.universia.net.mx/index.php/news_user/content/view/full/36056/

<https://tenemosnoticias.com/noticia/naturaleza-edificios-inspirados-547584/1157734>

<https://es.slideshare.net/carodriguez21/edificio-gherkin>

https://www.fosterandpartners.com/es/projects/30-st-mary-axe/#bocetos_y_dibujos

http://londontown.com/LondonInformation/Sights_and_Attractions/Swiss_Re/ae9a/imagesPage/26813

PATRONES EN LA NATURALEZA COMO ESTRATEGIA DE DISEÑO SUSTENTABLE

Daniel Vedoya, Claudia Pilar y Rosanna Morán

Ponencia presentada en
XI CRETA (Congreso Regional de Tecnología de la Arquitectura)
Sede: Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la
Universidad Nacional de Mar del Plata. 28, 29 y 30 de agosto de 2019

RESUMEN

Vivimos apegados a la naturaleza. Somos parte de ella. Sin embargo, pasamos al lado de objetos naturales sin observarlos, sin vivenciarlos.

Nos introducimos en el mundo natural y no percibimos en él todo lo que puede aportar a nuestra profesión de arquitectos.

La frase “Si la naturaleza es la respuesta, ¿cuál era la pregunta?” le pertenece a Jorge Wagensberg, doctor en Física, Profesor de la Universidad de Barcelona en “Teoría de los Procesos Irreversibles”.

Resume el cúmulo de situaciones que se dan cuando estudiamos a la naturaleza. Son incontables las respuestas que encontramos en ella y, no obstante, son muchas de las que aún no hemos encontrado las preguntas que les dieron origen.

La biomímesis nos ayuda a comprender estas respuestas y nos enseña cómo aprovecharlas para nuestro bien común.

La naturaleza, a través de sus 4.500 millones de años de vida, ha demostrado efectividad, eficiencia y resiliencia. Por ello resulta propicio su estudio desde el punto de vista científico, pero sobre todo como filosofía inspiradora de diseño.

La biomimética (de *bios*: vida; *mimesis*: imitación), orienta el presente trabajo en un abordaje de la naturaleza según tres patrones perfectamente definidos: las formas, los sistemas y los procesos.

La consigna de Louis Sullivan, “la forma sigue a la función”, se manifiesta constantemente en la naturaleza. Es fácil verificarlo observando cualquier objeto natural. Nos extasiamos con su belleza y perfección, su forma, sus colores, etc., sin imaginar siquiera su estructura interior.

Esa organización interna, la interacción entre sus partes, la finalidad específica del conjunto, es precisamente una demostración de que lo que estamos observando es un verdadero sistema.

Además, forma y sistema están íntimamente vinculados mediante procesos internos que los hacen interdependientes uno del otro. En la naturaleza todo es holístico, al tiempo que nada es casual.

La naturaleza no sólo ha resuelto todos sus problemas de manera adecuada: todo lo que ha hecho lo ha hecho bien.

La tríada constituida por las formas, los sistemas y los procesos se ofrece como estrategia para resolver problemas de diseño en arquitectura.

La hipótesis que guía este trabajo sostiene que es factible aprender de la naturaleza y encontrar en ella patrones apropiados para el diseño de una arquitectura más sustentable.

La metodología aplicada es la del estudio de casos de elementos naturales, su sistematización y transposición a problemas de diseño arquitectónico.

Como principales resultados se reconoce la eficacia conceptual del aporte biomimético, tanto para el análisis de objetos arquitectónicos como para la propuesta de nuevos principios de diseño que retomen el lazo perdido con las fuentes de inspiración natural.

Se trabaja así con patrones de diseño que son extraídos de la observación de la naturaleza proponiendo soluciones que han sido probadas.

PALABRAS CLAVE: PATRONES DE DISEÑO – TRANSPOSICIÓN TECNOLÓGICA – ARQUITECTURA BIOMIMÉTICA

INTRODUCCIÓN

“Cada patrón describe un problema que ocurre una y otra vez en un determinado contexto y describe una solución al problema de tal manera que esta solución puede ser utilizada millones de veces de forma recurrente” (Christopher Alexander, 1977).

“La Biomímesis surge en una era basada, no en lo que podemos extraer de la naturaleza, sino de lo que podemos aprender de ella.” (Janine Benyus, 2012).

“Si la naturaleza es la respuesta, ¿cuál era la pregunta?” (Jorge Wagensberg, 2002).

Los mejores patrones generan una solución para problemas de diseño complejos, formando entre todos un lenguaje.

Así como las palabras deben tener una relación gramática y semántica entre ellas para crear un lenguaje oral útil, los patrones de diseño deben estar relacionados unos con otros para poder formar un lenguaje de patrones.

Por otra parte, un buen diseño no puede obviar las necesidades de preservación ecológica, de sustentabilidad, mediante la observación de la conducta de los seres vivos.

La piel humana y vegetal, por ejemplo, actúan dando "respuestas" a contextos específicos. En particular, el poro, que sirve para regular la humedad interior e intercambiar aire y vapor con el entorno, para controlar el cuerpo. Del mismo modo que

actúan las estomas de un cactus del desierto, regulando el ingreso del aire caliente de su entorno.

Aplicamos los principios de transposición tecnológica (Vedoya, 2014) con el objeto de tener una guía en el análisis y el diseño tecnológico de objetos arquitectónicos.

Todo esto, sin descuidar el conocimiento previo necesario de los datos que surgen de la naturaleza.

En este sentido, al tomar como referencia la naturaleza, no sólo nos referimos a los individuos que la componen, pertenecientes a sus seis reinos (móneras, protistas, funguis, vegetales, animales y minerales), sino también a sus cinco estados (sólido, líquido, gaseoso, plasma y condensado de Bose-Einstein), y, principalmente, a las leyes que rigen su comportamiento, tanto a las que se refieren al equilibrio de los ecosistemas, como también a las físicas (gravedad, tensión superficial, mínimo esfuerzo, economía de la sustancia, etc.).

Así expuesta sucintamente la base científica del trabajo, se expone a continuación el desarrollo del mismo, ejemplificando mediante un estudio de caso: el Domo del Milenio (Fig. 1), construido en la península de Greenwich, en Londres, para festejar el comienzo del Tercer Milenio, una gran exposición que se abrió al público el 1° de enero de 2000 y se clausuró el 31 de Diciembre del mismo año.



Fig. 1. Domo del Milenio, Londres. Fuente: Página oficial de Rogers, Stirk y Harbour + Partners, disponible en <https://www.rsh-p.com/projects/the-millennium-dome/>

DESARROLLO

El aspecto metafórico fue uno de los propósitos que guiaron la definición del espacio, tanto exterior como interior, y la distribución de sus componentes estructurales y funcionales.

El primer aspecto relevante es su ubicación geográfica, precisamente en el punto por donde pasa el meridiano de Greenwich, nombre de la península londinense que sirvió de asentamiento del domo, meridiano que señala la línea a partir de la cual se miden las longitudes terrestres. Por esta razón, también es conocido como meridiano cero, meridiano base o primer meridiano, y se corresponde con una circunferencia imaginaria que une los polos. Allí mismo se ubicaba antiguamente el antiguo observatorio astronómico que llevaba su nombre.

La forma

La planta circular presenta dos circunferencias concéntricas. En la circunferencia menor se ubican doce columnas metálicas compuestas que soportan la estructura, apoyadas y articuladas sobre bases conformadas por cuatro tubos circulares que forman una base piramidal cuadrada de diez metros de altura, fundada en una base de hormigón. La distribución de las doce columnas representa, a su vez, tanto los doce meses del año como las doce horas del día, y se distancian una de la otra 30° , completando en total los 360° de la circunferencia de la planta.

La circunferencia mayor, que determina el límite exterior de la cúpula, mide exactamente 365 metros de diámetro, simbolizando los días del año.

A partir de esta sucinta explicación, veremos a continuación un variado número de contradicciones que se presentan en la solución estructural del domo.

Una primera contradicción, que salta a la vista, es la columna o mástil que aparece como componente estructural, totalmente extraño en la conformación de las cúpulas.

Recuérdese que una cúpula es una superficie estructural rígida, cuyo comportamiento responde a la acción de las cargas de peso propio y sobrecarga.

Recuérdese también que la biomímesis se centra no en la imitación de la naturaleza sino en qué podemos aprender de ella.

Basados en este concepto, nos detenemos acá para comenzar nuestro análisis de la forma del domo y los patrones naturales que la sustentan.

Se llama cúpula, o domo, a una estructura de forma semiesférica -o aproximada- de planta circular, con que se cubre un edificio. Esto en cuanto al concepto arquitectónico.

Geométricamente, la cúpula adopta la forma de una superficie de revolución, cuya generatriz es una curva, generalmente una semicircunferencia, aunque también se puede utilizar una parábola, una elipse, etc.

El problema que nos ocupa no es la forma en sí, sino cómo lograr una estructura que la sustente. La experiencia nos dice que podemos resolver una cúpula con componentes rígidos (hay incontables ejemplos de esta característica), y no rígidos, con membranas tensadas.

Una cúpula o domo resuelto con membrana tensada puede construirse de dos maneras: como una estructura neumática, inflada, o como nos lo da el ejemplo del Domo del Milenio.

Sostener una cubierta como la del Domo del Milenio es un problema que se resuelve acudiendo a la física.

Los parámetros naturales que utilizamos en este caso son las leyes físicas que rigen el universo. En tal sentido, consideramos que las matemáticas no son una invención humana sino un descubrimiento. Y las matemáticas nos proveen los códigos y simbologías que fueron creadas para interpretar esas leyes.

“Las matemáticas son el lenguaje con el que Dios ha escrito el universo” (Galileo Galilei, 1642).

El sistema

En el caso de una cúpula rígida el estado de equilibrio de un punto cualquiera se logra gracias a la conjunción de fuerzas que interactúan: por una parte, la carga de peso propio y sobrecarga (vertical), que actúa sobre la estructura, y por otra, las resultantes de esta acción que se descompone en dos direcciones, una correspondiente a la curva que sigue el meridiano, y la otra en sentido horizontal, correspondiente a cada paralelo.

No obstante, el caso que nos ocupa, el Domo del Milenio, ha sido resuelto mediante una membrana no rígida, donde la situación es diferente y compleja.

Hay numerosos ejemplos de cúpulas flexibles, en las que la solución de equilibrio es diferente al de las cúpulas rígidas.

Es el caso de las estructuras infladas o neumáticas, la presión del aire interior del ambiente actúa en sentido contrario a la gravedad, tratando de expandir la membrana flexible que se opone a dicha acción, logrando de ese modo se logra el equilibrio del conjunto. El peso propio de la cubierta se equilibra mediante una fuerza de sentido contrario a la gravedad, producida por la presión del aire contenido en el interior de la cubierta.

El patrón de la naturaleza que nos ejemplifica este comportamiento lo encontramos en la pompa de jabón, donde se manifiesta el cumplimiento estricto de dos leyes fundamentales de la naturaleza, la del mínimo esfuerzo y la de economía de la sustancia.

La pompa de jabón representa la mínima superficie necesaria para encerrar el máximo volumen de aire posible (Fig. 2).

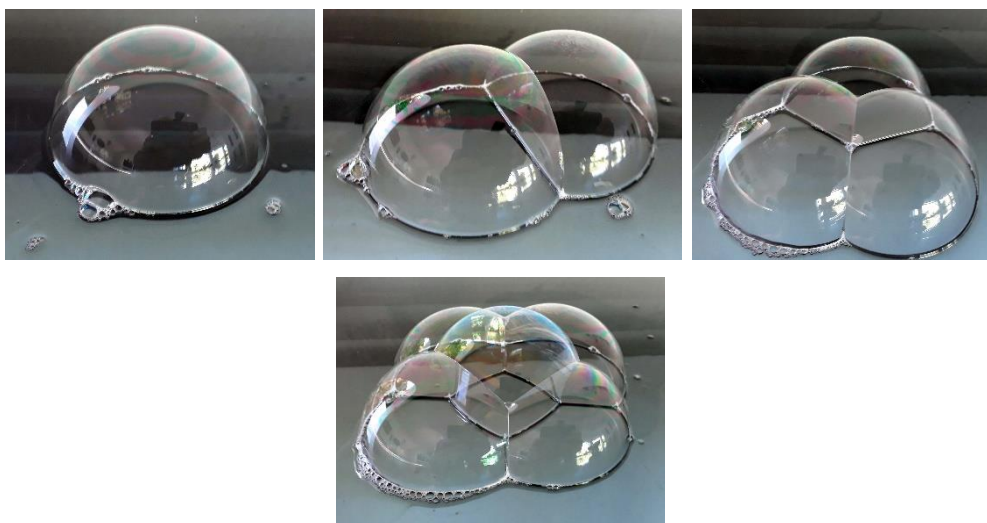


Fig. 2. Pompas de jabón. Fuente: Fotos de archivo. Elaboración propia.

Sabemos que un cuerpo en el espacio tiene seis grados de libertad. En el caso de un punto en el espacio, esto se reduce a sólo tres grados de libertad, uno según cada dirección, que identificaremos con los ejes x , y y z (Fig. 3).

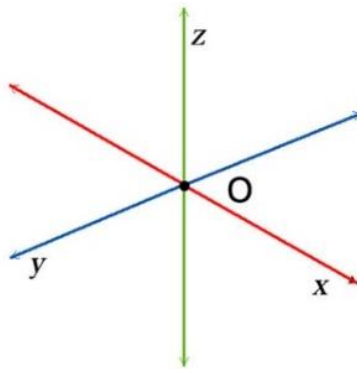


Fig. 3. Equilibrio de un punto en el espacio. Fuente: Gráfico de archivo. Elaboración propia

Es muy similar a lo que ocurre en el interior de un líquido, donde el equilibrio de una molécula cualquiera corresponde al estado tensional de las moléculas que la circundan (Fig. 4).

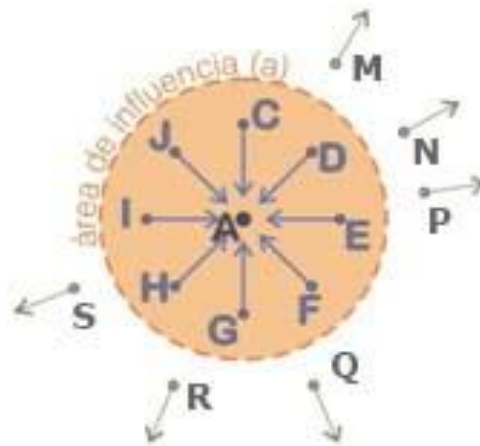


Fig. 4. Equilibrio de una molécula en el interior de un líquido. Fuente: Gráfico de archivo. Elaboración propia

Completando estas observaciones se encuentra el Domo del Milenio, cuya estructura está conformada por una membrana de fibra de vidrio recubierta con teflón (PTFE), cables de acero y columnas compuestas. Visto así, no se encuadra en absoluto en las características expuestas.

Aquí, el patrón de diseño que nos ofrece la naturaleza es una red espacial de características asombrosas: la telaraña (Fig. 5).



Fig. 5. Telaraña con líneas de tensión. Fuente: Fotos de archivo. Elaboración propia.

El proceso

El problema en este caso es cómo mantener el equilibrio de un punto cualquiera de la, lo que, sin ninguna duda, no se puede asimilar a ninguno de los análisis precedentes.

El equilibrio de un punto cualquiera de la superficie no se debe ni a la rigidez de la estructura (porque no existe rigidez propia del material, dado que es una membrana flexible), ni a determinada presión del aire interior, dado que no se trata de un espacio cerrado hermético, sino de un ámbito abierto por sus lados.

Como se dijo, la cúpula del Milenio es una superficie no rígida, resuelta con una membrana flexible de fibra de vidrio recubierta con teflón (PTFE). Esta situación contradice el principio de rigidez de una cúpula, pues la membrana no está capacitada para resistir esfuerzos de compresión, y sí sólo los de tracción.

Por esta razón, requiere de algunos recursos diferentes a los anteriores para mantener en equilibrio ese punto cualquiera de la misma.

Estos recursos se refieren a mecanismos que emulan el comportamiento de la cúpula, sea ésta de material rígido o se trate de una membrana flexible inflada.

Se destaca en el Domo del Milenio la presencia de mástiles (o columnas), de cuyos extremos cuelgan cables o tensores, que soportan la cubierta, conjuntamente con otros cables o tensores interiores, vinculados a la base de las columnas, y una red de círculos concéntricos de cables de acero (paralelos), entrelazados con otros radiales (meridianos), constituyendo una trama que permite mantener en su sitio los puntos estratégicos que conforman la cúpula.

En una cúpula rígida, el comportamiento estructural se basa en la distribución de las tensiones internas en el material según dos direcciones principales: la de los meridianos y la de los paralelos.

La solución práctica del caso del Domo del Milenio está dada por la conjunción de dos tecnologías diferentes y antagónicas, una debida a la acción de fuerzas concurrentes (carga actuante, y esfuerzos en el meridiano y el paralelo), una solución que aplicó Rogers conteniendo las tensiones en la membrana mediante una trama de cables que recorren la curvatura del domo según las dos direcciones principales: la de los meridianos y la de los paralelos.

La otra, por el principio de acción y reacción de dos fuerzas concurrentes opuestas que contrarrestan la acción de la carga actuante mediante un sistema de cables que sostienen la membrana por su parte superior, y la tensan por la parte inferior (Fig. 6).

De esta manera Rogers ha resuelto el equilibrio de la membrana flexible del Domo del Milenio.

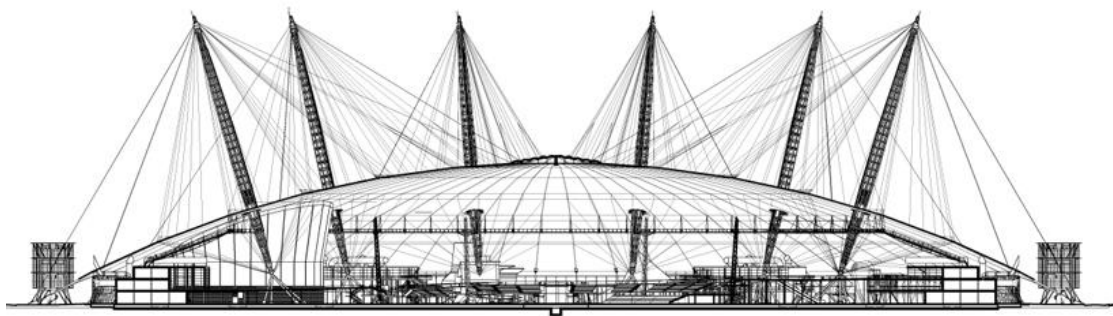


Fig. 6: Los tensores sustentan la membrana colgando desde la columna y tensando desde abajo. Fuente: Página oficial de Rogers, Stirk y Harbour + Partners, disponible en <https://www.rsh-p.com/projects/the-millennium-dome/>

CONCLUSIONES

La biomimética representa un nuevo enfoque en una sociedad acostumbrada a dominar y transformar la naturaleza. La posibilidad de aprender de la naturaleza e inspirarse respetuosamente en sus formas, procesos y sistemas, representa un nuevo paradigma en pleno desarrollo, que augura un futuro potencialmente más armónico entre naturaleza y sociedad (Pilar, 2018).

La resolución de estructuras de grandes luces puede encontrar en estas herramientas un aporte conceptual, tal como lo expone el diseñador del Domo del Milenio, aplicando los patrones de diseño que la naturaleza le ofrece (leyes gravitacionales y de equilibrio en el espacio), complementados con recursos tecnológicos para lograr un adecuado equilibrio estructural, destacándose el cumplimiento de las dos leyes fundamentales: del mínimo esfuerzo y del equilibrio de la sustancia.

La arquitectura biomimética avanza mucho más allá de la simple imitación de las formas naturales, porque además se detiene a analizar los diversos procesos y sistemas naturales, como conjunto de herramientas de diseño a explorar desde el diseño.

BIBLIOGRAFÍA

- Alexander, Christopher (1977). *A pattern language. Towns, Buildings, Construction*. Oxford (USA): Oxford University Press.
- Benyus, Janine M. (2012). *Biomimesis. Cómo la ciencia innova inspirándose en la naturaleza* - Barcelona (España). Tusquets Editores S.A.
- Pilar, Claudia A. (2018). *El sol como inspiración del diseño biomimético*. Revista ARQUITECNO N° 11. Junio de 2018. Página 77 a 86. Corrientes (Argentina). Ediciones del ITDAHu.
- Prat, Emma y Vedoya, Daniel E. (2009). *Estructuras de grandes luces. Tecnología y diseño* - Corrientes (Argentina). Ediciones del ITDAHu.
- Rogers, Stirk y Harbour + Partners. Página oficial. Recuperado de www.rsh-p.com
- Vedoya, Daniel (2014). *La transposición tecnológica. Introducción a la génesis de los procesos tecnológicos* - Saarbrücken (Alemania). Editorial Académica Española.
- Wagensberg, Jorge (2002). *Si la naturaleza es la respuesta ¿cuál era la pregunta?* Barcelona, España). Tusquets Editores S.A.
- (2004). *La rebelión de las formas. O cómo preservar cuando la incertidumbre aprieta*. Barcelona, España). Tusquets Editores S.A.

THE INNOVATIVE APPROACH OF BIOMIMETICA AND ITS APPLICATION TO SUSTAINABLE RETROFITTING OF EXISTING BUILDINGS

Daniel Vedoya, Caterina Mele, Emma Susana Prat, Valentina Villa,
Claudia Pilar, Paolo Piantanida y Luciana Petraglia

Ponencia presentda en
Central Europa towards Sustainable Building 2019 (CESB19) and
IISBE Forum of Young Researchers in Sustainable Building (YRSB19).
Praga (República Checa), 1° al 4 de Julio de 2019

ABSTRACT

In recent decades, elements and technological systems inspired by the natural world have become more widespread in architecture and construction industry, in order to improve the energy efficiency and thermal behavior of buildings. The best known example are green facades, increasingly used to improve the energy efficiency of new buildings and the bioclimatic comfort of urban settlements. Through biomimetic studies, innovative solutions are being proposed, from the use of living biological systems (e.g. bio-reactive facades) for climate control to new natural materials (e.g. metal-sensitive wooden sheets) that react directly to external factors such as light, heat, humidity, opening and closing without the use of energy or mechanical aids. All these systems contribute to improving the energy efficiency of both buildings and the urban system in which they are located. The contribution aims to examine technological solutions based on biomimetic methodology, to assess their applicability in the retrofitting of existing buildings.

KEYWORDS: biomimetic, energy efficiency, retrofitting

1. INTRODUCTION

La 'biomimetica' è un tema che recentemente è entrato nel mondo dell'architettura e delle costruzioni edilizie, in seguito alla necessità di migliorare il confort degli edifici e di ottimizzare il rendimento energetico e il comportamento degli edifici nelle città, grazie proprio all'aiuto della natura. Una delle principali innovatrici della biomimetica è la statunitense Janine Benyus, fondatrice del Biomimicry 3.8 Institute di Missoula, nel Montana, con il libro "Biomimicry: Innovation Inspired by Nature" [1]

Nel suo libro descrive in dettaglio come la scienza stia studiando le migliori idee della natura per risolvere le sfide più difficili del nostro millennio. "La biomimetica inaugura un'epoca basata non su ciò che possiamo estrarre dalla natura, ma su ciò che possiamo imparare da lei. Questo passaggio dall'apprendimento della natura all'apprendimento

dalla natura richiede un nuovo metodo di indagine, un nuovo set di lenti e, soprattutto, una nuova umiltà". La biomimetica è una branca della tecnologia che viene utilizzata in campi multidisciplinari: l'architettura biomimetica è quindi solo uno di questi rami. L'architettura biomimetica è una filosofia architettonica contemporanea che cerca soluzioni per la sostenibilità in natura, non replicando le forme naturali, ma comprendendo le regole che le governano. Nel corso dei decenni, il campo della biomimetica si è spostato dal guardare alla natura come forma a una visione più funzionale, cercando quindi di replicarne i processi e i sistemi. Inoltre si possono individuare due principali livelli di analisi: lo studio del comportamento del singolo organismo o di una parte di esso, e lo studio dell'ecosistema in cui esso si inserisce, con le modalità di scambio e collaborazione che si innescano nel processo. Le declinazioni in riferimento all'architettura sono quindi molteplici: l'uso di elementi vegetali integrati negli edifici, l'applicazione di una tecnologia, derivante dalla natura, che si applica alle costruzioni o a parti di esse, la definizione di forme architettoniche che riproducono comportamenti di organismi vegetali o animali, e così via. C'è la possibilità per gli architetti di imparare più profondamente dalla natura e di utilizzare materiali e tecnologie biomimetiche in edifici migliori nel prossimo futuro.

2 LA BIOMIMETICA PER L'ARCHITETTURA

Per quanto riguarda l'architettura, è presente un movimento, chiamato 'Living Architecture' [1], che si concentra sull'integrazione degli elementi e dei processi naturali con l'edificio. Questi processi sono molteplici e comprendono, ad esempio, la raccolta, lo stoccaggio e la filtrazione dell'acqua, lo sfruttamento dell'energia del sole e del vento, processi di microfiltrazione dell'acqua e trattamenti delle sostanze nutritive. Per implementare l'idea di organismo vivente in un edificio, il sistema deve essere visto come un sistema complesso, in cui tutte le parti interagiscono e concorrono a formare un tutt'uno. Di conseguenza gli elementi tecnologici devono essere pensati come parti interagenti con quelli naturali. L'architettura biomimetica include questo ramo della 'Living Architecture' in quanto si concentra proprio sulla comprensione dei sistemi e dei processi delle forme naturali. Questa comprensione può essere utilizzata in due modi diversi: il primo trova un esempio in natura e lo imita in un nuovo progetto, mentre il secondo trova in natura l'esempio che si adatta meglio alle esigenze progettuali.

Il concetto di Living Architecture è importante perché tra tutti i benefici, considera le ricadute positive sulla salute, derivanti dal contatto con i sistemi viventi nell'ambiente costruito [2]. La tradizione della Living Architecture è nata a Berkeley, in California, con Christopher Alexander come protagonista principale e da lì molti hanno seguito le sue orme. [3].

I livelli di un'analisi biomimetica sono diversi a seconda dello scopo dello studio. "Integrare nella progettazione architettonica e urbana la comprensione del funzionamento del mondo vivente e degli ecosistemi è un passo avanti verso la creazione e l'evoluzione di città radicalmente più sostenibili e potenzialmente rigenerative" [4]. Zari sottolinea anche l'importanza degli esseri umani come decisori, infatti afferma: "Gli esseri umani sono indubbiamente efficaci ingegneri ecosistemici, ma possono acquisire preziose intuizioni osservando come altre specie sono in grado di

cambiare il loro ambiente creando al contempo una maggiore capacità di vita in quel sistema".

3 INSEDIAMENTI URBANI E VERTICAL GREEN WALLS

L'esempio più conosciuto e utilizzato attualmente legato all'approccio biomimetico e di Living Architecture è quello delle facciate verdi, utilizzate sempre più spesso per migliorare la sostenibilità e l'efficienza dei nuovi edifici e, al tempo stesso, migliorare il confort bioclimatico degli insediamenti urbani. Secondo recenti studi, i Green Walls Systems (GWS) aiutano gli edifici a diventare più efficienti dal punto di vista energetico e a ridurre le emissioni di carbonio. Inoltre mitigano l'effetto Urban Heat Island (UHI) poiché le facciate assorbono e filtrano l'acqua piovana, riducono l'inquinamento e agiscono come ricettori di assorbimento del carbonio. Questi sistemi, se correttamente progettati, conservano anche la biodiversità delle piante e degli animali della città, fungendo da attraenti oasi per molte specie. Nello schema riportato (Fig. 2) si riportano i principali benefici di una facciata verde in un sistema urbano.

3.1 Urban Heat Island

L'effetto isola di calore urbano è definito come un'area metropolitana o luogo all'interno di una città che ha una temperatura più elevata rispetto all'ambiente circostante; in particolare (in pieno "isola di calore urbano") un'area urbana che ha una temperatura più elevata, a causa della generazione di calore da parte dei veicoli, alle emissioni dovute al consumo energetico degli edifici presenti, e all'assorbimento della luce solare da parte di superfici che si surriscaldano come le asfaltature delle strade o le facciate e le coperture degli edifici. Questo problema è documentato da tempo [5] e i suoi effetti sull'ambiente non sono trascurabili. Gran parte di questo calore deriva dal surriscaldamento della moltitudine di superfici scure presenti nelle aree urbane, che irradiano, di conseguenza, l'energia solare accumulata. Numerosi studi dimostrano che la vegetazione riduce questo effetto e gli impatti negativi che questo fenomeno ha sulla qualità della vita. Le strategie di mitigazione delle isole di calore urbane, ad esempio, alberi, vegetazione e tetti o pareti verdi, sono oggetto di numerose ricerche e offrono generalmente benefici per tutto l'anno.

3.2 Recupero o raccolta acqua piovana

Una criticità presente nelle zone fortemente urbanizzate è la raccolta e l'allontanamento delle acque piovane, soprattutto in concomitanza di eventi particolarmente violenti. Le pareti verdi, ma soprattutto i tetti verdi, assorbono e filtrano naturalmente l'acqua piovana. L'acqua può anche essere filtrata e riciclata per usi non potabili, ad esempio per irrigare le facciate stesse. La vegetazione possiede elementi micro filtranti, come le radici e i microrganismi che utilizzano e rimuovono gli inquinanti presenti nell'acqua. L'acqua in eccesso viene poi eliminata attraverso il processo noto come evapotraspirazione. Negli ultimi anni, l'uso combinato di strutture verticali a verde e tetti verdi è stato sempre più adottato come progetto "bioclimatico" per integrare (o sostituire parzialmente) i sistemi di drenaggio urbano, con studi sull'efficacia dei sistemi a verde per la raccolta delle acque piovane. La maggior parte considera sempre la combinazione di tetto verde e facciata verticale e non soltanto del Green Wall System. [6]

3.3 Qualità dell'aria interna

Secondo la moderna ricerca scientifica [7] gli ambienti interni possono essere dieci volte più inquinati dell'ambiente esterno, a causa del rilascio graduale delle sostanze contenute nei materiali da costruzione: questa è nota come "Sindrome dell'edificio malato". Un importante studio [8] afferma che la persona trascorre, in media, oltre il 90% del proprio tempo in casa. Durante questo periodo le persone soffrono le conseguenze dell'inquinamento dell'aria interna che include: emissioni tossiche come formaldeide, COV, tricloroetilene, monossido di carbonio, benzene, toluene, xilene, xilene e innumerevoli altri [9]. La soluzione ai problemi indicati di seguito può essere trovata nelle piante. Mentre la vegetazione cresce assorbe i gas serra dall'atmosfera e li immagazzinano nei loro tessuti. Secondo uno studio [10] tutte le piante assorbono e puliscono l'aria dagli inquinanti, l'efficacia dipende dalle specie, alcune sono più efficienti di altre, e dalla quantità di piante. Un muro verde può contenere più di mille piante: tutte filtrano l'aria e creano ossigeno. L'utilizzo di GWS anche negli ambienti interni porta numerosi vantaggi per gli utenti, poiché si innalza il livello di comfort percepito.

3.4 Biodiversità

Le città moderne e le terre coltivate hanno fortemente ridotto la varietà biologica presente sul pianeta Terra. Un possibile rimedio può essere trovato nel Living wall systems (LWS) che può essere considerato come una replica di habitat naturali verticali. Secondo uno studio pubblicato sulla rivista Global Ecology and Conservation [11] il potenziale della LWS è enorme. Le pareti viventi esterne possono essere viste come mini ecosistemi: l'incorporazione di una tale varietà di specie vegetali attira molti organismi e insetti come farfalle, api, coccinelle e colibrì. "Le città devono diventare un attore chiave negli sforzi globali per conservare e ripristinare la biodiversità. Allo stesso tempo, se l'obiettivo della progettazione urbana è quello di creare o adeguare le città in modo che sostengano il benessere delle persone, il sostegno e la rigenerazione della biodiversità urbana deve essere integrato nel processo decisionale e negli interventi di progettazione" [12]

3.5 Protezione degli edifici

Una parete verde agisce con un duplice funzione: d'estate è una sorta di barriera che protegge l'edificio dalla radiazione solare e dal calore, limitando, di conseguenza, l'utilizzo di energia richiesta dall'uso di sistemi di raffreddamento. In inverno, al contrario, le pareti e il substrato, forniscono un ulteriore strato di isolamento che isola ulteriormente l'edificio dal freddo. Queste caratteristiche dei LWS agiscono per ridurre l'impronta di carbonio di un edificio [13], riducendo le fluttuazioni di temperatura dell'involucro. I pannelli delle pareti verdi e l'involucro esterno sono separati da uno strato d'aria che permette all'edificio di "respirare". Il sistema è molto simile alla tecnologia di schermatura anti-pioggia, che mantiene la pioggia lontana dall'edificio pur permettendo all'umidità di fuoriuscire. La copertura di una superficie verticale esposta con una parete verde la protegge dalle precipitazioni e dal vento, dai raggi UV dannosi e dalle piogge acide corrosive.

3.6 Valore Economico Aggiunto

Il verde migliora gli aspetti visivi, estetici e sociali di un'area urbana e, oltre a migliorare la salute e la qualità della vita, ha anche una forte influenza sul valore economico di un edificio o di un quartiere [14]. Oggi, le persone sono alla ricerca di spazi verdi e salutarì dove poter vivere, anche in città. Il trend conferma questa ricerca, infatti i prezzi aumentano proprio per abitazioni o uffici in complessi che hanno più spazi verdi. Si tratta di un investimento a lungo termine e i costi iniziali di realizzazione non devono portare a sottovalutare i ritorni a lungo termine e i profitti non quantificati in termini puramente economici, nell'implementazione del green.

3.7 Riduzione dei consumi di energia

È stato dimostrato che la temperatura di una superficie esposta di una parete verde è notevolmente inferiore alla temperatura che raggiungerebbe se fosse costituita da intonaco o pannelli di rivestimento. [14]. La ricerca ha dimostrato che, ad esempio, nei climi umidi di Hong Kong possono ottenere una diminuzione massima della temperatura di 8,4 °C [15]. Al contrario, nel periodo estivo, l'effetto dell'ombreggiamento porta a importanti risparmi. Secondo uno studio condotto dal National Research Council Canada [16] l'effetto ombreggiante dei sistemi verticali verdi riduce l'energia utilizzata per il raffreddamento di circa il 23% e l'energia utilizzata dai ventilatori del 20%, con una conseguente riduzione dell'8% del consumo energetico annuale.

Questo risultato viene in parte anche attraverso il processo noto come traspirazione. Le piante raffreddano leggermente l'ambiente circostante. Con ogni pianta aggiuntiva questo aumenta e quindi una parete verde, con centinaia di piante, può ridurre la temperatura di una stanza da 3 a 7°C [17]. Secondo uno studio condotto dall'Università di Siviglia [18] è stato dimostrato l'effetto rinfrescante della parete abitativa, con una riduzione media di 4°C rispetto alla temperatura ambiente, anche se in condizioni più calde sono stati osservati decrementi massimi di 6°C.

Durante l'inverno alcuni sistemi di pareti viventi fungono da isolamento supplementare. C'è un ulteriore strato d'aria tra questa e la parete che riduce la quantità di calore che fuoriesce e l'aria fredda che entra. Uno studio [14] mostra il potenziale degli strati verdi verticali sulla riduzione della velocità del vento, grazie ad uno strato stagnante intorno alle facciate degli edifici.

3.8 Benessere e salute

Il verde urbano è riconosciuto come rimedio alla riduzione dello stress in un elevato numero di pubblicazioni e documenti di ricerca che ne confermano i benefici [19]. Tre fattori importanti che vengono evidenziati [20] sono: a) la distanza, più gli spazi verdi aperti sono vicini alla propria abitazione, più spesso li si visita; b) il tempo, trascorrere del tempo all'aperto in spazi verdi urbani all'aperto sembra essere il fattore più importante che influenza i livelli di stress; c) l'accessibilità, un'abitazione con accesso diretto ad un cortile verde o ad un giardino proprio sembra essere la situazione ottimale. L'uso dei Vertical Green Wall sugli edifici alti, può far ottenere il primo fattore, porta vicino alle abitazioni o agli uffici elementi vegetali; con un'attenta progettazione si possono rendere anche accessibili e attraenti.

3.9 Miglioramento Estetico

Quando si visitano i giardini botanici, passeggiando in un parco o passeggiando attraverso una foresta, è facile vedere che la natura ha creato una grande varietà di colori, texture, modelli e dimensioni. Utilizzando questa diversità e incorporando molte specie di piante è possibile creare opere d'arte. L'architetto Luciano Pia ha creato un edificio che è arte vivente e verde, nel suo 25Verde. L'esempio di un approccio biomimetico al design che ha creato un risultato sorprendente: l'architetto ha utilizzato le conoscenze dei botanici nella selezione delle specie vegetali e le ha integrate armoniosamente all'interno e all'esterno del complesso edilizio. Progettare una parete verde che sia diversa, accattivante, intrigante e semplicemente un piacere da guardare è un compito complesso. Richiede una pianificazione strategica, una conoscenza approfondita di innumerevoli specie di piante, un forte occhio al design.

3.10 Crediti LEED

Le considerazioni sulla progettazione di pareti verdi e viventi sono discusse nei corsi USGBC [21]. La progettazione di Vertical Green Wall può essere utilizzato per guadagnare crediti LEED® aggiuntivi. LEED® (Leadership in Energy and Environmental Design) è un sistema di certificazione green building riconosciuto a livello internazionale. L'utilizzo di questa tipologia è molto importante per l'ambiente e l'agenzia la promuove con crediti extra LEED®. L'utilizzo di Living Wall System qualifica direttamente 2 crediti e aiuta a guadagnare altri 30 punti.

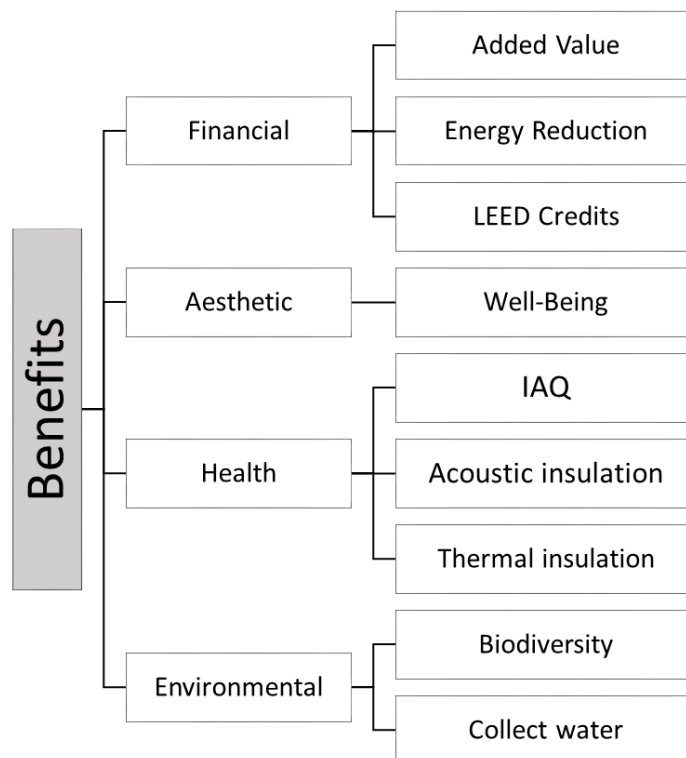


Fig. 1 Schema dei benefici legati all'uso di Vertical Green Wall

4 Soluzioni biomimetiche per il retrofitting

Vi sono diverse soluzioni biomimetiche che possono essere usate per il retrofitting di edifici inseriti in contesti urbani, per limitare le criticità delle aree urbanizzate e introdurre i vantaggi elencati precedentemente. La suddivisione è stata impostata in base a: sistemi integrati di inverdimento verticale integrato all'involucro architettonico, sistemi di inverdimento verticale giustapposto alla parete perimetrale di un edificio, sistema di inverdimento esterno.

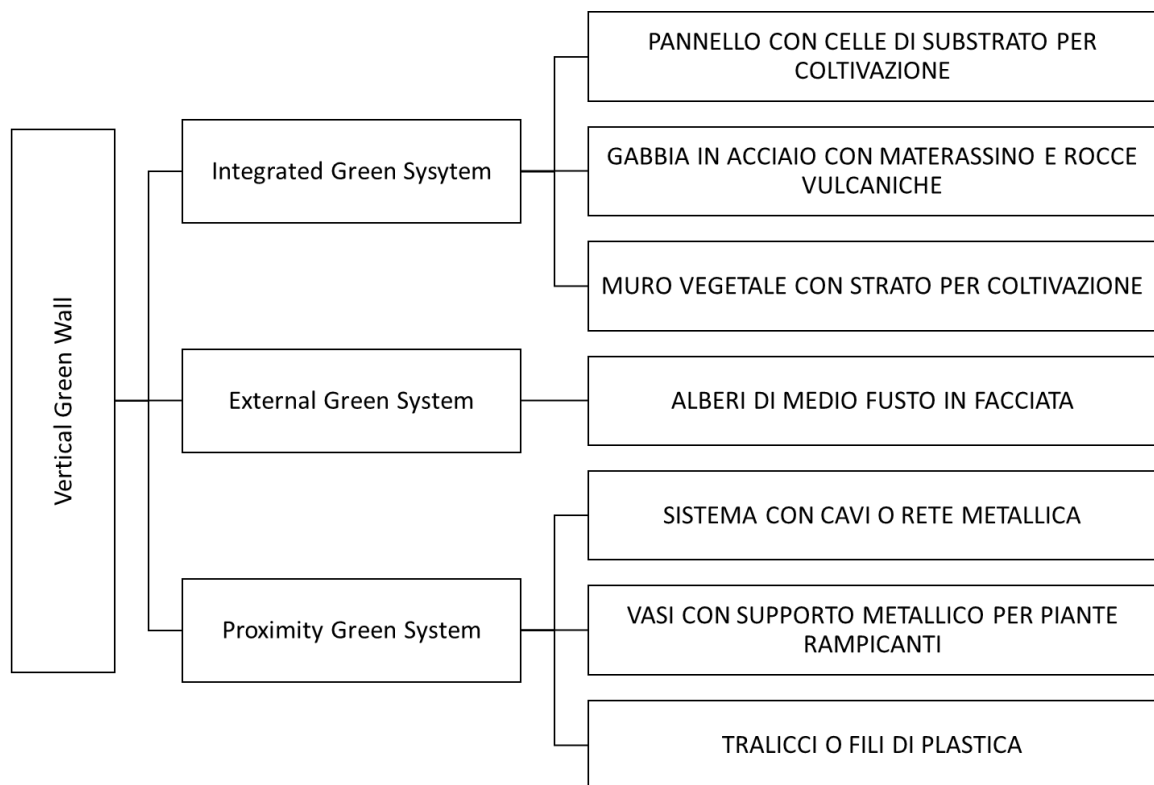


Fig. 2 Schema delle diverse tipologie di Green wall

4.1 Integrated Green System

I sistemi integrati di rivestimento vegetale totale o discontinuo delle facciate di un edificio possono essere realizzati con diverse tecnologie: Panel with soil substrate cells for planting, Steel cage with volcanic rocks and padding, Green wall with layer for cultivation.



Fig. 3 Panel with soil substrate cells for planting



Fig. 4 Steel cage with volcanic rocks and padding



Fig. 5 Green wall with layer for cultivation

Questo tipo di parete vivente si differenzia dalla facciata rampicante per molti aspetti ma il fondamentale è che hanno radici per il loro nutrimento in un supporto speciale e non nel terreno. Le pareti sono giardini verticali autosufficienti che sono fissati a un telaio indipendente o all'esterno o all'interno di un edificio. Ci sono due modi per far crescere queste pareti: il substrato a base di terreno è la via tradizionale, mentre la crescita idroponica è una tecnica più avanzata che non utilizza il suolo per fornire le sostanze nutritive necessarie alla pianta ma l'acqua [22]. Dal punto di vista funzionale, rispetto alla facciata verde in accostamento, la maggior parte di questi sistemi necessitano di una progettazione più complessa, in quanto è necessario considerare un maggior numero di variabili, quali: il coinvolgimento di più strati, l'attenzione al meccanismo dell'acqua e dei nutrienti, i materiali di supporto. [23]. Il sistema idroponico porta un nuovo livello di sostenibilità attraverso una gestione intelligente dell'acqua e una dinamica stabile del sistema. Le piante sono generalmente contenute all'interno di pannelli discreti che contengono un terreno di coltura inerte. Le piante attecchiscono e si ancorano nel terreno di coltura e ogni fila di pannelli viene irrigata e fertilizzata mediante una precisa tecnologia a goccia a pressione compensata. Si deve prestare molta attenzione alla fase di progettazione dell'impianto. Si tratta di un'operazione delicata in quanto vanno considerati i parametri del sito (ubicazione, aspetto, caratteristiche adiacenti).

4.2 External Green System

I sistemi esterni racchiudono alcuni interventi molto significativi realizzati in Italia negli ultimi anni. Consistono nel porre delle piante di media grandezza ai vari piani dell'edificio in modo da creare l'effetto di un bosco che si sviluppa in verticale. Il sistema è particolarmente complesso perché è necessario avere vasi molto grandi, quindi superfici ampie e strutture che reggano il peso di terra e alberi. Il posizionamento è all'esterno, su balconi o terrazze, e spesso è presente una struttura di supporto dedicata.



Fig. 6 “Bosco Verticale” Arch. Stefano Boeri – Milano (IT)



Fig. 7 “25verde” building. Arch. Luciano Pia – Torino (IT)

Si riportano le immagini (Fig. 6 e Fig. 7) del “Bosco Verticale” di Stefano Boeri, che ha vinto il premio “Miglior Architettura del Mondo 2015) e il 25verde di Luciano Pia, esempio suggestivo di come la natura possa essere integrata con i sistemi abitativi aumentando la qualità della vita degli abitanti.

4.3 Juxtaposed Green System

I sistemi giustapposti di rivestimento vegetale totale o discontinuo delle facciate di un edificio possono essere realizzati con diverse tecnologie: Cables or wire net climbing system, Vases with metal support for climbing plants, Plastic pylons or wires. Il sistema utilizza piante rampicanti, o cascanti, a seconda della scelta dell'effetto che si vuole dare in facciata e prevede elementi molto semplici e leggeri da montare come supporto alla crescita. Si tratta o di reti a pannelli modulari, o di reti plastiche adattabili rispetto alla superficie richiesta o di cavi metallici fissati alla facciata principali ma staccati da essa in modo da creare una seconda superficie esterna. I cavi sulle facciate verdi sono progettati per favorire una crescita più rapida delle piante rampicanti che hanno una chioma più densa e spessa. Le reti a fune metallica sono spesso utilizzate per sostenere le piante a crescita lenta. Questo sistema è piuttosto flessibile e possiede un miglior grado di applicazioni progettuali rispetto ai cavi. Tecnologicamente funzionano allo stesso modo. Entrambi i sistemi utilizzano cavi in acciaio ad alta resistenza, ancoraggi e attrezzature supplementari. [24]. Il concetto riprende ciò che avviene già naturalmente per molti edifici storici, dove le piante rampicanti, come l'edera o il glicine, coprono completamente alcune facciate, regalando spettacoli di colori e movimenti verdi.

L'adattabilità e la leggerezza sono le caratteristiche principali di questi sistemi che offrono notevoli vantaggi: proteggere la facciata dall'irraggiamento solare, filtrare la luce e fungere da frangisole nei periodi estivi, ridurre il surriscaldamento interno dei locali, portare il verde vicino alle finestre di case e uffici. In base alla specie vegetale scelta il sistema può cambiare nel corso delle stagioni. Con piante a foglia caduca il comportamento infatti si inverte nelle stagioni invernali consentendo al calore del sole di raggiungere la facciata e godere dell'accumulo di calore gratuito.



Fig. 8 Cables or wire net climbing system



Fig. 9 Vases with metal support for climbing plants



Fig. 10 Plastic pylons or wires

5 CONCLUSIONS

All these systems contribute to improving the energy efficiency of both buildings and the urban system in which they are located. This survey of technological solutions based on biomimetic methodology could be used in the retrofitting of existing buildings. Il Sistema di ombreggiamento vegetale migliora le prestazioni energetiche dell'edificio ma la progettazione dipende dal percorso solare in base all'orientamento, alla posizione nel contesto urbano lo spazio a disposizione. Spesso queste soluzioni si usano insieme, in base al tipo di facciata e all'effetto finale che desidera il progettista. Una tabella riassuntiva propone alcune riflessioni in base ad alcuni parametri: easy installation, modularity of the system, light control, strength and durability.

Vertical Green Walls		Easy installation	Modularity of the system	Light control	strength and durability
IGS	Panel with soil substrate cells for planting	✓	✓	✗	✓
	Steel cage with volcanic rocks and padding	✗	✓	✗	✓
	Green wall with layer for cultivation	✗	✓	✗	✓
EGS	Medium-stemmed trees in the facade	✗	✗	✓	✓
JGS	Cables or wire net climbing system	✓	✗	✓	✗
	Vases with metal support for climbing plants	✓	✓	✓	✗
	Plastic pylons or wires	✓	✗	✓	✗

Tab. 1 Comparison between different Vertical Green Wall solutions

Altri fattori determinanti per la scelta della tecnologia più idonea sono: la disponibilità di acqua, la disponibilità di suolo per la piantumazione, il livello di biodiversità consentito dal sistema scelto, l'area che può coprire la soluzione. Si è scelto di dare un punteggio da 0 a 3 per classificare le diverse soluzioni proposte, al fine di poter dare uno strumento utile al progettista per la scelta più corretta. Il supporto e la consulenza di un botanico è

fondamentale perché la scelta delle specie e la compatibilità tra esse garantisce la durabilità di tutto il sistema nel tempo.

Vertical Green Walls		Water	Soil	Biodiversity	Area
IGS	Panel with soil substrate cells for planting	2	0	3	2
	Steel cage with volcanic rocks and padding	2	0	3	3
	Green wall with layer for cultivation	3	2	2	3
EGS	Medium-stemmed trees in the facade	3	3	3	3
JGS	Cables or wire net climbing system	2	3	1	1
	Vases with metal support for climbing plants	2	1	1	2
	Plastic pylons or wires	2	3	1	1

Tab. 2 Scala di utilizzo dei diversi fattori (water, soil, biodiversity, area) in base alle soluzioni illustrate

Acknowledgement

This research is inspired by the thesis of Elio Fetolli, who dealt with the project of redevelopment of a building located in Turin, with technologies related to biomimicry. We would like to thank Elio and Prof. Carlo Caldera, one of the professors of the thesis.

References

- [1] G. Hopkins e C. Goodwin, *Living Architecture: Green Roof and Walls*, Collingwood: Csiro Publishing, 2011.
- [2] in *Biophilia: Does visual contact with nature impact on health and well-being?*, *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 6, no. 9, 2009, p. pp. 2332–2343.
- [3] P. Kyriakos e R. Yodan, *In Pursuit of a Living Architecture: Continuing Christopher Alexander's Quest for a Humane and Sustainable Building Culture*, Champaign, IL : COMMON GROUND PUBLISHING 2016 , 2016.
- [4] M. P. Zari, *Regenerative Urban Design and Ecosystem Biomimicry*, London: Routledge, 2018.
- [5] R. F. Mikesell, «The limits to growth. A reappraisal,» *Resources Policy*, pp. 127-131, 1995.
- [6] A. Tiwary, K. Godsmark e J. Smethurst, «Field evaluation of precipitation interception potential of green façades,» *Ecol. Eng.*, p. 69–75, 2018.
- [7] R. Perez-Padilla, A. Schilman e H. Riojas-Rodriguez, «Respiratory health effects of indoor air pollution,» *The international journal of tuberculosis and lung disease: the official journal of International Union against tuberculosis and lung disease*, pp. 1079-1086, 2010.
- [8] K. NE, N. WC, O. WR, R. JP, T. AM, S. P, B. JV, H. SC e E. WH., «The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS): A resource for assessing exposure to environmental pollutants,» *J. Expo. Anal. Environ. Epidemiol.*, p. 231–252, 2001.

- [9] J. Samet, «Health Effects and Sources of Indoor Air Pollution. Part I,» *Am. Rev. Respir. Dis.*, p. 1486–1508, 1987.
- [10] F. Brilli, S. Fares, A. Ghirardo, P. De Visser, V. Calatayud, A. Munoz, I. Annesi-Maesano, F. Sebastiani, A. Alivernini, V. Varriale e F. Menghini, «Plants for Sustainable Improvement of Indoor Air Quality,» *Trends in Plant Science*, p. 507–512, 2018.
- [11] F. Madre, P. Clergeau, N. Machon e A. Vergnes, «Building biodiversity: Vegetated façades as habitats for spider and beetle assemblages,» *Glob. Ecol. Conserv.*, p. 222–233, 2015.
- [12] M. P. Zari, «The importance of urban biodiversity – an ecosystem services approach,» *Biodivers. International Journal*, p. 357–360, 2018.
- [13] G. Pérez, J. Coma, I. Martorell e L. F. Cabeza, «Vertical Greenery Systems (VGS) for energy saving in buildings: A review,» *Renew. Sustain. Energy Rev.*, p. 139–165, 2014.
- [14] K. Perini, M. Ottelé, E. M. Haas e R. Raiteri, «Greening the building envelope, facade greening and living wall systems,» *Open J. Ecol.*, p. 1–8, 2011.
- [15] Wong, N. W., A. Y. Kwang Tan, Y. Chen e K. Sekar, «Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls,» *Building and Environment*, p. 663–672, 2010.
- [16] B. Bass e B. Baskaran, *Evaluating Rooftop and Vertical Gardens as an Adaptation Strategy for Urban Areas*, 2001.
- [17] T. Safikhani, A. M. Abdullah, D. R. Ossen e M. Baharvand, «Thermal impacts of vertical greenery systems,» *Environment Climate Technology*, pp. 5-11, 2014.
- [18] R. Fernández-Cañero, L. P. Urrestarazu e A. Franco Salas, «Assessment of the cooling potential of an indoor living wall using different substrates in a warm climate,» *Indoor Built Environment*, p. 642–650, 2012.
- [19] «www.psychologytoday.com,» 2018. [Online]. Available: <https://www.psychologytoday.com/us/blog/people-places-and-things/201802/benefits-the-indoor-plant..>
- [20] U. A. Grahn e P. Stigsdotter, «Landscape planning and stress. *Urban Forestry & Urban Greening*,» pp. 1-18, 2003.
- [21] «www.usgbc.org,» 2018. [Online].
- [22] M. Lu e A. Lin, «Research on the Modular Living Walls System Based on Microclimate Adjustment in Severe Cold Areas of China,» *Environment and Ecology Research*, p. 132–135, 2015.
- [23] M. Rakhshandehroo, M. J. Mohd Yusof e M. Deghati Najd, «Green Façade (Vertical Greening): Benefits and Threats,» *Applied Mechanics and Materials*, p. 12–15, 2015.
- [24] M. R. M. Hussain, N. D. Nizarudin e I. Tukiman, «Landscape design as part of green and sustainable building design,» *Adv. Mater. Res.*, p. vol. 935, 2014.

MUROS VERDES PARA LAS CONDICIONES AMBIENTALES DE LA REGIÓN NORDESTE ARGENTINA

María del Rosario D' Elia, Claudia Pilar y Rosanna Morán

Artículo publicado en
ARQUITECNO N° 14. Ediciones del ITDAHu. Corrientes (Argentina)
Noviembre de 2019. ISSN 0328-0896

RESUMEN

Los cerramientos verticales son la mayor superficie de intercambio energético entre el ambiente interior y exterior. El objetivo del trabajo es estudiar los muros verdes para las condiciones ambientales de la Región Nordeste Argentina (NEA) a través de casos construidos en la ciudad de Resistencia teniendo en cuenta las variables: resolución tecnológico – constructiva y desempeño ambiental (confort interior e impacto urbano). La hipótesis es que el bajo uso regional se debe a las dificultades de los profesionales para implementar innovaciones, frente a carencias en el mercado de insumos y mano de obra capacitada y una baja valoración de los comitentes sobre los beneficios estéticos y ambientales que conlleva su aplicación. Se realiza el estudio de casos construidos en la ciudad de Resistencia con un abordaje cuanti – cualitativo. La fase cuantitativa se refiere al análisis de los detalles constructivos y la verificación higrotérmica. La fase cualitativa complementa la anterior, a través de entrevistas a profesionales intervinientes en su ejecución. Los principales resultados son la verificación para condiciones reales de las mejoras en las condiciones higrotérmicas de los cerramientos y el impacto favorable a escala arquitectónica, urbana y social.

ABSTRACT

Vertical enclosures are the largest surface of energy exchange between the indoor and outdoor environment. The objective of the work is to study the green walls for the environmental conditions of the Nordeste Argentina Region (NEA) through cases built in the city of Resistencia taking into account the variables: technological resolution – constructive and performance (interior comfort and urban impact). The hypothesis is that the low regional use is due to the difficulties of professionals to implement innovations, in the face of shortages in the market for inputs and skilled labor and a low valuation of the participants on the aesthetic and environmental benefits that involves its application. The study of cases built in the city of Resistencia is carried out with a large – qualitative approach. The quantitative phase refers to the analysis of construction details and hygrothermal verification. The qualitative phase complements the previous one, through interviews with professionals involved in its execution. The main results are the verification for real conditions of improvements in the

hygrothermal conditions of the enclosures and the favorable impact on an architectural, urban and social scale.

PALABRAS CLAVES: aislamiento higo-termo-acústico, arquitectura sustentable, experiencias regionales, sustentabilidad visual.

KEY WORDS: hygro-thermo-acoustic insulation, sustainable architecture, regional experiences, 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 mejorar su estética incorporando el verde con intenciones de subrayar la sustentabilidad visual.

En los últimos años, como parte de las propuestas de arquitectura sostenible, se ha incluido en los paquetes tecnológicos el material vivo, es decir, plantas de distinto porte que generan “Muros Verdes”. En el mundo son numerosas las experiencias realizadas aún en contextos climáticos poco favorables.

Dada la baja aplicación de esta estrategia en la Región Nordeste de Argentina (NEA), a pesar de que estarían dadas las condiciones ambientales, su aplicación es poco frecuente. Por ello el presente trabajo pretende abordar la temática analizándola desde el punto de vista tecnológico – constructivo, económico y ambiental (confort interior y beneficios a nivel urbano).

DESARROLLO

La envolvente de los edificios es la “piel” que protege y separa el interior del exterior, ofrece una expresión estética y protege de los agentes climáticos (frío, calor, lluvia y viento), con el adecuado aislamiento térmico y acústico, visual y de seguridad del edificio (Zurigarín, 2013).

Un jardín vertical consiste en tapizar muros con plantas que pueden crecer en distintos medios de cultivo. Pueden prosperar en un sustrato liviano, con algún tipo de suelo natural, o en fibras sintéticas específicas adosadas a bastidores resistentes y de bajo peso.

Existen numerosos mecanismos que van desde los más tradicionales a los más innovadores. Los tipos de fachadas vegetales, según Navarro Portillo, 2013, pueden ser:

- Tradicionales: se trata de las conocidas enredaderas que se trepan a un muro.
- Doble Piel (cables, enrejados modulares, fachada vegetal invernadero y fachadas deslizantes).
- Sistemas precultivados (paneles vegetados en cajas metálicas, sistemas de paneles en celdas drenantes, gaviones metálicos, caños de PVC).
- Hormigón Vegetal
- Sistemas Hidropónicos

- Sistemas con Sustrato

La incorporación del verde en los edificios y en las ciudades produce múltiples beneficios que pueden analizarse a distintas escalas.

A escala arquitectónica:

- Aislamiento térmico y acústico.
- Mejora de la calidad aire interior.
- Mejora de la estética del edificio.
- Transformación permanente de la fachada en las distintas épocas del año dependiendo de la floración.
- Aumento de la sustentabilidad visual.

A escala urbana:

- Fijación del Dióxido de Carbono (CO₂).
- Reducción del efecto isla de calor.
- Aumento de la permeabilidad y retención del agua pluvial.
- Retención de polvo, partículas y sustancias contaminantes.
- Conservación de la naturaleza y biodiversidad urbana.

A escala social:

- Mejora de la salud y el bienestar de la ciudadanía.
- Beneficios económicos: ahorro en los costos de energía de calefacción y refrigeración.
- Aumento del valor del edificio.
- Ahorros en Impuestos (Navarro Portilla, 2013) en aquellas ciudades que prevean beneficios impositivos.

ESTUDIO DE CASOS LOCALES

La ciudad de Resistencia, capital de la provincia del Chaco, se encuentra ubicada en la zona bioclimática Ib (muy cálida húmeda) de la República Argentina. 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 (IRAM 11603). Las condiciones climáticas son favorables para el crecimiento de una vegetación variada.

La aplicación de muros verdes tradicionales es una práctica extendida e incluso en caso de abandono de edificaciones la naturaleza se apodera de las construcciones ociosas.

A pesar de que las condiciones ambientales son favorables y que en el mundo existe una fuerte valoración del verde incorporado a la construcción, en la ciudad sólo se identifican casos aislados de muros verdes planificados como elementos de diseño. A continuación, se analizan tres casos identificados:

1. Torre Vista.
2. Consejo de Ciencias Económicas.
3. Centro Biotecnológico Agroforestal.

Caso 1: Torre Vista

- Ubicación: Salta 389. Resistencia, Chaco
- Autores del Proyecto: Arqs. Martín Bodas, Alejandra Maro, Jorge Castro y Ariela Fernández.
- Autores del muro verde: Marina Ventura y Nicolás Frangioli. Empresa Siempre Verde, diseño de jardines.
- Año: 2012.

En la planta baja del edificio, en un espacio semicubierto orientado al Noreste, se dispone un muro verde de triple altura (7 m de alto), que se vivencia tanto a nivel urbano como desde el interior del edificio (Fig. 1). Este muro limita el exterior con un área de servicio (cocheras y sub estación transformadora) por lo que las prestaciones de transmitancia térmica no resultan especialmente gravitantes.



Fig. 1: Vista desde el interior donde se vivencia el muro verde en la Torre Vista.

Fuente: <http://www.estudiomarg.com.ar>

En cuanto a la construcción del muro verde se trata de un Sistema Hidropónico tecnológicamente resuelto de interior a exterior de la siguiente manera: muro soporte, estructura metálica, placas de PVC, fieltro geotextil reciclado, geotextil con protección ultravioleta y plantas según diseño del jardín. Además, posee un sistema de riego automatizado y un sistema de recolección del agua (Fig. 2 y 3).



Fig. 2: Proceso de construcción del muro verde.

Fuente: Empresa Siempre Verde, diseño de Jardines.

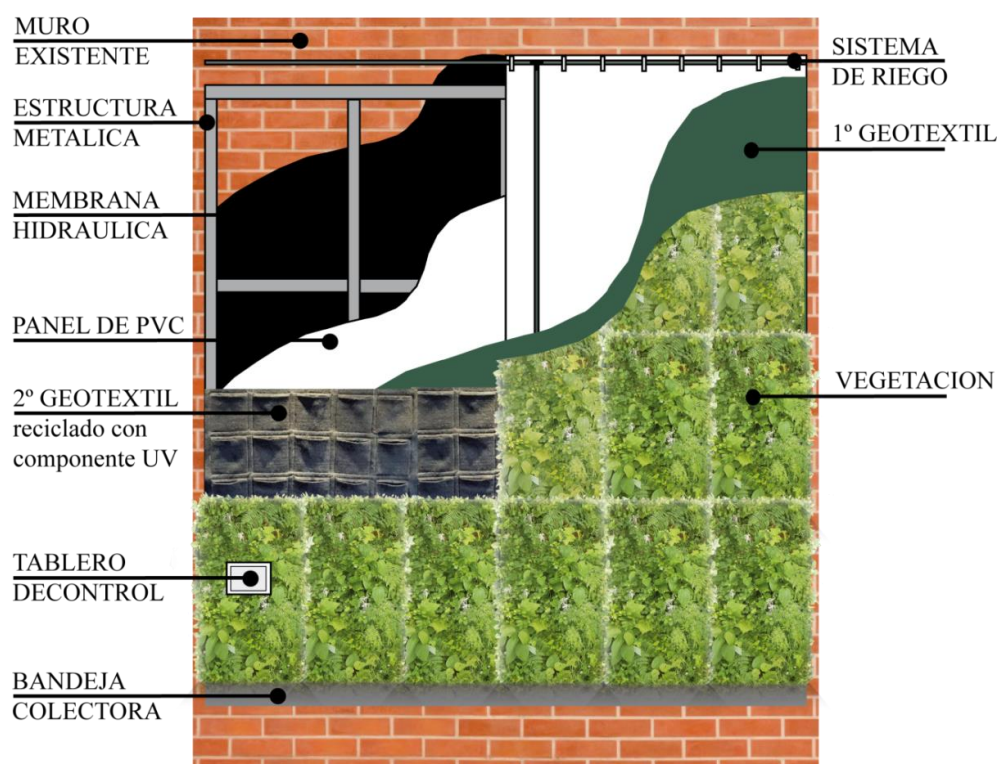


Fig. 3: Despiece tecnológico del jardín hidropónico.

Fuente: D' Elia, 2018.

Caso 2: Consejo Profesional de Ciencias Económicas

- Ubicación: Pellegrini 212. Resistencia. Chaco.
- Autor: Arq. Gustavo Barrios D'Ambra.
- Año: 2015.

Se trata de la ampliación y remodelación de la sede del Consejo Profesional de Ciencias Económicas. El jardín vertical actúa como un tamiz de la radiación solar excesiva de la orientación noroeste de la fachada principal, que por cuestiones corporativas debía presentar una importante proporción de superficie vidriada (Fig. 4).

La fachada del edificio a través de los parasoles verdes, pretende transmitir la “sustentabilidad visual” del conjunto.



Fig. 4: Fachada del edificio. A la izquierda durante el proceso constructivo y a la derecha el resultado final. Fuente: Arq. Gustavo Barrios D'Ambra.

El parasolado “verde” corresponde al sector del auditorio, se materializa con jardineras que contienen arbustos (lantana) que requiere bajo mantenimiento, en base a un detallado esqueleto que soporta las macetas y a la vez que permite el pasaje de las instalaciones de riego automatizado.

De esta manera el verde obra de “tamiz” de la excesiva radiación solar de la fachada noroeste, siendo complementada con protecciones horizontales (losa en voladizo de 1,4 m) y protecciones verticales interiores (cortinado tipo roller + cortinas tradicionales de pana negra) que busca permitir instancias sucesivas y flexibles de luz u oscuridad según sea el requerimiento y las condiciones meteorológicas.

El Sistema Constructivo del muro verde es de doble piel de enrejado modular. Se constituye de una estructura soporte (esqueleto), contenedores con lantanas colocados en una pasarela de mantenimiento y sistema de riego automatizado.

En la Fig. 5 se observa de izquierda a derecha: detalle tecnológico del parasolado verde, en el medio proceso de construcción de la estructura soporte y a la derecha la colocación de las jardineras con arbustos.

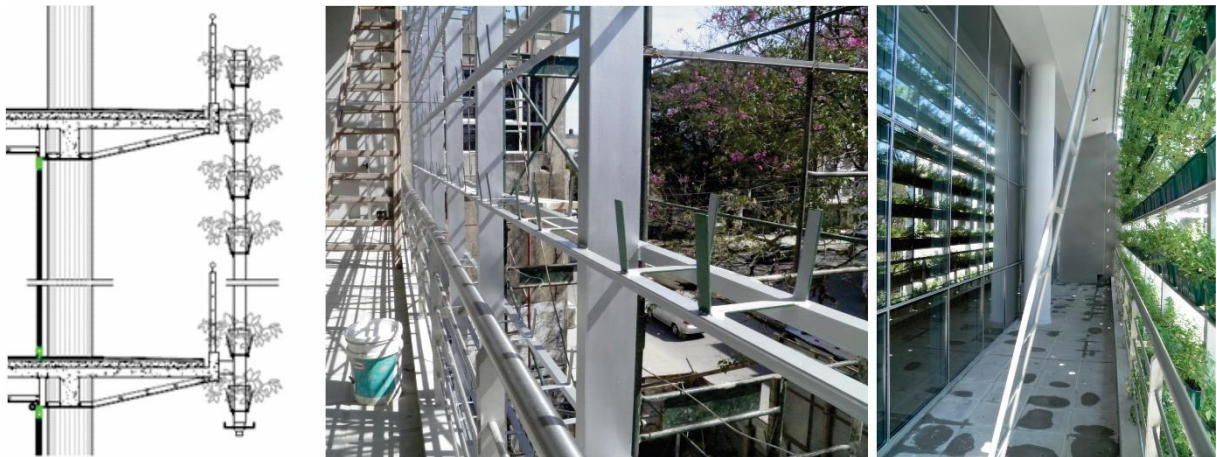


Fig. 5: aspectos tecnológicos del parasol verde. Fuente: Archivos del autor del proyecto, Arq. Gustavo Barrios D'Ambra.

Caso 3: Centro Biotecnológico Agroforestal.

- Ubicación: Ruta 16, Km. 12,5. Resistencia. Chaco.
- Año: 2014.

Se trata de un edificio destinado a la investigación y desarrollo en biotecnología Agroforestal.

En este edificio es factible identificar dos formas de incorporación de muros verdes: una intervención en el espacio interior, tipo muro verde de sustrato y una exterior de doble piel para protección climática de una galería orientada al noroeste.

El muro verde de interior se expresa como una obra de arte natural de 6 metros de ancho por 2 de alto, a modo de “cuadro vivo”. En la Fig. 6 se observa a la izquierda la magnitud de la intervención, en un espacio de doble altura.

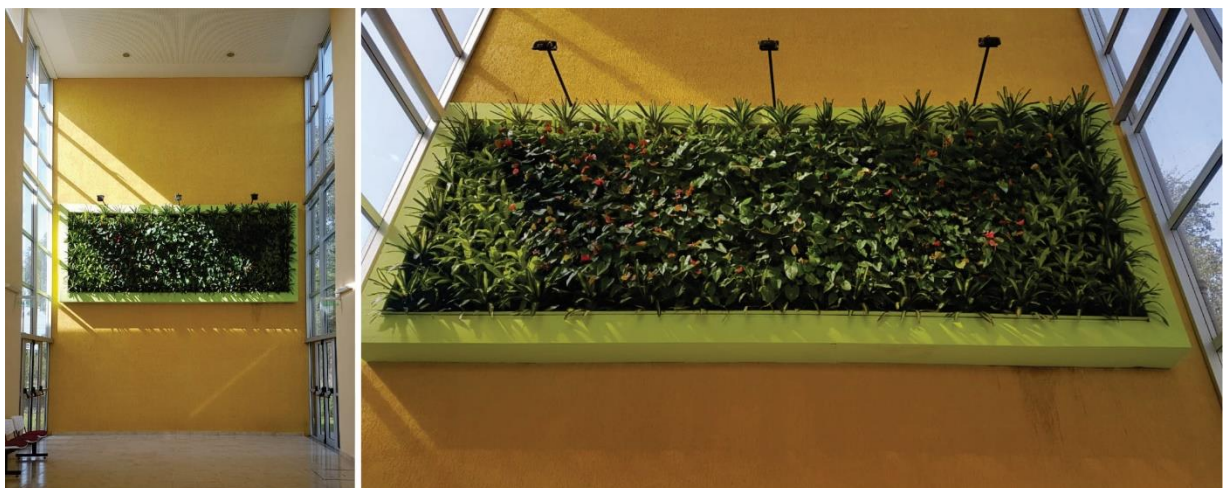


Fig. 6: A la izquierda el cuadro verde en el espacio y a la derecha detalle de vegetación. Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a la entrevista realizada a los ejecutores, se trata de una estructura metálica con las correspondientes aislaciones hidráulicas, un sustrato de musgo sphagnum

mezclado con perlita. Cuenta con un sistema de riego y un mecanismo de recolección del agua para su reciclado para riego mediante cisterna.

Para cubrir la superficie se utilizaron entre 300 y 360 plantas y se realiza un remplazo periódico de las mismas.

La otra intervención es la piel verde de la galería se trata de un enrejado modular de hierro y malla para que trepen distintas especies como ser Santa Rita, trompeta de bengala (*Thunbergia grandiflora*) y jazmines.

En la Fig. 7 se observa a la izquierda un detalle tecnológico constructivo de la doble piel, en el medio una fotografía de la espacialidad que le otorga a la galería de doble altura, con orientación noroeste la presencia beneficiosa de la vegetación. A la derecha se observa la vista exterior donde la trompeta de bengala es la que ha tapizado de forma más contundente la estructura.



Fig. 7: A la izquierda detalle de la estructura, en el medio fotografía de la espacialidad de la galería con la piel verde y a la derecha el resultado de la fachada lateral del edificio. Fuente: elaboración propia.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A pesar de los pocos casos identificados a nivel local, las tecnologías de ejecución son variadas: hidropónico (caso 1), doble piel de enrejado modular (caso 2), con sustrato (caso 3 interior) y enrejado modular con crecimiento desde el terreno (caso 3 exterior). En todos se verifica una finalidad estética, tendiente a lograr una “sustentabilidad visual”.

En el Consejo Profesional (caso 2) y la galería del Centro Biotecnológico (caso 3, exterior) resulta una estrategia de control bioclimático de la radiación solar excesiva (que caracteriza a la zona Ib).

Si bien la incorporación del verde aumenta la resistencia térmica del cerramiento, su implementación se fundamenta en la cuestión estética, dado que por ejemplo en el caso 1 se trata del cerramiento que limita el exterior con un sector de servicio. La Arq. Maro, una de las autoras de la obra, manifiesta que el costo de mantenimiento es bajo en relación a la presencia e identidad que le otorga al edificio.

Las tecnologías adoptadas en los casos de estudio podrían ser utilizadas en remodelaciones, rehabilitaciones energéticas o recualificación estéticas de edificios construidos. Esta parece ser una faceta interesante para reverdecer las ciudades sin requerir espacio adicional, muchas veces inexistentes.

CONCLUSIONES

Las envolventes verticales de los edificios son definitorias en la estética de la construcción y tienen la posibilidad de comunicar una intención de diseño sustentable.

El aumento del compromiso y la responsabilidad ambiental de usuarios, ciudadanos y diseñadores genera una revalorización del verde como síntesis de un anhelo compartido: lograr que la arquitectura y el urbanismo sean más amigables con el ambiente.

Los muros verdes pueden ser incorporados en variedad de situaciones interiores, exteriores y parasoles, tanto en construcciones nuevas como en remodelaciones. Por el momento resultan aún onerosos, no existen insumos en el mercado local, ni incentivos impositivos en la provincia o la ciudad. Resulta una inversión voluntaria, generalmente asociada a un “marketing ambiental” que repercute favorablemente en el valor de la propiedad.

Su aplicación puede motivarse en estrategias bioclimáticas, mejorar la aislación acústica y térmica, pero principalmente para aprovechar la naturaleza como herramienta de diseño, variable, viva y renovable.

La aplicación de muros verdes a escala urbana podría tener un impacto beneficioso en la mitigación de la isla de calor, la fijación del CO₂, la preservación de la biodiversidad y la consolidación de la identidad arquitectónica local.

La mejora psicológica en la población, ya sea el propio usuario o el ciudadano común, es otro aspecto favorable, dado que el remplazo del gris por el verde disminuye el estrés asociado a la vida urbana.

AGRADECIMIENTOS

A la Arq. Alejandra Maro, coautora de la Torre Vista, que brindó precisiones sobre la implementación del muro verde, su impacto vivencial en el edificio y los costos de mantenimiento.

Al Arq. Gustavo Barrios D’ Ambra, autor del Consejo Profesional, que brindó su tiempo y la totalidad de la documentación técnica del proyecto, fotos del proceso constructivo y de la obra terminada.

Al personal del Centro Biotecnológico Forestal, especialmente al Lic. en Biotecnología Pablo Klusacek.

BIBLIOGRAFÍA

- 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 y Pilar, Claudia (2018). Análisis ambiental de muros verdes para las condiciones de la Región NEA. Informe Final de Beca CIN, Corrientes, Universidad Nacional del Nordeste.
- Evans, J. (2010). Sustentabilidad en Arquitectura. Consejo Profesional de Arquitectura y Urbanismo.
- IRAM 11601. (1996). Acondicionamiento Térmico de Edificios. Métodos de Cálculo. Propiedades Térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario.
- IRAM 11603. (1996). Acondicionamiento Térmico de Edificios. Clasificación Bioambiental de la República Argentina.
- IRAM 11605. (2006). Acondicionamiento Térmico de Edificios. Condiciones de Habitabilidad en Edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos.
- IRAM 11930. (2010). Construcción Sostenible. Principios Generales. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación.
- MARQ estudio. Disponible en <http://www.estudiomarq.com.ar>
- 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.
- Zurigarín, G. (Ed). (2013) EA. Envolventes arquitectónicas. Editorial EA. Disponible en <http://www.envolvente-arquitectonica.com/revistas/06/EA06.pdf>

ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL EFECTO HIDROLÓGICO DE CUBIERTAS VERDES EN EL ÁREA METROPOLITANA DEL GRAN RESISTENCIA

Néstor Holsbach, Jorge Pilar y Claudia Pilar

Artículo publicado en

CUADERNOS del CURIHAM. Vol. 25. Año 2019.

Páginas 59 - 64. ISSN 1514-2906 (Impresa) – ISSN 2683-8168 (En línea)

DOI: 10.35305/curiham.v25i0.121

RESUMEN

Se presentan los resultados preliminares de una experimentación sobre modelo físico, referidos a la eficacia y eficiencia hidrológicas de cubiertas verdes.

Las cubiertas verdes de tipo extensivas son sistemas que se colocan sobre techos tradicionales para disminuir los efectos de la impermeabilización del suelo urbano, buscando laminar los hidrogramas de escurrimiento que generan. Están compuestas por varias capas construidas con distintos elementos, con características y propiedades diferentes, estando la capa superior constituida por un sustrato orgánico, de poco espesor, que permite el crecimiento de vegetación de bajo porte y por el que recibe el nombre de cubiertas verdes.

El aumento de la impermeabilización asociada a la creciente urbanización, la baja pendiente natural del terreno y su localización en una zona de riesgo hídrico hacen propicia la implementación de este sistema en las ciudades que conforman el Área Metropolitana del Gran Resistencia (AMGR), como una medida de mitigación que permitiría minimizar los efectos de precipitaciones de elevada intensidad, reduciendo y retardando el agua de escurrimiento directo, colaborando a evitar (o por lo menos minimizar) los anegamientos provocados por las lluvias.

En el presente trabajo se buscó evaluar cualitativa y cuantitativamente el efecto de este tipo de cubiertas. Para ello, se construyó un modelo físico de la cubierta extensiva, utilizándose además una cubierta plana tradicional como contraste.

Los resultados preliminares obtenidos mostraron un notorio efecto amortiguador y retardador del escurrimiento de este tipo de cubiertas.

PALABRAS CLAVE: techos verdes, drenaje pluvial urbano, hidrología urbana

SUMMARY

The preliminary results of a test on physical model are presented, referring to the hydrological efficacy and efficiency of green roofs.

Preliminary results on a physical modeling referred to hydrologic effectiveness and efficiency are presented here.

Extensive green roofs are systems that are placed on traditional roofs to reduce the effects of waterproofing of urban land in order to laminate runoff hydrograms they generate. They are composed of several layers built with different elements, having different characteristics and properties, the upper layer consisting of an organic substrate, and thin thickness, which allows growth of low size vegetation and for what are known green roofs.

Increasing on waterproofing associated to urbanization, the low natural slope of the land and its location in an area of water risk makes it conducive implementing this system in the cities making up Great Resistance Metropolitan Area (AMGR), as a mitigation measure that would minimize effects of high intensity rainfall, thus reducing and delaying direct runoff water, helping to avoid (or at least minimize) flooding caused by rainfall.

The aim of this work was evaluate qualitatively and quantitatively effects of this type of roofing. To do this, a physical model of the extensive roof was constructed, by using a traditional flat roof as a comparison.

Preliminary results obtained showed an important damping and retarding effect of the runoff of this type of roof.

Key words: green roofs, urban storm drainage, urban hydrology.

INTRODUCCIÓN

Desde un punto de vista hidrológico, el crecimiento de la urbanización se ve reflejado en el incremento de áreas impermeables, lo que provoca un mayor volumen de escurrimiento superficial, un aumento del caudal de pico de ese escurrimiento, además de una aceleración de ese proceso.

Ello tiene un efecto significativo en muchas de las grandes ciudades de la región NEA, especialmente las que se localizan en áreas planas, con drenaje complejo, que ante la ocurrencia de precipitaciones intensas (inclusive de algunas de mediana intensidad) quedan paralizadas por los anegamientos producidos. Y esto se torna preocupante en el contexto de cambio climático por el que se está transitando.

Como respuesta a esta problemática, algunas ciudades, siguiendo la tendencia internacional liderada por Francia y ciudades como Copenhague o Barcelona, dictaron normativas que promueven el uso de los denominados techos verdes.

Tal es el caso de Buenos Aires, que promulgó en 2012 la Ley 4428 de Techos y Terrazas Verdes (Legislatura de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 2012); esta iniciativa fue incluida posteriormente en el Código de Edificación de la Ciudad (CE). También la ciudad de Córdoba promulgó una normativa similar en el año 2016, cuyos términos originales fueron flexibilizados por la oposición de los promotores inmobiliarios.

Sin embargo, en la Región NEA aún no se han puesto en vigencia normativas similares, a pesar que ciudades como Resistencia han sido pioneras en el uso obligatorio de medidas no estructurales y de mitigación como parte del abordaje de la problemática del drenaje pluvial urbano (Depettris y Pilar, 2001).

El Área Metropolitana del Gran Resistencia (AMGR) se localiza sobre la Llanura Chaco-Pampeana, sobre la margen derecha del río Paraná, a un par de decenas de kilómetros de la desembocadura del río Paraguay, en una zona de alto riesgo de inundaciones fluviales. Muestra una urbanización que crece a una tasa del orden de 2 hectáreas por semana (Skornick, 1998), no siempre planificada adecuadamente, lo que sumado a la baja energía del relieve (pendiente regional inferior a 10cm/km) son condiciones de contexto que hacen propicia la implementación de los techos verdes, que en ese escenario complejo podrían servir como gran ayuda en la búsqueda de un sistema de drenaje pluvial urbano eficaz y eficiente.

El aumento de la impermeabilización asociada a la creciente urbanización provoca una reducción de la infiltración, de la percolación, del escurrimiento subsuperficial y del subterráneo, incrementando el volumen de escurrimiento superficial.

Entonces, el uso generalizado de los techos verdes permitiría minimizar los efectos de precipitaciones de elevada y mediana intensidad, reduciendo y retardando el agua de escurrimiento directo, mitigando los anegamientos por lluvias de calles, veredas y lotes urbanos (Depettris et al. 2001).



Figura1.- Localización del Área Metropolitana del Gran Resistencia.

(Fuente: imágenes de Google Earth intervenidas gráficamente por los autores).

La construcción de cubiertas verdes permitiría retardar el flujo del agua de los techos hacia la red colectora pluvial, como consecuencia de la absorción radicular y del efecto almacenador del manto de tierra.

Por lo expuesto, queda claro que los techos verdes constituyen una estrategia constructiva alternativa que redundará en beneficios ambientales, paisajísticos y también técnicos.

Si bien este tipo de cubiertas es mencionado en numerosas publicaciones, no es fácil

encontrar datos cuantitativos de sus efectos desde una óptica hidrológica.

Un esquema de funcionamiento sería como el mostrado en la Figura 2.

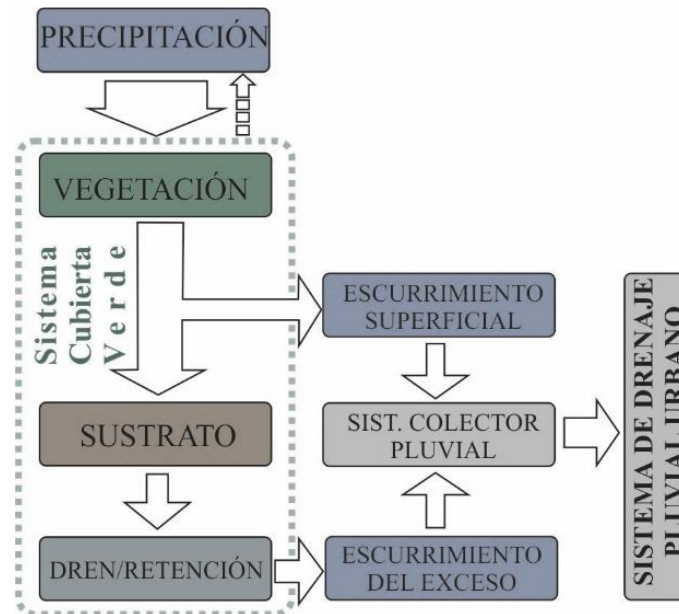


Figura2. Esquema de funcionamiento hidrológico de una cubierta tipo extensiva.

(Fuente: elaboración propia)

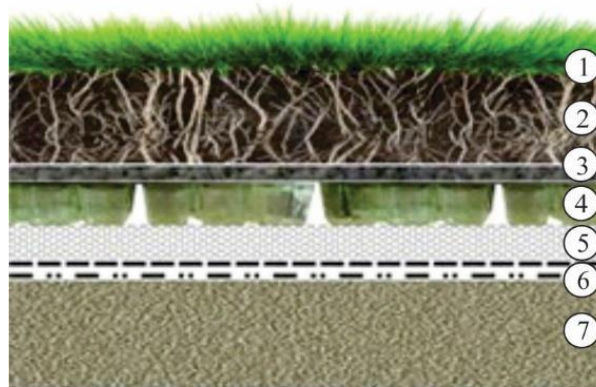
La norma IRAM N° 11.649 define al techo como: “el sistema de uno o más elementos que cierra o que cubre la parte superior de un edificio, contribuyendo a crear una determinada situación de uso y manteniéndolo frente a una determinada situación ambiental”. Por lo tanto, es una de las partes del edificio, al igual que las paredes, que suministran protección contra los agentes externos (Chandías et al. 2009). Este sistema está compuesto principalmente por dos elementos fundamentales: la cubierta, constituida por materiales resistentes a las variaciones térmicas e hidráulicas, y la estructura, que le brinda estabilidad para soportar los esfuerzos externos.

Las cubiertas verdes tipo extensivas (o ecológicas) son sistemas para construir techos, compuestas por varias capas elaboradas con diferentes elementos, con características y propiedades distintas. Según Britto Correa (2001) la configuración básica de las capas es la siguiente:

- .Vegetación: deben ser especies que se adapten a las condicionantes impuestas por el clima, de baja profundidad radicular, tapizantes, autorregenerativas; las recomendadas son las del género Sedum (suculentas) y Gramíneas.
- Sustrato vegetal o inorgánico: capaz de brindar nutrientes a la vegetación a implantar y retener agua en sus poros. El espesor de la capa varía entre 8 a 10cm, aproximadamente.
- Filtro geotextil: membrana que impide el paso de los granos finos del sustrato y permite el drenaje del agua.

- Capa de drenaje: manto que extrae el exceso de agua del sustrato.
- Aislamiento térmico: aplicado para atender las necesidades térmicas del edificio.
- Protección contra raíces: evita el ingreso de las raíces al sistema estructural del techo.
- Lámina de impermeabilización: protege al edificio del ingreso de agua a través del techo.
- Estructura resistente: sostén de la cubierta dimensionada para soportar el peso de las capas superiores y eventuales sobrecargas.

En la Figura 3 se puede observar una sección típica de una cubierta ajardinada, en donde se representa cada componente de la misma.



Referencias: 1. Vegetación; 2. Sustrato; 3. Capa filtrante; 4. Capa drenante; 5. Aislamiento Térmico; 6. Barrera antiraíces y barrera hidráulica y 7. Estructura portante.

Figura 3. Componentes de una cubierta verde tipo extensiva.

Este tipo de superficies presenta ventajas que benefician al entorno urbano y a la obra arquitectónica (Pilar et al. 2009). Algunos de los beneficios más relevantes según Machado et al (1999) son:

- Retención de polvo y sustancias contaminantes propias de las ciudades.
- Incremento de la superficie verde en ciudades.
- Protección contra la radiación solar en edificios.
- Aumento de la eficacia térmica de la cubierta.
- Absorción del ruido.
- Reducción del efecto de la “isla de calor”.
- Reducción de la carga de agua en las canalizaciones, de los costos de depuración de aguas residuales y minimización de los riesgos de inundación en las ciudades.

Los objetivos del presente trabajo fueron analizar los efectos de la incorporación de vegetación en techos para disminuir el impacto ambiental de las superficies construidas en los entornos urbanos, minimizando las consecuencias hidrológicas de la

impermeabilización creciente en las ciudades. Para ello, se buscó evaluar cualitativa y cuantitativamente los efectos de este tipo de cubiertas en caso de ser empleadas en el AMGR.

Se recurrió a un modelo físico de la cubierta extensiva elaborado al efecto, construido con materiales alternativos, pero con características similares a los ofrecidos en el mercado, dado que aún no se encuentran disponibles en la región materiales específicos o que resultan muy onerosos, por la ~~no~~ baja o nula implementación ~~utilización~~ de este tipo de cubiertas. Los resultados preliminares obtenidos mostraron un interesante efecto retardador de escurrimiento de este tipo de cubiertas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó un modelo físico que representa una porción de la cubierta extensiva, de 30 cm de ancho por 40 cm de largo y 15,5 cm de espesor. El recipiente de contención fue de PVC transparente, de 42 litros de capacidad, en el cual se realizaron perforaciones en un extremo para permitir el drenaje. Se le dio una pendiente de fondo de 2 cm/m, semejante a las pendientes utilizadas en las cubiertas planas tradicionales (losas), y se utilizó una de estas cubiertas planas como contraste.

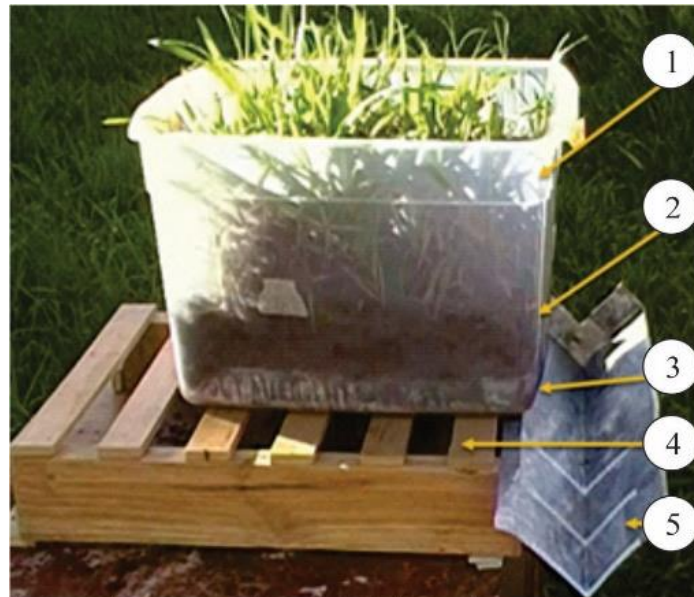
El modelo se ejecutó con los siguientes materiales: goma espuma en lámina, de 5 mm de espesor, que cumple con la función de filtrar el agua evitando la erosión del sustrato; celdas de cultivo de polietileno reciclado, de 45 mm de alto, cuya finalidad fue retener una parte del agua infiltrada y drenar el resto; sustrato orgánico de la región (tierra negra), de 100 mm de espesor. Para la vegetación se optó por el uso de césped (ver Figura 2).

Los dos primeros elementos constituyentes son de características similares a los ofrecidos en el mercado (aunque no en el comercio local), dado que aún no se encuentran disponibles en la región materiales específicos, por la baja (casi nula) utilización de este tipo de cubiertas.

Para la construcción del modelo físico se siguieron los siguientes pasos:

- Se perforó del recipiente contenedor en su cara menor (la de 30cm de longitud).
- Se colocó la lámina de espuma de poliuretano (goma espuma) sobre el fondo del recipiente.
- Se ubicó el sistema de drenaje-retención sobre la capa anterior.
- Nuevamente se colocó otra capa de goma espuma.
- Se distribuyó el sustrato (tierra negra vegetal) de forma suelta, esparciéndola manualmente en capas de 2cm aproximadamente hasta lograr el espesor de 8cm.
- Se sembraron 6 gramos de semillas de césped (50 gramos/m²).
- Finalmente, se agregaron otros 2cm de suelo vegetal, para completar los 10 cm de capa del sustrato.

En la Figura 4 se muestra el modelo físico utilizado.



Referencias: 1. Recipiente de PVC 30 x 40 cm; 2. Porción de cubierta naturada; 3. Perforaciones de drenaje; 4. Base de madera para pendiente y 5. Canaleta con fajas graduadas.

Figura 4. Modelo físico utilizado.

Se realizaron 5 ensayos consecutivos, de 2 minutos de duración cada uno. En todos ellos se simuló una precipitación de 4 litros, sobre la superficie de 0,123 m² y se midieron los caudales drenados. En un recipiente se captó el agua filtrada en cada experiencia (ver Figura 5).



Figura 5.- Ensayo en modelo físico: dispositivo simulador de lluvia (parte superior); canaleta y recipiente receptor (parte inferior).

La misma operación se realizó sobre una cubierta plana impermeable (losa), para la cual se registró el hidrograma de escurrimiento directo. Posteriormente, se compararon ambos hidrogramas y se analizaron sus parámetros característicos: tiempo de base, caudal pico y el tiempo en el que éste se produce.

RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados obtenidos de la simulación en modelo físico se pueden apreciar en la Figura 6.

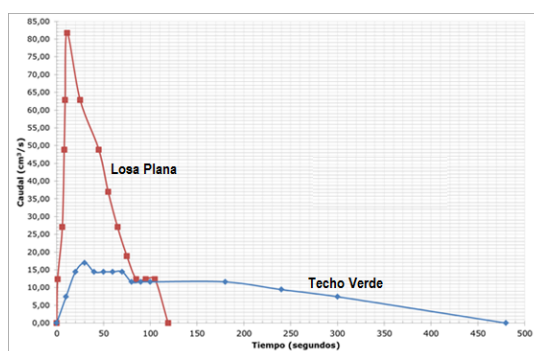


Figura 6.- Comparación de hidrogramas de escurrimiento directo de los dos tipos de cubierta ensayados.

Se puede notar una diferencia marcada en los hidrogramas de escurrimiento de la losa y de la cubierta verde:

- cubierta de losa común: tiempo base 119 segundos; tiempo al pico 11 segundos; con respecto al caudal pico; caudal pico 81,8 cm³/segundos.
- cubierta verde: tiempo base 480 segundos (incremento del 400%); tiempo al pico 30 segundos (incremento de 273%); caudal pico 17 cm³/s (reducción de 79,2%).

Se observó en el primer ensayo realizado sobre la cubierta ecológica una diferencia entre el volumen drenado y el precipitado de 1,1 litros, equivalente a una capacidad de retención de 8,94 litros por metro cuadrado. Esta diferencia podría explicarse por efectos físico-químicos de retención y/o evapotranspiración de la cubierta vegetal.

En los ensayos siguientes no se registraron diferencias, debido a que los sustratos del modelo se encontraban en condición de saturación.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los ensayos realizados hasta el momento, se podría afirmar que las cubiertas verdes son eficaces, habiendo mostrado incrementos significativos de los tiempos de base y al pico del hidrograma, o sea un importante retardo el escurrimiento de las aguas de lluvia y, por lo tanto, su aplicación sería beneficiosa para morigerar los problemas relacionados con la creciente impermeabilización de las ciudades que integran el AMGR.

Sin embargo, se considera que los resultados se podrían refinar cuantitativamente, debido a que no se tuvo en cuenta la reducción de la porosidad del sustrato a causa de la precipitación y las condiciones de borde del modelo, el cual no representa fielmente la realidad.

Se realizó una continuidad del presente trabajo incorporando un simulador de lluvia y la utilización de otros tipos de variedades vegetales y diferentes pendientes de cubierta. Los resultados se están procesando.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Britto Correa, C. 2001. Análisis de la viabilidad y comportamiento energético de la cubierta plana ecológica. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, España.
- Chandías, M. E.; Ramos, J. M. 2009. Introducción a la construcción de edificios. Editorial Alsina. Buenos Aires, República Argentina. 320 pág.
- Depettris, C.A.; Pilar, J.V. 2001. Uso de Medidas No Estructurales para controlar el Aumento de las Áreas Impermeables en la Ciudad de Resistencia. In I Seminario de Drenagem Urbano Do MERCOSUR - V Seminario Nacional de Drenaje Urbano: Soluções para a Drenagem Urbana em países da América Latina. Porto Alegre – RS – Brasil.
- Laar, M.; Grimme, F.W. 2006. Thermal comfort and reduced flood risk through green roofs in the Tropics. Ginebra, Suiza.
- Legislatura de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. 2012. Ley 4428. Disponible en <http://www2.cedom.gob.ar/es/legislacion/normas/leyes/ley4428.html>.
- Machado, M.; Brito C.; Neila, J. 2000. La cubierta ecológica como material de construcción, Informes de la Construcción. Vol. 52, nº 467 2000, pp. 15-29.
- Norma IRAM N° 11.649. Techos: Definiciones y clasificación.
- Pilar, C.A.; Cáceres, M.; Boscarino, L. 2009. Estudio de las condicionantes tecnológicas, económicas y culturales para el diseño de techos verdes. In: Comunicaciones Científicas y Tecnológicas Anuales 2009. FAU UNNE. Página 47 a 50. Corrientes. ISSN 1666-4035.
- Scornick, C. 1998. Diagnóstico urbano expeditivo del A.M.G.R. SUPCE – Chaco. Informe de consultoría.

RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN ABORDAJE DESDE LOS PRINCIPIOS DE LA ECONOMÍA CIRCULAR

Arístides Ernesto Bóveda, Daniel Vedoya y Claudia Pilar

Ponencia presentada en
XXIV Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas
de la Universidad Nacional del Nordeste. Resistencia, Chaco. Junio de 2019

RESUMEN

En el presente trabajo aborda la problemática de los Residuos de Construcción y Demolición “RCD” en el ámbito de la ciudad de Resistencia, sobre la hipótesis de que esta materia puede dejar de verse como un desperdicio para percibirse como un recurso útil.

Se expone el proceso y los resultados a partir las diferentes actividades planteadas para la búsqueda y análisis de la información a través del método cuantitativo para luego complementarse con el de tipo cualitativo, en la cual se realizó entrevistas a los actores intervinientes en el manejo de los RCD, y visitas de obras en construcción y/o demolición en la Ciudad de Resistencia.

Se describe la problemática, se cuantifica volúmenes y tipos aproximados y finalmente se proponen alternativas de mejoras ambientales del ciclo de la materia desde la perspectiva del análisis e inspiración en la naturaleza, “de la cuna a la cuna”.

Se exponen datos relevados de la composición de los residuos a través del seguimiento y registro de los residuos en la obra, donde en su mayor porcentaje está compuesto de escombros, compuesto de materiales totalmente reutilizables como ser restos de hormigón, morteros, ladrillo y cerámicos, y en otra menor proporción materiales que pueden ser reciclables como plásticos, hierros y madera. Generando un volumen de 135 m³ / día aproximado en la ciudad, dato de mucha variación en relación a determinadas épocas del año.

Si bien se determinó las características y volúmenes aproximados de RCD en la Ciudad, hay mucho por delante para mejorar el manejo de los residuos, como el cumplimiento de las normativas y sanciones si fueran transgredidas, generación de conciencia ambiental para todas las partes intervinientes en el manejo de estos materiales de forma directa o indirecta, todo esto para obtener beneficios como la economía en el ahorro de materiales, el cuidado del ambiente y revalorización del material, mal llamado “residuo”.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo aborda la problemática de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD), que forman parte de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) junto con otros tantos tipos de desperdicios provenientes de la actividad residencial, comercial, institucional, etc.

La construcción es una actividad en permanente desarrollo, porque responde a necesidades y demandas sociales siempre crecientes. Por lo tanto, su impacto ambiental también es constante y genera, por un lado, un gran consumo de recursos, y por el otro, una importante producción de residuos (Glinka, Vedoya y Pilar, 2005). La ciudad de Resistencia no es ajena a esta situación, por lo que resulta pertinente proponer alternativas de mejoras ambientales inspiradas en la naturaleza.

En términos generales, los RCD presentan bajo riesgo de contaminación ambiental y afectación de la salud humana, en relación con los residuos domiciliarios u otros residuos especiales. La principal problemática de gestión y disposición se refiere a su gran volumen, y por lo tanto, a los costos de transporte y al espacio necesario disponible que ello implica. Donde la otra mínima parte que se compone de residuos peligrosos (restos de pinturas, barnices, plásticos, entre otros), es ínfima para la afectación del medio y la salud, pero pueden afectar el uso potencial de los residuos recuperables y/o reutilizables, lo que una adecuada gestión permitiría aprovechar un mayor porcentaje de los RCD sin perder sus propiedades.

La mayor parte del volumen de estos residuos son de carácter inorgánico, lo que representa una oportunidad para su recuperación en nuevos ciclos económicos. Sin embargo, lejos de verse como “materia” los RCD son percibidos como un problema.

Lo habitual es su “eliminación” de los sitios de obra (lo que no significa que se han eliminado del ciclo de naturaleza) y pasan a engrosar los volúmenes de los Basurales Municipales, que sin ningún tipo de clasificación mezcla todo tipo de materiales e inhabilita su potencial uso posterior. Por lo cual, ante todo esto, se plantea que los RCD pueden dejar de verse como residuos y para verse como materia útil. De esta manera poder recuperarse gran parte de su volumen para nuevos ciclos económicos valiosos, dentro o fuera de la obra, siguiendo los principios de la naturaleza donde no existe el residuo (Braungart y McDonough, 2005).

MATERIALES Y MÉTODOS

El abordaje metodológico de trabajo es de tipo cuantitativo, se realiza un registro de volumen y tipo de RCD en tres obras en construcción de la ciudad de Resistencia. Estos datos cuantitativos se complementan con una fase de tipo cualitativa, en la cual, a partir de entrevistas, se pretende conocer las percepciones de los RCD para profesionales y funcionarios públicos.

El primer paso en el desarrollo de la investigación consistió en la búsqueda y estudio de antecedentes bibliográficos en publicaciones, revistas y repositorios digitales que aborden los RCD desde diferentes enfoques para tener un mayor conocimiento acerca

del tema en cuestión, para luego proceder a realizar la recopilación de información y análisis de normativas, tanto a escala nacional y provincial, como municipal.

Para obtener más información a nivel local se realizó el seguimiento de tres obras en construcción ubicadas en la Ciudad de Resistencia, para recopilar datos acerca de volúmenes y tipos de RCD en las diferentes etapas del proceso, que se detalla en la Tabla 1.

OBRA	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN	% AVANCE
Remodelación de vivienda unifamiliar	Av. Laprida 542	Ampliación, mejoramiento de terminaciones y reacondicionamiento de instalaciones eléctricas	Finalizada
Refacción de local comercial	Marcelo T. de Alvear 80	Terminación de interior y fachada, incorporación de nuevas luminaria y amoblamiento	Finalizada
Construcción de vivienda unifamiliar	Barrio la Rivera	Inicio de la construcción de vivienda, desde sus fundaciones hasta la construcción de cerramientos	Instancias de terminaciones

Tabla 1: Síntesis de los casos de estudio.

También se llevó a cabo la identificación de actores claves que se relacionen con el tema a tratar en esta investigación, para luego realizar entrevistas tanto estructuradas como semiestructuradas. En la tabla 2 se realiza una síntesis de los actores clave consultados. Toda esta información obtenida complementa la información cuantitativa y permite realizar el análisis, conclusiones y recomendaciones finales.

Organismos públicos	Municipalidad de Resistencia	Director General de Gestión Ambiental
	FAU - UNNE	Magíster en Gestión Ambiental y Ecología
Empresas privadas	Empresas de recolección de escombros	Querini
		Almanza
		Obramax

Tabla 2: Actores claves consultados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La situación actual en la cual se encuentra la ciudad de Resistencia se ve reflejando en muchas otras urbes del Nordeste Argentino (NEA), donde grandes cantidades de RCD son dispuestos en lugares inadecuados o son mal utilizados, como relleno en sitios que a futuro servirán como zonas de construcción de nuevas edificaciones. En la figura 1 se muestran situaciones cotidianas de obras en la ciudad de Resistencia.



Figura 1: RCD en Resistencia. Fuente: Elaboración propia.

Este es uno de los principales problemas de la ciudad cuando hablamos de rellenos en lugares inadecuados, principalmente en lagunas, que deberían actuar como reservorios para mitigar el efecto de las precipitaciones, pero que por rellenos inadecuados no cumplen tal fin, lo que causa grandes perjuicios a los inmuebles, inhabilita la circulación del transporte tanto privado como público y peatones en las zonas afectadas y degradan el paisaje natural. En cuanto a datos obtenidos a partir de las diferentes entrevistas realizadas a los actores involucrados en el manejo de RCD, se detalla el origen de los RCD y la composición y volumen.

Tipo de actividad que lo genera	% aprox.	Composición de los RCD	Escombro (Hº, ladrillo, mortero, cerámicos, etc.)
Obras de restauración / rehabilitación	30		Metal
Obras en construcción	60		Madera
			Plástico
Trabajos de demolición	10		Papel y cartón
		Volumen total	135m3/día

Tabla 3: Izquierda: origen de los RCD. Derecha: Composición y volumen.

Los datos expresados en los cuadros son obtenidos mediante visitas y seguimiento de obras y entrevistas. Estos datos son aproximados. El volumen total de RCD diarios que se producen en Resistencia es un valor muy fluctuante que depende de la estación, el día de la semana y el clima.

Se plantean las siguientes recomendaciones para mejorar el manejo de los RCD:

- Reutilización de los RCD tanto dentro como fuera de la obra.
- Separación y clasificación de residuos dentro de la obra para su posterior transporte.
- Reciclaje de RCD para lograr reducir materiales en desuso.

- Controles más estrictos por parte de Organismos Públicos para evitar el vertido de RCD en lugares inadecuados.
- Instalación de un centro de transferencia, en la cual se depositen los residuos de construcción y demolición.
- Concientización y educación ambiental tanto a profesionales, empresas, empleados de la construcción, municipio y sociedad en general.

Es fundamental conocer qué y cuanto residuo se genera para proponer mejoras, ya que actualmente es uno de los datos con el que no cuentan los organismos públicos en la Ciudad de Resistencia. Sumado a esto la concientización ambiental, nombrado en el último punto, que resulta clave para promover uso racional de los RCD, ya sea reutilización, reciclaje y una gestión apropiada, para así obtener beneficios como la economía en el ahorro de materiales, evitando el desperdicio de la materia y favoreciendo su inserción en nuevos ciclos, siguiendo los principios de la naturaleza en donde no existe el residuo (Benyus, 2012).

BIBLIOGRAFÍA

- Benyus, J. (2012). Biomímesis. Innovaciones inspiradas por la naturaleza. TUSQUETS Editores, Barcelona
- Braungart, M. y McDonough, W. (2005). Cradle to cradle. Rediseñando la forma en que hacemos las cosas. McGraw Hill. España
- Glinka, María E.; Vedoya, Daniel E. y Pilar, C. (2013) Reducción del impacto ambiental a partir de estrategias de reciclaje y reutilización de residuos sólidos. Ediciones del ITDAHu. Corrientes.
- Mercante (2007). Caracterización de residuos de la construcción. Aplicación de los índices de generación a la gestión ambiental. Revista Científica de Vol. XI Nº 2.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Plan Nacional de Economía Circular de Residuos. Disponible en <http://ambiente.gob.ar/wp-content/uploads/PlanEstrat%C3%A9gico-Provincial-PEP-para-la-Gesti%C3%B3n-Integral-de-Residuos-S%C3%B3lidos-Urbanos-hacia-una-Econom%C3%ADa-Circular.pdf>
- Municipalidad de Resistencia (2012) Plan municipal de gestión integral de residuos sólidos urbanos.
- Municipalidad de Resistencia. Código Urbano Ambiental.
- Pacheco Bustos, C.; Fuentes Pumarejo, L., Sánchez Cotte, E. y Rondón Quintana, H. (2007). Residuos de construcción y demolición (RCD), una perspectiva de aprovechamiento para la ciudad de barranquilla desde su modelo de gestión. Universidad del Norte, Barranquilla y Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá.
- Tchobanoglous, G. y otros (1994) Gestión Integral de Residuos Sólidos. McGraw-Hill, Madrid.

REUTILIZACION DE CONTENEDORES MARITIMOS PARA LA CONSTRUCCIÓN OPORTUNIDADES Y DESAFÍOS

Gabriel Adolfo Quiroz, Daniel Edgardo Vedoya y Claudia Pilar

Ponencia presentada en
XXIV Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas
de la Universidad Nacional del Nordeste. Resistencia, Chaco. Junio de 2019

RESUMEN

El presente trabajo tiene por objetivo indagar en las posibilidades y condicionantes para la reutilización de los contenedores marítimos en el contexto de la región Nordeste Argentina (NEA), teniendo en cuenta sus particularidades climáticas, normativas y culturales.

Los contenedores permiten una vez finalizada su vida útil como medio de transporte de cargas, su reutilización para conformar espacios habitables en diferentes programas arquitectónicos en una amplitud de escalas. La reutilización es un principio del diseño ambientalmente consciente, basado en la economía circular de la materia.

La metodología ha sido la comparación de casos construidos del contexto internacional, nacional y regional, en relación a la construcción tradicional habitual, en cuanto a las condiciones de confort, aplicando la normativa de habitabilidad vigente. Para comparar los costos se realizaron entrevistas a empresas constructoras del ámbito nacional y regional.

Los resultados muestran un mejor comportamiento frente a las condiciones de temperaturas de la región de la reutilización de contenedores (si se incorpora a la envolvente las adecuadas aislaciones térmicas) y un ahorro en el costo de construcción de hasta un 30% en relación a sistemas de construcción tradicional.

La *cargotectura* es un nuevo paradigma de la arquitectura, en el que el proceso constructivo es más rápido, versátil, trasladable y de bajo impacto ambiental. Por medio de la reutilización de los contenedores marítimos se pueden originar posibles soluciones dignas de habitabilidad y perdurables con respecto a las diversas demandas que puedan surgir de nuestra sociedad de la región como así también la del país.

PALABRAS CLAVES: cargotectura, economía circular, evaluación integral, sustentabilidad.

INTRODUCCIÓN

La reutilización de contenedores marítimos es una tendencia arquitectónica a nivel internacional, usada para la resolución de diversos programas arquitectónicos, tanto en obras nuevas como en ampliaciones o remodelaciones, creando nuevos espacios para el hábitat humano.

En países de Europa y de América del Norte es de amplia aplicación y se la denomina “cargotectura”, mientras que, en la Argentina, su uso es aún muy incipiente.

La cargotectura se posiciona en el paradigma de la sustentabilidad porque reutiliza y recicla el contenedor, que luego de su vida útil sería considerado un residuo. De esta manera contribuye a la Economía Circular de la materia disminuyendo el uso de recursos naturales.

El presente trabajo tiene por objetivo indagar en las posibilidades tecnológicas, normativas y de costos que hagan viable la reutilización de contenedores marítimos para su uso en la arquitectura teniendo en cuenta las condicionantes de la región Nordeste Argentina (NEA) como ámbito de aplicación, considerando sus particularidades climáticas, normativas y culturales.

Existe una variedad importante de contenedores marítimos para el uso de trasportes de materias primas y productos de exportaciones, pero los más adecuados para realizar cargotectura son los denominados Dry Van (DV) y los High Cube (HC) siendo este último el más adecuado debido a que sus dimensiones son compatibles con los requerimientos de habitabilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se empleó el método analítico deductivo, partiendo de lo general a los casos particulares, usando como fuente de información de partida la extraída de la bibliografía especializada y de la información de mercado.

Se realizó un estado de la cuestión teniendo como fuente artículos científicos y ejemplos contruidos. De esta manera se generó un volumen de información con casos del contexto internacional, nacional y regional. Se seleccionó un caso por cada tipo de contexto y se realizó un análisis teniendo en cuenta criterios tecnológicos.

En la Tabla 1 se realiza una síntesis de los casos seleccionados como representativos para su análisis.

Descripción	Internacional	Nacional	Regional
Ubicación	Cotia, Brasil	Cordoba, Argentina	Posadas, Argentina
Forma de construcción	Prefabricada por módulos	Mixta o híbrida	Prefabricada Pura
Materialización	100% se conforma por dos o más containers.	50% tradicional, 50% containers.	100% se conforma por un solo containers.
Imagen	 <i>Casa Granja Viena.</i> Fuente: https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/910745/casa-container-granja-viana-container-box	 <i>Casa híbrida</i> Fuente: https://blog.is-arquitectura.es/2017/04/04/casa-hibrida-con-contenedores-jose-schreiber/#prettyPhoto	 <i>Laboratorio Phytolab</i> Fuente: http://phytolab.com.ar/

Tabla 1: Síntesis de los casos de estudio analizados.

También se realizó la sistematización y análisis de los trabajos de la asignatura Construcciones II A, de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UNNE.

En dicha asignatura se promueve la indagación en esta alternativa constructiva desde el año 2009. A partir de este análisis y sistematización se pudo verificar su versatilidad dado que como se observa en la tabla 2 se abordaron numerosas temáticas:

Año	Temática	Programas arquitectónicos resueltos
2010	Catástrofe	Comedor, centro de salud, vivienda transitoria, centro educativo, centro comunitario.
2011	Turismo	Cabañas, módulos de información turística, posadas.
2012	Barrio Cerrado	Viviendas 2 y 3 dormitorios en PB y de 3 dormitorios en PA.
2013	Complejo Turístico	Administración, Área Recreativa, Cabaña de 2 y 3 Dorm.
2014	Equipamiento y mobiliario urbano	Módulo municipal, información turística, baños públicos, revistería, florería, venta de artesanías, parada de colectivos.
2015	Emergencia	Comedor, Hospital móvil, Vivienda de emergencia, Centro de educación, Centro comunitario y de contención psicológica.
2016	Vivienda PRO.CRE.AR	Viviendas de 2 dormitorios en Planta baja, de 3 dormitorios en Planta Baja y de 3 dormitorios en Planta Alta.
2017	Vivienda Sustentable	Viviendas de 2 dormitorios en Planta baja, de 3 dormitorios en Planta Baja y de 3 dormitorios en Planta Alta.
2018	Eco Turismo	Centro de interpretación, informes, guardaparques, refugio del turista, cabaña, posada, parador gastronómico.

Tabla 2: Temas abordados en cada ciclo lectivo para el desarrollo del TP de Construcciones II – A.

Las condicionantes consideradas fueron: constructivas, tecnológicas, económicas, disponibilidad de contenedores marítimos y ambiental. Esta última tiene que ver con las condiciones climáticas en la región Nordeste Argentina (NEA) como ser altas temperaturas, humedad, vientos, precipitaciones, radiación solar, etc., para lograr el confort humano.

Se verificó que adicionando los aislamientos térmicos necesarios los cerramientos verticales de este sistema constructivo cumplan con las condiciones de confort térmico aplicable a esta zona bioclimática I (a y b): muy cálida húmeda, según Norma IRAM 11603/96.

Para completar la percepción sobre la temática se realizaron entrevistas a profesionales de empresas en las ciudades de Corrientes, Resistencia y Buenos Aires para obtener datos reales y actualizados de costos, para el contexto de análisis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En función de los objetivos inicialmente planteados, se logró analizar la factibilidad de aplicación de reutilización de contenedores como una alternativa viable para la resolución de diversos programas arquitectónicos.

Los comportamientos de confort térmico de los cerramientos verticales en los contenedores brindan un rendimiento adecuando a la zona bioclimática I (a y b) muy cálida húmeda y, con la adecuada adición de materiales aislantes, se obtuvieron resultados de mejor comportamiento que los cerramientos de muros tradicionales. Otras de las ventajas de los contenedores es que disipan rápidamente el calor absorbido durante el día.

De acuerdo a lo consultado con una empresa que construye tanto con contenedores como con sistema tradicional, se estima un 30% de ahorro en favor de la utilización de contenedores. La empresa realiza un prototipo de vivienda para dos personas, de 30m² listo para habitar, con un costo de U\$D 15.499, en pesos argentinos un total de \$681.956, que da un estimado por m² de \$22.732.

En la región NEA, el m² para la misma calidad de construcción (alta) tiene un valor de aproximadamente \$32.000. Por lo que una vivienda de 30m² costaría \$960.000 (estos últimos valores han sido brindados por una empresa constructora de la ciudad Resistencia). En la tabla 3 se sintetizan los valores precedentes.

Variables	Construcción con contenedores	Construcción tradicional
Precio \$/m ² (alta calidad)	\$ 22.732	\$ 32.000
Plazo obra (3 operarios)	2 meses	6 meses a 1 año
Durabilidad	Alta	Alta
Calificación mano de obra	Alta	Media
Demanda del mercado	Baja	Alta
Nivel de confort térmico	Medio	Medio

Tabla 3: comparación entre construcción con contenedores y construcción tradicional.

Resulta importante la toma de conciencia sobre las posibilidades reales de la cargotectura en la región, en base a un cambio de paradigma que potencie la economía circular.

Los contenedores marinos pueden dejar de verse exclusivamente como un medio de transporte para percibirse como una oportunidad constructiva para dar un nuevo uso a materiales de alta calidad, disminuyendo el consumo de materia prima virgen y generando menos residuos, todos desafíos para plantear una arquitectura sustentable, desde un punto de vista social, económico y ecológico.

BIBLIOGRAFÍA

- ALIAS, H. - MORÁN, R. - PILAR, C. - SCHUSTER, A. - VEDOYA, D. (2010). Criterios de sustentabilidad en el diseño de viviendas mediante sistemas constructivos no convencionales: experiencias en la enseñanza. XXIX Encuentro y XIV Congreso ARQUISUR, Tarija, Bolivia.
- CODIGO DE EDIFICACION DE LA CIUDAD DE CORRIENTES.
- CODIGO DE EDIFICACION DE LA CIUDAD DE RESISTENCIA.
- IRAM 11605/96: Condiciones de Habitabilidad en Edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos.
- PILAR, Claudia (2001). Desarrollo de Criterios e Indicadores Ambientales para la construcción en la Región N.E.A. Hacia una arquitectura Sustentable. Informe final de beca de Perfeccionamiento. SGCyT, UNNE.
- Pilar, C.; Vedoya, D.; Kozak, N.; Machin, F. (2013). Reutilización de Containers Marítimos para la Resolución de Equipamiento de Emergencia, Turístico y Residencia. XVII Congreso ARQUISUR “Habitar la ciudad, tiempo y espacio”. Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño de la Universidad Nacional de Córdoba.
- Pilar, C.; Vedoya, D.; Kozak, N.; Machin, F. (2014). Reutilización de containers como alternativa de construcción no convencional. Abordaje didáctico en la Asignatura Construcciones II. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas Anuales. FAU – UNNE, Chaco.

LA MADERA COMO ALTERNATIVA CONSTRUCTIVA CON CRITERIOS DE SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL

Sofía Vallejos Kaliniuk y Claudia Pilar

Ponencia presentada en
XXIV Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas
de la Universidad Nacional del Nordeste. Resistencia, Chaco. Junio de 2019

RESUMEN

El trabajo de investigación tiene como objetivo el análisis, estudio y conceptualización de la construcción no convencional para el Nordeste Argentino (NEA), utilizando como material principal la madera. Además, se estudian otros materiales que la complementan, para lograr objetos arquitectónicos de gran confort y calidad para los usuarios, teniendo en cuenta criterios de sustentabilidad ambiental.

Los resultados que se buscan obtener a través de esta investigación es cuan posible es aplicar a gran escala este tipo de construcción, en áreas como el Nordeste Argentino, donde cabe destacar, tan instalada está la construcción tradicional, no dando la posibilidad a nuevos métodos constructivos de instalarse, a pesar de sus evidentes conveniencias.

La construcción tradicional (principalmente a base de mampuestos y mezclas húmedas) en el NEA es considerada como la única viable por los usuarios y también por los profesionales, por lo que la implementación de otras alternativas innovadoras para el contexto se enfrenta a numerosos obstáculos de índole cultural. Paradójicamente la madera posee grandes ventajas constructivas no solamente en cuestiones de confort y calidad, sino en ahorro en dinero y en tiempo. La Región NEA y en especial la provincia de Corrientes poseen el mayor volumen maderable del país. A pesar de esta oportunidad el recurso es subutilizado.

El abordaje de la investigación se enfocó en tres ejes de análisis: constructivo (estructural, higrotérmico y demás comportamientos de la madera), económico y de sustentabilidad ambiental.

La metodología elegida fue de tipo analítico deductivo, partiendo de lo general, a los casos particulares de aplicación de la región del NEA, sistematizando la información, que ha sido obtenida de diferentes fuentes como ser bibliografía especializada, artículos científicos, entrevistas, páginas web y folleterías.

Es decir, el método a aplicar, es la recopilación de información, el análisis y estudio de la misma, y la posterior síntesis y conclusiones a raíz de dichos datos, que parten de un

abanico de frentes para poder tener una conclusión que aborde todas las variables implicadas en este modo de construir.

El sistema constructivo estudiado tiene mayor aplicación en países del primer mundo, por ello se realizó un relevamiento de tipologías y casos del ámbito internacional y nacional. Asimismo, se identificaron los ejemplos regionales ubicados en la Ciudad de Corrientes y se realizó un relevamiento profundo de estas experiencias.

Desde un punto de vista normativo se efectuó el análisis del paquete normativo IRAM (Instituto Argentino de Normalización y Certificación) en especial la recientemente aprobada 11900 que tiene por objetivo 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.

También, se tienen en cuenta la Resolución 3-E-2018 (enero de 2018) de la Secretaría de Vivienda y Hábitat, dependiente del Ministerio del Interior, que declaró “tradicional” al Sistema de Construcción de Entramado de Madera para uso de estructuras portantes de edificios. Esto significa que los que utilicen dicho método constructivo ya no deberán tramitar un Certificado de Aptitud Técnica (CAT), simplemente se deberán cumplir los mismos requisitos que los exigidos para una obra húmeda.

La madera es un material renovable, reciclable y carbono neutro, por lo que su uso a nivel internacional es cada vez más valorado, porque contribuye a la mitigación del cambio climático. Sin embargo, en el contexto regional, a pesar de ser un material abundante, no es tenido en cuenta como una opción viable por obstáculos de carácter cultural (no solo de usuarios sino también de profesionales). La implementación de este sistema constructivo requiere de un proceso de concientización, formación y modificación de preconcepciones erróneas para cambiar el modo de vivir, de proyectar y de construir.

Palabras Claves: construcción en seco, no convencional, estrategia de diseño, regional.

INTRODUCCIÓN

Este escrito aborda la temática de la utilización de madera para la construcción, aplicada específicamente en el área del NEA, como medio alternativo a la construcción tradicional, en el cual se tiene en cuenta ciertos criterios de sustentabilidad ambiental que puedan ser aplicados en nuestra área de influencia.

Se tiene en cuenta distintos factores que influyen en esta técnica, desde el adecuado diseño, la ejecución, costos, comportamiento del material, normativas, posibilidades de aplicación en nuestra región, ciclo de vida de la madera, y la obtención de objetos arquitectónicos con espacios confortables y sustentables para nuestro medio.

La madera es un material renovable, reciclable y carbono neutro, por lo que su uso a nivel internacional es cada vez más valorado, porque contribuye a la mitigación del cambio climático. Sin embargo, en el contexto regional, a pesar de ser un material abundante, no es tenido en cuenta como una opción viable por obstáculos de carácter cultural (no solo de usuarios sino también de profesionales). La implementación de este

sistema constructivo requiere de un proceso de concientización, formación y modificación de preconcepciones erróneas para cambiar el modo de vivir, de proyectar y de construir.

ENTRAMADOS DE MADERA

La madera es un material que, gracias a sus variadas características, nos da también una variedad de ámbitos y técnicas de aplicación en el área de la construcción.

Los sistemas constructivos fueron mutando, adaptándose y aplicándose en diferentes ámbitos, técnicas y métodos, cada uno amoldándose a las necesidades que le son propias a los lugares de donde surgieron, pero sorprendentemente con aplicación en diferentes geografías y ambientes.

Es difícil enumerar hoy una serie de sistemas, al ser este un sistema dinámico y en constante cambio, en constante crecimiento y con infinitud de posibilidades, por lo cual solo nombraremos algunos de los más conocidos.

En nuestro país los profesionales que se unen a este sistema de construcción dejando de lado el tradicional buscan fundamentalmente ganar tiempo, economía, y reducir el impacto ambiental en la construcción.

Se destacan a grandes rasgos el Ballon Frame. Es el más utilizado a nivel mundial y es reconocido porque entre sus múltiples ventajas reduce el tiempo de realización, se abaratan costos, se incorporan materiales ecológicos, renovables y reciclables como la madera y permite realizar verdaderos proyectos a medida según las necesidades de cada cliente.

El Concepto del sistema de construcción Ballon Frame es sencillo: la sustitución de las tradicionales vigas y pilares de madera por una estructura de listones más finos y numerosos, que son más manejables y pueden clavarse entre sí. Con este sistema de construcción están edificadas la gran mayoría de viviendas en los Estados Unidos y Canadá.

Otro sistema no tan difundido es la utilización de ladrillos de madera. Los bloques son de madera maciza y tienen una medida de 3x5 pulgadas, por 40 cm de largo, con lo cual, las paredes no son huecas, sino todo lo contrario. Los bloques tienen ranuras por donde pasan tabiques que permiten el ensamble perfecto tanto en altura como hacia los costados. Cada ladrillo es clavado con la hilera inferior por 2 clavos espiralados y galvanizados de 6", otorgando resistencia a la composición del muro. Las juntas son terminadas con un sellador especialmente desarrollado.

Y, por último, se hará mención a la madera laminada, fabricado a partir de varias capas de madera superpuestas en ángulo de 90 grados, pegadas y después prensadas, el CLT se ha convertido en los últimos años en un recurso constructivo cada vez más frecuente.

Es un material robusto pese a su ligereza, acelera los tiempos de construcción, ofrece un buen aislamiento acústico y térmico, es renovable y, lo más importante, es que la madera almacena el CO₂ capturado por el árbol de la atmósfera, en vez de producirlo como es el caso de otros materiales más tradicionales.

Las ventajas que produce introducir este nuevo tipo de construcción en nuestro medio, abarca un 30% de ahorro en el tiempo de ejecución, alrededor de un 20-30% de ahorro en tiempo, se obtienen obras con un confort técnico y calidad aseguradas y estudiadas por las normativas IRAM, y con una vida útil similar a las de construcción tradicional. Además, la materia prima principal no daña el ambiente ya que la madera es obtenida a raíz de bosques implantados.

La única desventaja sería la capacitación del personal, ya que, al ser un sistema constructivo no impuesto, los operarios requerirán una capacitación previa a la ejecución de obras de construcción.

Cabe destacar también que los entramados de madera sumado a un paquete constructivo bien diseñado, reduce los aumentos de temperatura, es decir, tiene excelente aislación térmica y acústica; lo que se traduce también en un ahorro en los costos de energía de acondicionamiento de aire; evita el paso no solo de agua sino también de humedad a través de los paramentos, y se puede obtener una estética contemporánea y similar a las de construcción tradicional.

MATERIALES Y METODOS

El abordaje metodológico es de tipo analítico deductivo, en el cual se parte de casos generales, hacia los particulares de aplicación, estableciendo una serie de pautas afín de ordenar la información obtenida, para facilitar su estudio, análisis y comprensión.

En primera medida, la recopilación y búsqueda de información, como ser bibliografía, revistas y entrevistas, acerca de qué es el sistema y donde y como se lo utiliza. La búsqueda de ejemplos fue clave para un entendimiento holístico del sistema, lo cual fue adquirida gracias a diversas páginas web y material aportado por el Arq. Erick Kennedy mediante una entrevista y material de producción propia del arquitecto.

Seguida a la etapa de recopilación de información, se continuo con la lectura, estudio y comprensión de los materiales obtenidos para poder empezar a ordenarla, para poder hacer una evaluación de aquellos datos más representativos, para establecer los criterios constructivos de este sistema.

Posteriormente se procedió a la selección de algunas tipologías para poder así evaluar criterio utilizados, realizar un análisis técnico- constructivo y normativo del sistema.

Por otra parte, también se hizo hincapié en la importancia de la madera en la construcción desde sus orígenes, y como esta fue dinámica en su método de aplicación, incluso hasta hoy en día, siendo un material que se utiliza en muchísimos objetos de uso cotidiano no solamente en nuestro campo profesional.

Es decir, el método utilizado, fue la recopilación de información, el análisis y estudio de la misma, y la posterior síntesis y conclusiones a raíz de dichos datos, que parten de un abanico de frentes para poder tener una conclusión que aborde todas las variables implicadas en este modo de construir.

CONCLUSIONES

El mundo está en constante cambio en muchos ámbitos y esto abarca también nuestro campo, el de la construcción. El constante dinamismo nos obliga a nosotros como profesionales a adaptarnos y a aprehender incesantemente.

La trayectoria de este –ya no tan- novedoso sistema ha sido testeado exitosamente en los países más desarrollados, y está llegando a los países emergentes para quedarse. No solamente por su practicidad, economía y confort, sino que también la concientización del cuidado del medio ambiente, tiene un protagonismo instalado en la sociedad que cada vez pisa más fuerte dentro de la construcción y diseño arquitectónico, incluso en el local.

Los entramados de madera nos permiten obtener mediante un buen diseño tanto funcional, formal y tecnológico, objetos arquitectónicos sólidos, ecológicos y eficientes, alineados a las tendencias mundiales de reducir la demanda energética y el impacto ambiental.

Y a esto debemos sumarle el ahorro económico y en tiempo; la práctica resolución de eventuales problemas si los hubiera, y la facilidad de construcción debido a sus regulaciones y normativas que ya están establecidas.

Los profesionales deben romper con el miedo de salirse de la zona de confort para poder abrir los horizontes a nuevos modos de vivir, y construir.

Por eso mismo, los resultados que se buscan obtener a través de esta investigación es ver cuán posible es aplicar a gran escala este tipo de construcción, en áreas como el Nordeste Argentino, donde cabe destacar, tan instalada está la construcción tradicional, no dando la posibilidad a nuevos métodos constructivos de instalarse, a pesar de sus evidentes conveniencias.

La implementación de este sistema constructivo en nuestra área requiere de un proceso de concientización, formación y modificación de preconceitos erróneos para cambiar el modo de vivir, de proyectar y de construir.

BIBLIOGRAFIA

- Braungart, M., y McDonough, W. (2005) *Cradle to cradle. Rediseñando la forma en que hacemos las cosas*. McGraw Hill. España.
- CIRSOC 601 (2016) *Reglamento de Estructuras en madera*.
- Costa Duran, Sergi – Baraona Pohl, Ethel – Bollini, Liliana (2010). *Viviendas ecológicas. Dreem Green - Editorial Reditar Libros, S.L. Barcelona, España*
- Edwards, Brian; (2013). *Guía básica de la sostenibilidad*. Editorial Gustavo Gili, SL, Barcelona, España.
- Evans, Julián (2010). *Sustentabilidad en Arquitectura. Compilación de Antecedentes de Manuales de Buenas Prácticas Ambientales para las obras de arquitectura, junto*

a indicadores de sustentabilidad y eficiencia energética. Consejo Profesional de Arquitectura y Urbanismo.

Gonzalo, G. (1998). Manual de Arquitectura Bioclimática. Imprenta Arte Color, Chamaco. Tucumán.

11.930 (2010) Construcción Sostenible. Principios Generales.

IRAM 11.900 (2017) Prestaciones energéticas en viviendas. Método de cálculo

Mac Donnell, Horacio y Mac Donnell, Patricio. (1999) Manual de Construcción Industrializada. Revista Vivienda SRL. Pág. 203.

Pilar, Claudia (2016) Comportamiento Higrotérmico de Componentes Constructivos Industrializados. Construcciones II A. FAU – UNNE. Abril de 2016. 48 páginas.

Rizzo, Marcelo. (2001) Más que cálidas. Summa + N° 52. Pág. 116.

Wachler, Sofía (2000) Promoción de los sistemas de vivienda Industrializada. INCOSE. Revista Vivienda N° 452. Marzo de 2000. Pág. 164.

https://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_3559_11791.pdf

<http://www.interempresas.net/Madera/Articulos/44265-Breve-historia-de-la-madera-como-material-de-construccion.html>

<http://maderayconstruccion.com.ar/argentina-construccion-sustentable-madera-nuevo-paradigma-habitacional/>

<https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/780884/archivo-estructuras-de-madera>

<https://www.maderea.es/y-la-madera-que-resistencia-tiene/>

<http://www.madera21.cl/?p=475>

<http://maderayconstruccion.com.ar/ballon-frame-el-sistema-que-revoluciono-la-construccion-mundial/>

<http://maderayconstruccion.com.ar/argentina-desde-rio-negro-proponen-el-sistema-de-ladrillo-de-madera-para-construir-viviendas-sociales/>

<https://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/601/CIRSOC601-completo.pdf>

<http://facingyconst.blogspot.com/2011/12/sistemas-constructivos-balloon-frame.html>

https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-7_jornada_viviendas-experiencias_con_viviendas_de_tip.pdf

<http://maderayconstruccion.com.ar/sistema-de-construccion-en-seco-con-madera-baloom-frame-obras-con-maderas-nacionales/>

<http://www.iram.org.ar/index.php?IDM=44&IDN=647&mpal=no&alias=>

<http://www.energiaestrategica.com/que-cambios-introduce-en-la-utilizacion-de-energias-renovables-y-eficiencia-energetica-la-norma-iram-11900/>

http://istas.net/risctox/gestion/estructuras/_3329.pdf

CASOS DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN ENTRAMADO DE MADERA DE BOSQUES IMPLANTADOS EN CORRIENTES

Claudia Pilar, Sofía Vallejos Kaliniuk y Erick Kennedy

Ponencia presentada en

XI Creta (Congreso Regional de Tecnología de la Arquitectura)

Sede: Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la

Universidad Nacional de Mar del Plata. 28, 29 y 30 de agosto de 2019

RESUMEN

El presente trabajo aborda la problemática de la construcción mediante el sistema de entramado de madera de viviendas unifamiliares de Corrientes, desde la perspectiva de la sustentabilidad ambiental (económica, social y ecológica), considerando que es la provincia con mayor superficie forestada del país (500 mil hectáreas).

La madera posee numerosas ventajas ambientales (es natural, renovable, reutilizable, reciclable, biodegradable, de bajo gasto energético para su transformación y carbono neutral) y constructivas (resistencia a distintas sollicitaciones, rapidez de construcción y montaje, bajo insumo de mano de obra, ligera, buen comportamiento térmico y acústico, belleza y calidez). Por sus altas prestaciones en todo su ciclo de vida resulta un material privilegiado en la construcción energéticamente eficiente (Dirección Nacional de Desarrollo Foresto Industrial, 2018).

En contrapartida, presenta ciertos aspectos a contemplar: cambio volumétrico al equilibrar su humedad y susceptibilidad al ataque de agentes biológicos (hongo e insectos), climáticos (humedad, radiación solar) y el fuego.

A pesar de ser un recurso abundante la madera se encuentra subutilizada y existe un gran interés por darle un mayor impulso, para paliar el déficit habitacional, mejorar las condiciones de confort de la vivienda, incrementar la cadena de valor del recurso y desarrollar alternativas sustentables e innovadoras en el sector constructivo.

La Resolución 3-E-2018 de la Secretaría de Vivienda y Hábitat declaró “tradicional” al Sistema de Construcción de Entramado de Madera, lo que resulta un avance normativo y un aliciente para el sector.

Sin embargo, la madera como material de construcción en la región, se enfrenta a múltiples obstáculos como ser la baja formación profesional, la inexistencia de mano de obra capacitada, baja valoración cultural, políticas públicas erráticas, falta de crédito y debilidad del mercado.

Por ello se plantea como objetivo sistematizar las condicionantes de las construcciones de entramados de madera de viviendas unifamiliares en la provincia de Corrientes, a

través de una metodología cuali-cuantitativa de análisis de casos de viviendas construidas.

La hipótesis sustantiva es que un adecuado diseño arquitectónico que tenga en cuenta aspectos tecnológicos constructivos, funcionalidad, estética y sustentabilidad, con precios competitivos, permitiría revertir preconceptos culturales sobre el uso de la madera en la provincia y la Región.

Los principales resultados son la sistematización de las condicionantes identificadas a través del análisis de casos y la elaboración de recomendaciones tendientes a un uso más extendido del material, para el fomento del uso integral de la madera de carácter inter disciplinario e inter sectorial.

PALABRAS CLAVE: SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL, CADENA DE VALOR, CONFORT.

INTRODUCCIÓN

La madera es el material con el que se construye aproximadamente el 70% de viviendas en los países desarrollados, especialmente mediante el sistema de entramados. En nuestro país 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 zona Nordeste (NEA), posee recursos forestales aptos para su uso en este tipo de soluciones.

Corrientes es la provincia con mayor superficie forestal del país (500 mil hectáreas) y una alta proporción de esta superficie se encuentra certificada o en vías de certificación FSC (Forest Stewardship Council) y CerFoAr (Sistema Argentino de Certificación Forestal).

Sin embargo la construcción en madera no es concebida como una opción válida para la vivienda permanente u otro tipo de edificaciones, principalmente por preconceptos culturales y desconfianza sobre su durabilidad, no solo de los usuarios sino también de los profesionales.

DESARROLLO

La construcción sustentable

La arquitectura y la construcción tienen por finalidad la conformación del hábitat humano, para satisfacer necesidades físicas, psicológicas y psicosociales. A pesar de la innegable importancia de sus fines, durante el proceso se producen grandes impactos ambientales, que sólo recientemente han sido plenamente asumidos y pasados a un plano consciente por parte los distintos actores involucrados en la construcción del hábitat.

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. 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.

El desarrollo sustentable de los edificios “involucra el desempeño y funcionalidad requeridos con el mínimo impacto ambiental negativo, mientras se producen mejoras en aspectos culturales, económicos y sociales a nivel local, regional y global” (IRAM 11930, 2010).

A nivel mundial el sector de la construcción consume el 36% de la energía y genera el 39% de las emisiones (IEA, 2018). Por ello resulta un sector sensible para incorporar prácticas sustentables a partir de un mayor compromiso ambiental con fundamentos científicos.

La construcción habitualmente es un proceso “lineal” en el que la materia va de la “cuna a la tumba”, lo que resulta insustentable. Los nuevos enfoques teóricos plantean la posibilidad de concebirla desde una perspectiva “circular”, intentando un ciclo virtuoso de la “cuna a la cuna” (Braungart y McDonough, 2005). Para ello resulta necesario un rediseño holístico en el que se minimice el consumo energético, se haga un uso racional de la materia y se disminuya la generación de residuos a partir de principios como la durabilidad, la reutilización, el reciclaje y la rehabilitación energética.

Aspectos ambientales de la madera

- La madera es un material que en comparación con otros (como ser el hormigón o el acero) posee numerosas ventajas ambientales:
- Su extracción como materia prima y su transformación requiere de bajo consumo de energía.
- 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 bajas.
- Bajo volumen de residuos de obra, los cortes son reutilizables y reciclables. Un diseño modular que optimice este aspecto significaría residuos prácticamente nulos.
- Baja conductividad térmica, lo que aumenta la eficiencia energética de las construcciones.
- Al final de su vida útil retorna a la naturaleza como un material natural en un ciclo que va de la “Cuna a la Cuna” (Braungart y McDonough, 2005).

En la Tabla 1 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/m3)	Carbón acumulado (Kg/m3)
Madera	15	250
Hormigón	120	0
Acero	5.320	0
Aluminio	22.000	0

Tabla 1: Carbón emitido y acumulado en la manufactura de materiales de construcción. Fuente: Dirección Nacional de Desarrollo Foresto Industrial (2018), citando a Environmental properties of timber, Forest & Wood Products Research.

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). La madera aserrada, terciada y la producción de tableros se destinan, en una segunda industrialización, a la fabricación de muebles y a la carpintería de obra.

En Corrientes la industria de primera transformación está próxima a las plantaciones, lo que implica ventajas en términos de costos de transporte y menos emisiones de CO₂.

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 y de energía y la generación de residuos (que además pueden ser utilizados para generar energía renovable a partir de la biomasa y/o transformarse en abono para nuevos cultivos forestales).

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 su ciclo de vida). Resulta deseable que este proceso considere el aporte de los distintos campos desde un abordaje inter, multi y transdisciplinario.

Cumplimiento de normas de habitabilidad

Con un adecuado diseño tecnológico constructivo los cerramientos de madera verifican a las normas IRAM de confort, para las condiciones ambientales de la Provincia de Corrientes, que se ubica en la zona bioclimática Ib (muy cálida húmeda) y, en el sur, en la zona II (cálida).

A la izquierda de la Fig. 1 se detallan las capas constitutivas de un cerramiento vertical tipo, que tiene una transmitancia térmica (K de diseño) de 0,54 W/m²K lo que significa que verifica a Nivel B (medio de la norma IRAM 11605), 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.

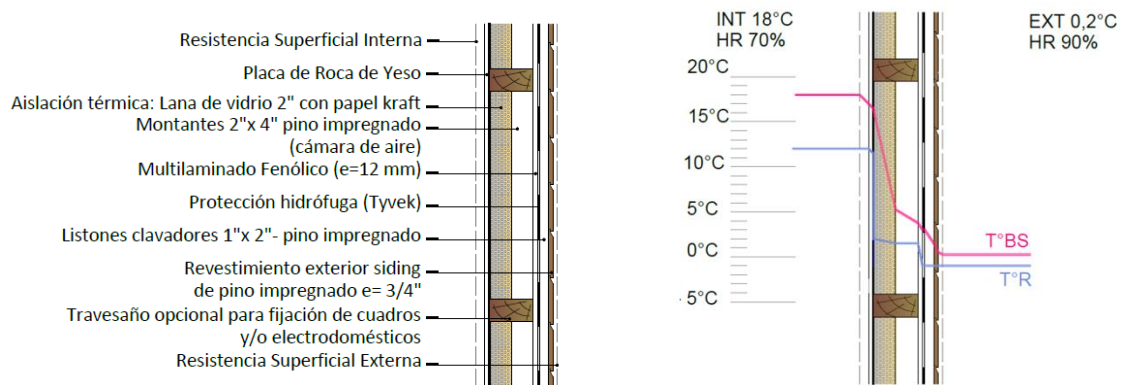


Fig. 1: A la izquierda capas que conforman un cerramiento vertical tipo. A la derecha gráfico del riesgo de condensaciones intersticiales. Fuente: Pilar, 2016.

De acuerdo a norma IRAM 11.605 cuando los puentes térmicos se encuentran separados a menos de 1,7 metros su transmitancia térmica no debe superar en un 35% el sector mejor aislado. En el cerramiento en estudio el puente térmico (la sección que atraviesa el montante de madera) tiene un K de 0,72 W/m²k por ello verifica a esta exigencia ($0,72 / 0,54 = 1,33 < 1,35$: buenas condiciones).

Además, no presenta riesgos de condensaciones superficiales ni intersticiales (IRAM 11.625) como se observa a la derecha de la Fig. 1.

Los sistemas constructivos

Los principales sistemas con los cuales se construye en madera son macizos o de entramados.

Entre los macizos se distinguen los siguientes subtipos:

- Troncos que pueden ser maquinados o no, dependiendo del grado de rusticidad que se le quiera dar al diseño.
- Bloques o ladrillos de madera, de distintas dimensiones, con mecanismos de encastre, que se clavan y sellan.
- Paneles de madera contralaminada cruzada, conocida por sus siglas en inglés como CLT (*Cross Laminated Timber*) que ha generado una revolución en la arquitectura y la construcción a nivel mundial y que aún no se ha introducido en el país. Consiste en tabloncillos de madera aserrada y encolada, donde cada capa se orienta perpendicular a la anterior. Al unir capas de madera perpendicularmente, la rigidez estructural del panel se obtiene en ambas direcciones, similar a la madera contrachapada pero con componentes más gruesos. De esta manera, el panel tiene buena resistencia a la tracción y compresión (Souza, E. 2018). A través de este sistema se construyen en el mundo edificios de hasta 18 pisos (Ed. Mjøstårnet, Noruega).

Entre los entramados están las tramas abiertas y las cerradas:

- Trama abierta: Sistema poste viga, son vigas y columnas vinculadas, y los espacios se cierran con cualquier tipo de material, que puede ser madera, vidrio o mampostería tradicional.

- Trama cerrada: Sistema de bastidores, conocido como *Ballon Frame*, que es el más utilizado a nivel mundial. Consiste en la sustitución de las tradicionales vigas y pilares de madera por una estructura de listones más finos y numerosos, que son más manejables y pueden clavarse entre sí. Con este sistema de construcción están edificadas la gran mayoría de viviendas en los Estados Unidos y Canadá.

Si bien todos estos tipos constructivos se pueden implementar en la provincia de Corrientes, el que reconoce más posibilidades a corto plazo es el de entramados de madera.

Los entramados de madera

Uno de los principales aspectos que limitaba (y en cierta medida aun obstaculiza) la construcción en madera es que es considerado 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. El CAT puede ser otorgado a un material, a un componente constructivo o a un sistema constructivo mediante 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, lo que resulta un avance normativo y un aliciente para el sector y favorece notablemente este sistema por sobre los demás. La consecuencia práctica de su promulgación es que la tramitación de un expediente 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 basado mampuestos y en mezclas húmedas.

Análisis de casos

Se tomarán dos casos para analizar: viviendas sociales en la localidad de Virasoro (caso 1) y una vivienda privada en las inmediaciones de Corrientes capital (caso 2).

Caso 1: Se trata de la construcción en el año 2015 de 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 (Fig. 2).



Fig. 2: Planos y fotografías del proceso constructivo de viviendas sociales INVICO en la localidad de Virasoro. Fuente: INVICO (planos) y Erick Kennedy fotografías.

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.

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).

El caso demuestra la posibilidad de utilizar la madera como material abundante de la provincia, para reforzar su cadena de valor y paliar el déficit habitacional (el INVICO cuenta con 45.000 familias inscriptas que solicitan una solución habitacional).

Caso 2: Se trata de una vivienda unifamiliar de 320 m² cubiertos y 80 m² semicubiertos, ubicada en las inmediaciones de la capital Correntina en el paraje conocido como “El Perichón” construida en el año 2018, en el sistema de entramado. La vivienda es de perímetro libre, cuenta con un estar comedor, cocina, lavadero, despensa, 5 dormitorios, 3 baños y se desarrolla en dos niveles.

En la Fig. 3 se observa a la izquierda las plantas arquitectónicas y a la derecha las perspectivas del proyecto.



Fig. 3: Plantas y perspectivas del proyecto del Caso 2. Fuente: Erick Kennedy, autor de la obra.

Su construcción se llevó a cabo con 6 operarios, más electricistas, sanitarios y colocadores de pisos de madera, en un plazo de 9 meses.

La tecnología es la misma que en el caso anterior: se encuentra sobre elevada del terreno mediante pilotes de hormigón prefabricadas con varillas cincadas que se vinculan a la solera inferior. La cubierta es de chapa y el cielorraso se materializa en una combinación entre placas de roca de yeso y sectores de madera. Insumió un volumen de 35.000 pies cuadrados de madera (82,55 m³).

Las aberturas son de PVC con DVH lo que aumenta la hermeticidad del conjunto y disminuye el intercambio térmico interior - exterior. Adicionalmente como otro aspecto de sustentabilidad incorpora sistemas activos de generación de energía solar térmica para agua caliente sanitaria (ACS).

En la Fig. 4 se observan fotografías del proceso constructivo y del nivel de las terminaciones alcanzadas. El caso 2 muestra que el mismo sistema constructivo da respuesta a una vivienda que apunta al sector medio alto, así como la versatilidad de las posibles terminaciones.



Fig. 4: Proceso constructivo y terminaciones del Caso 2. Fuente: Erick Kennedy, autor de la obra.

Condicionantes para el uso de la madera para la construcción en Corrientes

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.

La madera para la construcción en Corrientes posee ventajas a potenciar y obstáculos a superar.

Entre las ventajas se destaca:

- Mayor superficie forestada del país, gran parte en proceso de certificación.
- Promulgación de la Resolución 3-E-2018 de la Secretaría de Vivienda y Hábitat que declaró “tradicional” al Sistema de Construcción de Entramado de Madera.
- Posicionamiento de la madera como material ecológico, que podría reforzar la identidad de la provincia.
- Desarrollo de la economía regional y oportunidades de negocio.
- Oportunidad de empleo y mejoras en las condiciones laborales de los operarios.
- Posible reconversión de la fuerza laboral en cooperativas de micro emprendimientos como por ejemplo piezas – partes.
- Ampliación del campo de los profesionales de la construcción con posibles requerimientos de diseño a medida o estandarizados.
- Existencia de espacios intersectoriales como la Mesa Foresto Industrial en la que participan los principales actores involucrados.
- Iniciativas normativas como la intención de exigir que el 10% de la construcción de viviendas sociales se realice en madera.
- Bajos plazos de ejecución dando respuesta rápida al déficit habitacional.
- Incremento de la conciencia ambiental de diseñadores, decisores políticos y usuarios.

Entre los obstáculos a superar se observa:

- Baja aceptación social de la madera en la construcción y desconfianza sobre su durabilidad.
- Baja formación y compromiso profesional, resistencia a la innovación.
- Baja capacitación de la mano de obra.
- Debilidad del mercado y dificultades para obtener materiales e insumos en cantidad y calidad.
- Dificultades para el crédito (en vías de subsanarse).
- Altos costos de transporte, especialmente para la exportación de la madera.
- Compromiso desigual de los actores involucrados y posibles mezquindades.
- Políticas que no resultan suficientemente contundentes para el apoyo del sector.
- Para superar estos obstáculos se concretan mesas de trabajo en la que participan numerosos actores, de distinta naturaleza, como ser el sector gubernamental (ejecutivo y legislativo), el sector privado (empresarios de distintos eslabones de la cadena), organizaciones intermedias (asociaciones mixtas y de madereros, consejos profesionales) y el sector científico (universidades, INTA, INTI).

La Universidad Nacional del Nordeste participa de estas instancias intersectoriales con propuestas de formación de posgrado de profesionales y capacitación de operarios,

además del aporte desde la investigación y el desarrollo, de carácter inter, multi y transdisciplinario.

CONCLUSIONES

En el mundo las construcciones que aspiran a ser sustentables, aplicando criterios de diseño bioclimático y eficiencia energética, usan la madera como material principal. Por ello es considerado el material con más pasado y más futuro, simultáneamente.

Corrientes, con la mayor superficie forestada del país, enfrenta el desafío de hacer un uso innovador y racional de este recurso para paliar su déficit habitacional, fortalecer la cadena de valor foresto industrial, generar empleo, promover la construcción sustentable y diseñar un ciclo virtuoso de la materia y la energía que afiance la identidad de la provincia.

La posibilidad de construir con sistema de entramados a partir de la Resolución 3-E-2018 es el puntapié inicial que resulta necesario instrumentar y desarrollar, para transitar una curva de aprendizaje, que permita en un futuro implementar tecnologías más sofisticadas, como ser el caso del CLT (sistema con el que se construyen edificios en altura en los países desarrollados).

Los casos analizados muestran la versatilidad del sistema constructivo de entramado, tanto para la resolución de viviendas de interés social como para viviendas que apuntan a un nivel medio alto, con mayores superficies y terminaciones acordes.

El factor clave es el adecuado diseño arquitectónico sostenible (en lo constructivo, funcional y estético) para revertir preconcepciones culturales sobre el uso de la madera en la provincia y la Región. Este proceso recién inicia y augura un posible camino para el desarrollo sustentable de la provincia en el que los diseñadores y constructores del hábitat tenemos un rol decisivo.

BIBLIOGRAFÍA

- Arauco (s.f.) *Tecnología y construcción en madera*.
- Braungart, M. y McDonough, W. (2005). *Cradle to cradle. Rediseñando la forma en que hacemos las cosas*. Madrid: McGraw Hill.
- CFI Consejo Federal de Inversiones (2009). *Primer inventario forestal de la provincia de Corrientes: metodología, trabajo de campo y resultados*. Gobierno de Corrientes.
- CIRSOC 601 (2016). *Reglamento de Estructuras en madera*.
- 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*. Disponible en <https://www.agroindustria.gob.ar>
- González, Paulina et al (2014). *Sistema Constructivo en madera contralaminada para edificios*. CLT Chile. Quad Graphics Chile S.A. Chile.
- 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 11601 (1996). *Métodos de Cálculo. Propiedades Térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario*.
- IRAM 11603 (1996). *Clasificación Bioambiental de la República Argentina*.
- IRAM 11605 (1996). *Condiciones de Habitabilidad en Edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos*.
- IRAM 11625 (1996). *Cálculo de riesgo de condensaciones*.
- IRAM 11900 (2017). *Prestaciones energéticas en viviendas. Método de cálculo*. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación.
- IRAM 11930 (2010). *Construcción Sostenible. Principios Generales*. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación.
- Pilar, Claudia (2016). *Comportamiento Higrotérmico de Componentes Constructivos Industrializados*. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional del Nordeste. Resistencia.
- Secretaría de vivienda y hábitat (2018). *Resolución 3-E-2018*. Ministerio del interior, obras públicas y vivienda. Buenos Aires, República Argentina.
- Souza, Eduardo (2018). *Madera Laminada Cruzada (CLT): qué es y cómo usarla*. Plataforma Arquitectura. Disponible en <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/893804/madera-laminada-cruzada-que-es-y-como-usarla>

EQUIPAMIENTO URBANO SOLAR FOTOVOLTAICO DISEÑO SUSTENTABLE PARA EL ESPACIO PÚBLICO

Claudia Pilar, María José Roibón,
Luis Vera, Erick Kennedy y Moira Carrió

Ponencia presentada en
1ras. Jornadas Diseño y Tecnología para la Sustentabilidad (DISTEC)
Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, Universidad Nacional de Córdoba
Córdoba, 8 al 10 de mayo de 2019

PALABRAS CLAVE: energía solar, prototipo, evaluación de uso, transferencia

RESUMEN

Las energías renovables son consideradas una esperanza mundial frente a la crisis ambiental. Para incentivarlas se despliegan numerosas acciones políticas y económicas. Argentina reconoce su importancia declarando al 2017 como “año de las energías renovables”, dado que a fin de ese año debía cumplirse la meta del 8% de aporte propuesta por Ley 27.191 (que no se cumplió). Por ello es necesario implementar todas las acciones posibles para favorecer el despliegue de éstas tecnologías energéticas en el contexto nacional.

En el presente artículo se exponen los resultados del diseño tecnológico, fabricación, montaje y evaluación de uso, de equipamientos urbanos solares.

El objetivo general es el diseño de equipamientos públicos sustentables alimentados con energía solar para promover el uso de las energías renovables en la comunidad. Los objetivos particulares son diseñar dispositivos tecnológicos estéticamente agradables, de bajo mantenimiento, alta durabilidad, con criterios de anti vandalismo, portables y de fácil montaje e instalación, materializados mediante componentes disponibles en el mercado nacional.

La hipótesis que guía éste proyecto de investigación y desarrollo, es que resulta tecnológicamente factible y ambientalmente conveniente el diseño de equipamientos urbanos solares haciendo uso de materiales disponibles en la región como ser el metal y la madera, para favorecer la interacción de la comunidad con la energía solar.

La metodología implementada se planteó en fases: estudio de antecedentes, alternativas de diseño, estudio de varios modelos, selección de dos líneas de diseño,

anteproyecto, proyecto, cómputo y presupuesto, fabricación de prototipos, puesta en funcionamiento y evaluación de uso.

El resultado son dos líneas de diseño: una fabricada en metal (denominada EU solar) y otra en madera (denominada IRU). En ambos casos son Sistemas Fotovoltaicos Autónomos (SFA) con diseños de paradas de ómnibus, puestos de venta y cargadores solares. El cargador solar de cada una de estas líneas se fabricó y montó en espacios públicos de la Región Nordeste Argentina (NEA), lo que permitió verificar los prototipos en condiciones reales de uso.

Para conocer la percepción de los usuarios se realizó una encuesta anónima que dio por resultado una alta valoración de la iniciativa en cuanto a su utilidad, su estética y la aplicación de la energía renovable en equipamientos públicos.

INTRODUCCIÓN

Si bien existe consenso (académico, profesional, gubernamental) sobre la necesidad de incorporar energías renovables en la matriz energética de la Argentina, no son suficientes los casos en que se ha logrado integrar estas tecnologías a la vida cotidiana de la población (Pilar et al., 2018).

La mayor experiencia en nuestro país se da en los ambientes rurales a pesar que el 92% de la población argentina habita en ciudades (Banco Mundial, 2018). Es justamente la población urbana la que aún no ha asimilado a la tecnología fotovoltaica como una opción viable, tal vez porque no ha tenido la oportunidad de un contacto directo con ella.

La difusión de las energías renovables a través de iniciativas concretas, resulta indispensable para eliminar desconfianzas, miedos y rechazos, y lograr su apropiación por parte de la comunidad.

Un medio para alcanzar este objetivo es a través de equipamientos de uso público que permitan la visualización y el contacto directo (casi espontáneo) entre el ciudadano y la tecnología fotovoltaica. Por ello se elige la función “Cargador Solar” porque los teléfonos celulares se han tornado imprescindibles para la vida actual y sin embargo la durabilidad de la batería es muy baja, lo que pone al usuario en una situación de vulnerabilidad. También resulta favorable para disipar temores sobre esta tecnología y para reforzar su funcionalidad se combina con iluminación, punto wi fi, banco, mesa de apoyo, bicicletero, sobre un concepto de diseño “multipropósito”.

Equipamiento para el Espacio Público

La materialización del espacio público es un área de indagación del diseño tecnológico en permanente actualización. Las condicionantes principales son los aspectos ergonómicos, la durabilidad, la accesibilidad, los criterios de anti vandalismo, el bajo costo inicial, el bajo mantenimiento, una estética agradable y contemporánea, que contribuya a la construcción del hábitat como concepto amplio.

Adicionalmente resulta factible considerar criterios de sustentabilidad ambiental por ejemplo planificando que sus partes o piezas pueden ser reutilizadas, desmontadas y montadas posteriormente en otros sitios (desde los principios de la económica circular) o la incorporar mecanismos de captación de energías alternativas (Pilar et al., 2015).

Como muestra de equipamientos para el espacio público podemos citar los refugios para ómnibus, puntos de venta de distinta índole (revistas, flores, artesanías), informes, bancos, mesas, basureros, luminarias, entre otros.

Líneas de diseño desarrolladas

En función de los objetivos planteados y en el marco del Proyecto de Vinculación Tecnológica "Mobiliario Urbano Solar" aprobado a través de la convocatoria "Universidades Agregando Valor", de la Secretaría de Políticas Universitarias del Ministerio de Educación y Deportes de la Nación, se realizaron dos líneas o familias de diseño. Estas líneas son: "EUsolar" en metal e "IRU" en madera. Los sistemas fotovoltaicos propuestos son de tipo autónomos por su sencilla instalación, por lo cual es factible desmontarlo y volverlos a instalar en un nuevo sitio (principio de portabilidad), lo cual es otro rasgo de sustentabilidad ambiental de las propuestas.

Línea en metal: EUsolar

EUsolar es una línea de Equipamientos Urbanos Solares con un diseño minimalista y modular lo que otorga flexibilidad al sistema en su conjunto.

El nombre adoptado surge de las siglas de "Equipamiento Urbano Solar", con la idea de reforzar a través del prefijo "eu" (que hace referencia a lo bueno) las bondades de la energía solar. La línea se conforma de parada solar, puesto de ventas de artículos, mesa de trabajo para parques y plazas, cargador solar y sus combinaciones (Pilar et al., 2018).

Su materialización se propone en metal, que, si bien es un material con alto gasto energético de transformación, resulta durable en el espacio público, existiendo una prolongada tradición en la región con disponibilidad tanto de insumos como de mano de obra. En la figura 1 se observa los distintos diseños que integra EUsolar y las posibilidades de adición planteadas para responder a distintas necesidades.



Figura 1: Línea de Equipamiento Urbano Solar EUsolar.
Fuente: elaboración propia.

Otro aspecto positivo de este diseño es la posibilidad de “customizar” (personalizar de acuerdo a las necesidades del cliente) los distintos dispositivos para comunicación de instituciones públicas, entes privados, comercios, entre otros. En su diseño se tuvo en cuenta su impacto en el espacio público, buscando como resultado una intervención respetuosa del entorno y para verificarlo se realizaron fotomontajes en situaciones de implementación (ver figura 2).



Figura 2: Fotomontajes de EUsolar en el contexto de la Región NEA.
Fuente: elaboración propia.

De la línea EU solar hasta el momento fue factible materializar el Cargador Solar (CS). Registrado ante el Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INPI) con el Número 89.820.

A través de diversas gestiones se procedió a su fabricación e instalación en diversos puntos de la Región NEA que se puede observar en la figura 3:

- a. Peatonal Raúl Alfonsín, Resistencia, Chaco.
- b. Colonia Carlos Pellegrini, Esteros del Iberá, Corrientes.
- c. Parque de la Democracia y la Juventud, Resistencia, Chaco.



Figura 3: Distintos cargadores solares instalados en la Región NEA.
Fuente: elaboración propia.

Como mecanismo de difusión a nivel nacional se postuló el Cargador Solar en la Décimo Primera Edición del Concurso Nacional de Innovaciones – INNOVAR 2015, organizado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación, siendo seleccionado para ser expuesto en Tecnópolis, Buenos Aires, en octubre de 2015 e incorporado en el catálogo en la Categoría Producto Innovador.

También participó en otras ferias, muestras e instalaciones como ser Open House Chalet Rapaccioli (ver figura 4 a la izquierda y Pop Up! Summer (figura 4 a la derecha).

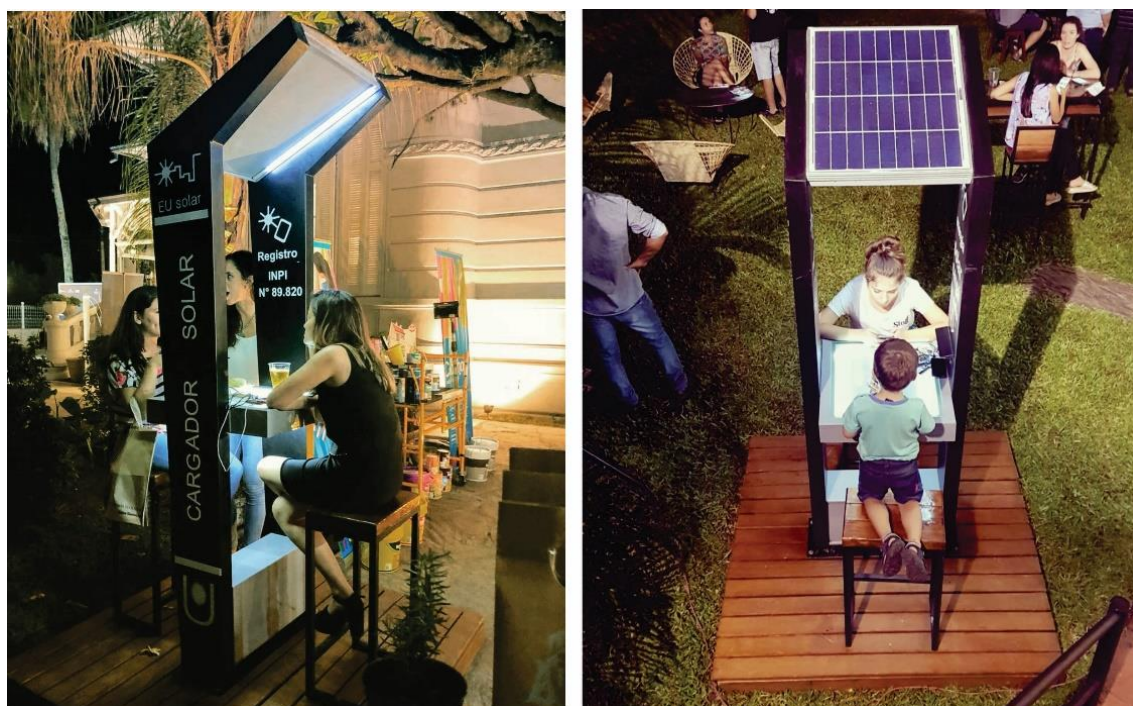


Figura 4: Participación de EUsolar en ferias y exposiciones.
Fuente: elaboración propia.

Línea en madera: IRU

La otra línea de diseño desarrollada es IRU, que está fabricada en madera de bosques de reforestación (tratado con preservantes). IRU es un vocablo guaraní que significa camarada o colega, y hace referencia a que es amigable con el ambiente.

La madera posee muchas ventajas ambientales: es natural, renovable, reutilizable, reciclable, biodegradable, de bajo gasto energético para su transformación y que durante su vida como árbol fija dióxido de carbono (uno de los principales gases de efecto invernadero). Además, posee muchas ventajas constructivas como ser resistencia a distintas solicitaciones, rapidez de construcción y montaje, bajo insumo de mano de obra, ligera, compatible con otros materiales, buen comportamiento térmico y acústico, belleza y calidez. Por todos estos argumentos es un material privilegiado en la construcción energéticamente eficiente, con altas prestaciones en todo su ciclo de vida.

La valoración regional en el NEA de la madera es contradictoria, dado que por una parte es considerada culturalmente como un material noble y por otra existe desconfianza sobre su durabilidad. Esto da por resultado un uso poco extendido de la madera en el NEA a pesar de ser abundante (la provincia de Corrientes posee el mayor volumen maderable de la Argentina). Por ello el concepto que se busca en la línea de diseño IRU es unir el uso de la energía solar con la madera, potenciando estos dos recursos renovables disponibles, hasta el momento poco utilizado.

En esta línea hasta el momento se diseñó una parada de ómnibus (figura 5 a la izquierda) y un cargador solar con banco (figura 5 a la derecha), cuyos fotomontajes verifican sus posibilidades de inclusión en el espacio urbano.



Figura 5: Fotomontajes de IRU (parada y cargador solar) en el contexto de la región NEA, ciudad de Formosa. Fuente: elaboración propia.

Se logró fabricar el Cargador Solar (CS) de ésta línea, registrado ante el INPI con el Número 93.993.

Se trata de un equipamiento multipropósito para el espacio público de uso comunitario, que permite recargar a partir de la energía solar fotovoltaica la batería de los celulares. Es además iluminación Led de encendido automático, lugar de apoyo (mesa), espacio de espera y reunión (banco para varias personas), biciclero, señal Wi Fi y a la vez transmite un mensaje de concientización ambiental. Posee un sistema de acumulación energética (batería) que le permite seguir funcionando durante la noche y en caso de cortes del suministro de energía de la red.

Desde el punto de vista conceptual integra varios principios ecológicos en un equipamiento comunitario: la madera como material renovable, la promoción de la bicicleta como medio de transporte ecológico y la energía solar limpia y renovable (ver figura 6).



Figura 6: Fotografías de uso del Cargador Solar IRU en distintos contextos.
Fuente: elaboración propia.

Como mecanismo de difusión a nivel nacional se postuló a IRU en el Concurso Nacional de Innovaciones INNOVAR 2018, promovido por el Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología de la Nación, siendo seleccionado para exponerse en Espacio Darwin, San Isidro, Buenos Aires (ver figura 7, izquierda) e incorporado en el catálogo.

También participó en otros eventos realizados en la ciudad de Resistencia como ser la Bienal de Esculturas (figura 7, derecha); “Expo Renovable” realizado en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UNNE y Open House Chalet Rapaccioli.



Figura 7: Participación del CS de la línea IRU en distintas ferias y muestras.
Fuente: elaboración propia.

Evaluación de uso de IRU

La evaluación de uso se realizó en diversas instancias. El funcionamiento técnico del sistema fotovoltaico se verificó mediante la puesta en funcionamiento. Su instalación en distintos sitios permitió comprobar en condiciones reales la resistencia mecánica del banco y al vuelco del cargador. La portabilidad del cargador ha sido confirmada por su montaje en sitios distantes, siendo trasladado por transportes no especializados.

Con el objeto de evaluar la percepción de los usuarios se realizó una encuesta de opinión de carácter anónimo sobre la valoración de aspectos como la funcionalidad, la estética, la importancia de implementar energías renovables, entre otros tópicos.

La encuesta se realizó mediante un formulario de Google Drive (formulario on – line gratuito para quienes poseen cuentas de correo en Gmail) con preguntas concretas, en un entorno amigable que puede completarse por mail o en el celular, como puede apreciarse en la figura 8.

Ocupación (seleccioná la que mas te representa en caso de tener más de una ocupación) *

☐ Estudiante Secundario

☐ Estudiante Universitario

☐ Profesional

☐ Docente de la Universidad

☐ Personal administrativo de la Universidad

☐ Otro

Cómo valorarías la UTILIDAD del Mobiliario Solar IRU? elige una de las 5 valoraciones, donde 1 es la más baja y 5 la más alta. *

1 2 3 4 5

Inútil ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Muy útil

Cómo valorarías la ESTÉTICA del Mobiliario Solar IRU? elige una de las 5 valoraciones, donde 1 es la más baja y 5 la más alta. *

1 2 3 4 5

Feo ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Lindo

Cuáles de las prestaciones de IRU te parecen útiles? Puedes seleccionar más de una opción. *

☐ Cargador solar

☐ Iluminación

Qué importancia le das a las energías renovables? elige una de las 5 valoraciones, donde 1 es la más baja y 5 la más alta. *

1 2 3 4 5

Poca ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Mucha

Te parece una buena idea que los equipamientos urbanos usen la energía solar? elige una de las 5 valoraciones, donde 1 es la más baja y 5 la más alta. *

1 2 3 4 5

Poco importante ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Muy importante

Qué opinión te merece el uso de la MADERA en IRU? Puedes seleccionar más de una opción. En caso de no encontrar una opción que te parezca acertada podés agregar un comentario al final de la encuesta. *

☐ Es ecológica

☐ Es agradable y cálida

☐ Es poco durable

☐ Requiere demasiado mantenimiento

☐ No me parece adecuado

☐ Es original su aplicación y regional

Tenés alguna sugerencia o comentario que nos ayude a mejorar éste y futuros desarrollos tecnológicos? *

Figura 8: Algunas capturas de pantalla de la encuesta de opinión para evaluar el CS de la línea IRU.
Fuente: elaboración propia.

El resultado de la encuesta realizada sobre una población de 148 personas arroja una alta valoración de la iniciativa.

En cuanto a la utilidad el 67,6 % consideró que es excelente, el 22,6 % muy buena y el 10,1 % buena, mientras que un solo encuestado respondió que no tenía utilidad (ver figura 9).

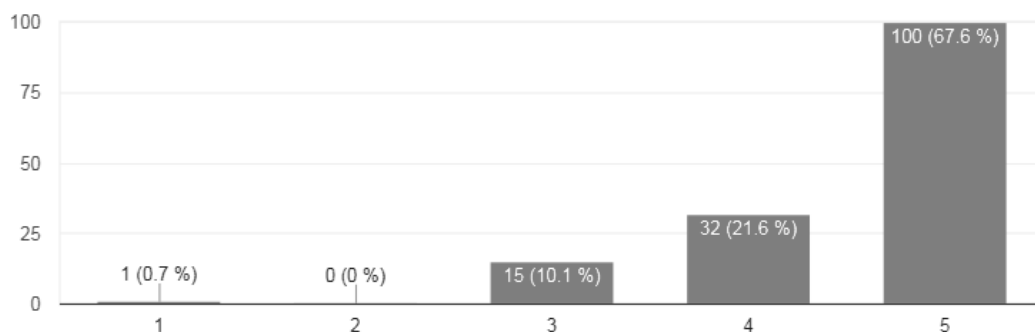


Figura 9: Valoración de la utilidad de IRU, donde 5 es la opción más alta y 1 la más baja.
Fuente: elaboración propia.

Con respecto a la estética el 60,1% consideró que es excelente, el 27 % muy buena, el 12,2 % buena y un solo encuestado respondió que era regular (ver figura 10).

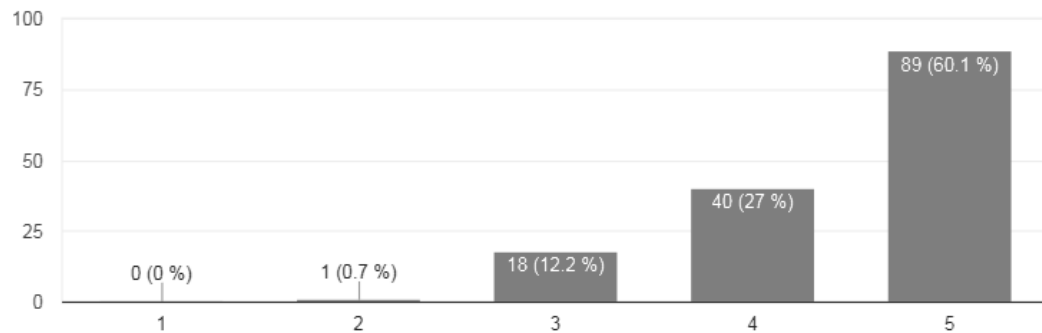


Figura 10: Valoración de la estética de IRU, donde 5 es la opción más alta y 1 la más baja.
Fuente: elaboración propia.

El 81,1% de los encuestados considera que las energías renovables son muy importantes, el 14,2% que son importantes, el 4,1 % le otorgó una importancia media. Mientras que un solo encuestado respondió con una opción baja (ver figura 11).

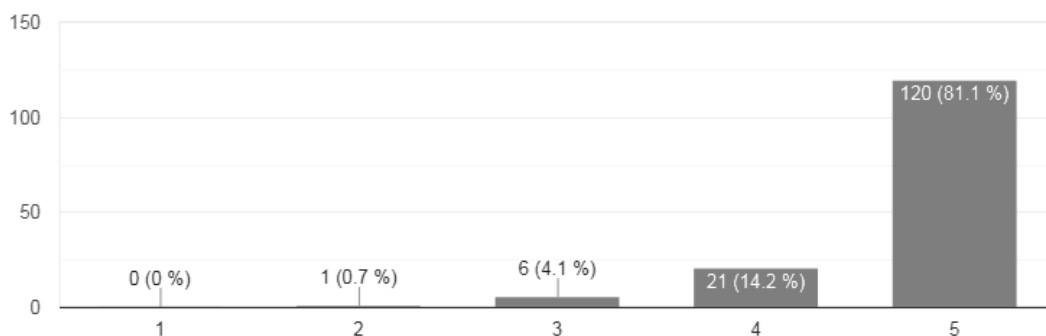


Figura 11: Valoración de las energías renovables, donde 5 es la opción más alta y 1 la más baja.
Fuente: elaboración propia.

Habiendo sido consultados si consideran una buena idea que los equipamientos urbanos usen la energía solar, el 95,9% de los encuestados declaró que es una idea muy interesante y el 4,1% que es interesante.

Consultados sobre las prestaciones más útiles del Cargador Solar IRU (y con la posibilidad de elegir más de una opción) la más valorada es la de cargador de baterías de celulares, seguido de iluminación, banco, bicicletero y por último mesa de apoyo, ver figura 12.

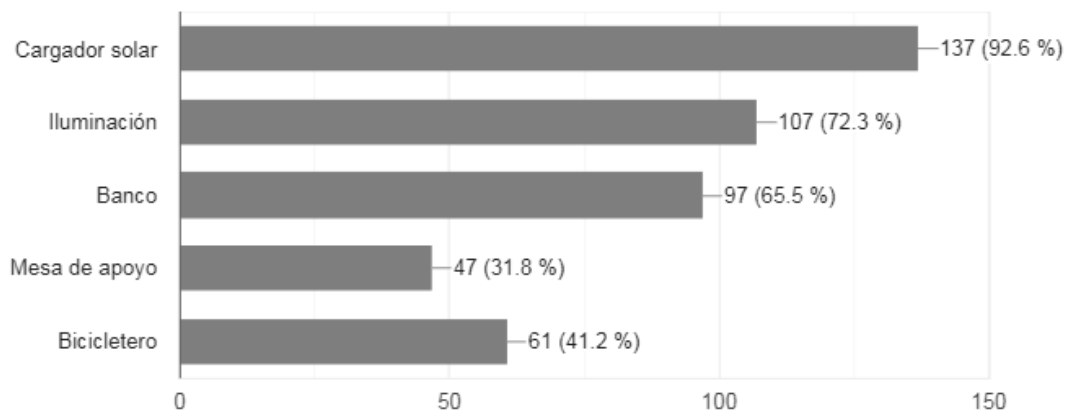


Figura 12: Prestaciones consideradas más útiles del CS IRU.
Fuente: elaboración propia.

En cuanto a la opinión sobre el uso de la madera (y con la posibilidad de elegir más de una opción) se advierte una valoración muy positiva con un 52,7% que considera que es “agradable y cálida”, el 48 % que es “ecológica” y el 47,3% considera original su “aplicación y regional”. También se verifican valoraciones negativas dado que el 28,4 % advierte que “requiere demasiado mantenimiento” y el 11,5% que es “es poco durable”. El 4,7% de los encuestados consideró que “no parece adecuada su utilización” en el equipamiento. Ver figura 13.

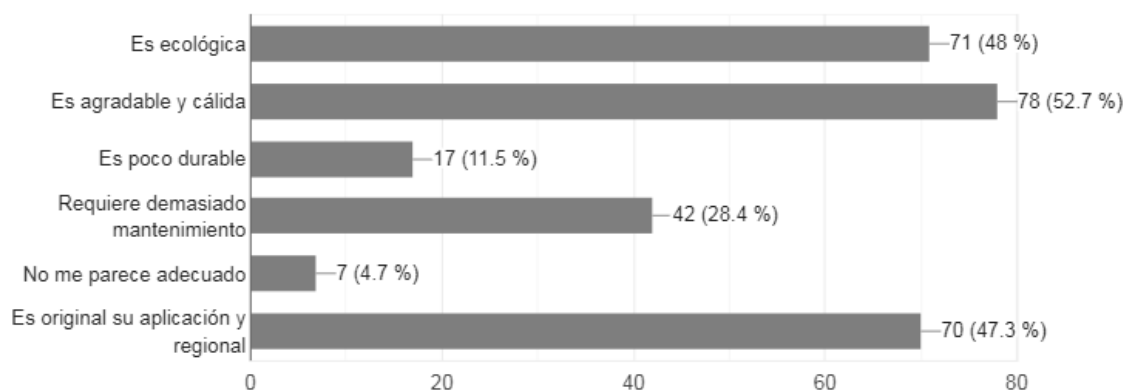


Figura 13: Valoración de la madera para esta aplicación.
Fuente: elaboración propia.

Al final de la encuesta se abrió un espacio para sugerencias y comentarios, cuyos resultados se sistematizaron a través de las siguientes categorías: “sugerencias de diseño”, “felicitaciones”, “instalar mayor número de unidades”, “advertencias sobre durabilidad y vandalismo” y “mayor difusión”.

Del análisis de la encuesta se observa una alta valoración general de la iniciativa.

CONCLUSIONES

Entre las tecnologías energéticas renovables, la energía solar fotovoltaica presenta un potencial muy valioso por su factibilidad de integración al medio urbano, pudiendo transformar las ciudades en usinas de producción de energía limpia.

Los Equipamientos Urbanos Solares diseñados sintetizan un cambio paradigmático pasando del “consumo y derroche” (ambientalmente cuestionado por sus consecuencias negativas), al “uso y gestión sustentable de la materia y la energía”.

El propósito es el diseño de equipamientos útiles y estéticamente agradables que favorezcan la apropiación de la tecnología fotovoltaica por parte de la comunidad, para fomentar la conciencia ambiental mediante una interfaz amigable con el usuario.

Además, resulta deseable la consolidación de un grupo de investigación y desarrollo de carácter interdisciplinario vinculado a la universidad.

Se han diseñado dos líneas de equipamientos urbanos solares: EU solar (en metal) e IRU (en madera) abarcando distintos programas útiles y necesarios para el espacio público como ser parada de ómnibus, cargador solar, puesto de ventas, etc. Se logró fabricar e instalar prototipos de Cargadores Solares de ambas líneas.

En Solar IRU se logró cerrar el ciclo de la fase de un prototipo: diseño, especificaciones técnicas, fabricación, instalación, uso en condiciones reales y evaluación por parte de los usuarios.

Esta última instancia se realizó mediante una encuesta de opinión de carácter anónimo, que arroja como resultado la alta valoración de la iniciativa, así como también la ponderación de aspectos estéticos y funcionales. Muchas sugerencias de los usuarios se tendrán en cuenta para futuros diseños.

BIBLIOGRAFÍA

Agencia de Protección Ambiental. (2014). Seminario Intervenciones urbanas con energía solar fotovoltaica. Manual. Buenos Aires: Agencia de Protección Ambiental.

Ázcarete Luxán, B., & Mingorance Jiménez, A. (2008). Energías e impacto ambiental. Madrid: Equipo Sirius.

Banco Mundial (2018). Disponible en <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.URB.TOTL.IN.ZS>.

Braungart, M., & 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.

INDEC (2010) Disponible en www.indec.gov.ar (visitado en julio de 2018).

INNOVAR disponible en www.innovar.mincyt.gob.ar/catalogo-de-proyectos/catalogo/

- Pilar, C., Vedoya, D., y Kozak, N. (2015) Resolución de Equipamientos para el espacio público mediante sistemas constructivos no convencionales. Revista ARQUITECNO N° 7. Junio 2015. Ediciones del ITDAHu. Corrientes, Argentina. ISSN N° 0328-0896. Pp. 50 - 57.
- Pilar, C., Vera, L. y Roibón, M. (2018) Diseño, fabricación y montaje de equipamientos urbanos solares. Acercando las energías renovables a la comunidad. ASADES 2018 - XLI Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente. Páginas del trabajo publicado: 8.107 a 8.118. ISBN: 978-987-29873-1-2. Córdoba, noviembre de 2018.
- Pilar, C.; Roibon, M.; Vera, L. (2017) Acercando las energías renovables a la comunidad. Instalación de cargadores solares para dispositivos móviles en la región NEA. ADNea. Arquitectura y Diseño del Nordeste Argentino. Vol. 5 N° 5, octubre de 2017. Facultad De Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional del Nordeste. Resistencia, Argentina. Pág. 151-162. ISSN 2347-064X.
- REN 21 (2018) Renewables Global Status Report. Disponible en www.ren21.net/status-of-renewables (visitado en julio de 2018)
- Vera, L., Pilar, C.; Roibon, M.; Sánchez, R. (2016). Dimensionado, desarrollo y transferencia de cargador solar de para dispositivos móviles. VI Congresso Brasileiro de Energía Solar – Belo Horizonte, Brasil.
- Vera, L.; Pilar, C., Roibón, M. (2015) Equipamiento multipropósito para el espacio público: cargador solar para dispositivos móviles. XXXVIII Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente. ASADES. 10 al 13 de noviembre de 2015. San Rafael, Mendoza.

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE INSTALACION DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS
EN EDIFICIOS RESIDENCIALES DE LA
CIUDAD AUTONOMA DE BUENOS AIRES**

Claudia Pilar, Luis Vera, Cintia Martínez y Andrés Poladian

Artículo publicado en
ARQUITECNO N° 13. Ediciones del ITDAHu. Corrientes (Argentina)
Junio de 2019. ISSN 0328-0896

RESUMEN

Dentro de las energías renovables, la solar fotovoltaica conectada a red, es una de las que posee mayores posibilidades de integración al ámbito urbano, que es donde se genera la mayor demanda eléctrica.

En el presente artículo se evalúan las posibilidades técnicas de incorporar un sistema fotovoltaico conectado a red (SFCR) en un edificio existente de carácter residencial de la ciudad de Autónoma de Buenos Aires (CABA), considerando opciones de potencia y orientación para la alimentación de las áreas comunes.

De acuerdo al análisis realizado sería factible alimentar espacios comunes del edificio en condiciones de autoabastecimiento, hasta tanto CABA adhiera a la Ley de Generación Distribuida, aprobada a nivel nacional.

Desde un punto de vista técnico resulta necesaria la evaluación de la inclinación y las orientaciones más favorables y el análisis de sombra para optimizar el funcionamiento del sistema. Si bien por el momento la inversión inicial resulta un factor negativo, los costos son cada vez más competitivos, de forma incipiente surgen líneas de crédito y se avizora un cambio cultural con mayor compromiso ambiental, por lo que se considera factible que en un futuro cercano se implementen este tipo de sistemas.

ABSTRACT

Amongst renewable energies, photovoltaic solar energy connected to the grid is of the ones that has major possibilities of integration to urban environment, where most of electrical demand is generated. In this article, we evaluate the technical possibilities of incorporating an on-grid connected photovoltaic system in an standard residential building of the City of Buenos Aires, for serving the common areas of it, considering options of power and orientation.

According to our analysis, it would be feasible to feed common spaces of the building, by the moment in conditions of self-sufficiency, until the City of Buenos Aires adheres to the Law of Distributed Generation, already approved at national level. From a technical point of view, it is necessary to evaluate: inclination, the more favorable orientations, and to perform shadow analysis in order to optimize the operation of the system. While the initial investment is a negative factor by now, costs are getting more and more competitive, as much as incipient lines of credit emerge and a cultural change is foreseen, with greater environmental commitment. Because of all those, we consider that in the near future this type of systems are likely to be implemented.

PALABRAS CLAVES: Energías renovables. Generación Distribuida. Energía solar

KEY WORDS: Energías renovables. Generación Distribuida. Energía solar

INTRODUCCIÓN

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, conocida como Generación Distribuida (GD), a fin de acercar la producción al consumo y disminuir las pérdidas por transmisión.

El Desarrollo Sustentable ha sido definido por el Informe Brundtland (Naciones Unidas, 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 racional de los recursos.

Las energías renovables son un componente fundamental del desarrollo sustentable. Un mayor aprovechamiento de este tipo de energías significa una modificación en los paradigmas actuales de consumo, pudiendo derivar en un proceso de “democratización” del acceso a la energía, que 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 (Naciones Unidas, 1987).

MARCO NORMATIVO

El 30 de noviembre de 2017 se 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.

El primer artículo de la ley describe su objeto: “Fijar las políticas y establecer 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, y establecer la obligación de los prestadores del servicio público de distribución de facilitar dicha inyección, asegurando el libre acceso a la red de distribución, sin perjuicio de las facultades propias de las provincias”.

Las políticas de incentivos para que los usuarios instalen equipamiento que permita producir electricidad serán implementadas a través del Fondo para la Generación Distribuida de Energías Renovables (FODIS) que podrá proveer recursos y otorgar préstamos, subsidios o bonificaciones, así como fijar incentivos a la inyección o bonificaciones para la adquisición de sistemas de generación, o incluso financiar la difusión, investigación y desarrollo relacionadas a las posibles aplicaciones de este tipo de tecnologías.

La ley también contempla la creación de un fondo para el fomento de la industria nacional asociada (FANSIGED), cuyas actividades previstas son la investigación, diseño, desarrollo, inversión en bienes de capital, producción, certificación y servicios de instalación para la generación distribuida de energía a partir de fuentes renovables.

En su artículo 2° declara de interés nacional la generación distribuida de energía eléctrica a partir de fuentes de energías renovables con destino al autoconsumo y a la inyección de eventuales excedentes de energía eléctrica a la red de distribución, todo ello bajo las pautas técnicas que fije la reglamentación en línea con la planificación eléctrica federal, considerando como objetivos la eficiencia energética, la reducción de pérdidas en el sistema interconectado, la potencial reducción de costos para el sistema eléctrico en su conjunto, la protección ambiental prevista en el artículo 41° de la Constitución Nacional y la protección de los derechos de los usuarios en cuanto a la equidad, no discriminación y libre acceso en los servicios e instalaciones de transporte y distribución de electricidad.

En noviembre de 2018 a través del decreto N° 986 se aprobó la reglamentación de la ley señalando que el cálculo de compensación estará a cargo del distribuidor bajo el modelo de balance neto de facturación.

Por Resolución N° 314/18 de la Secretaría de Energía (20 de diciembre de 2018) se aprueba la norma de implementación de la Ley 27.424, su modificatoria y el decreto 986. Se establecen definiciones y 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) (S.E., 2018).

CABA no ha adherido aun a esta ley, por lo cual aún no está reglamentada la inyección de excedentes de la generación de energía renovable de tipo distribuida. Sin embargo,

nada prohíbe el autoabastecimiento y de esta manera la reducción de los montos de la facturación.

GENERACIÓN Y CONSUMO ELÉCTRICO

De acuerdo al informe de CAMMESA (2019) para el mes de abril 2019 la matriz energética Argentina se basa preponderantemente en la energía térmica convencional (casi un 60%) y la hidráulica de grandes proyectos (aproximadamente el 30%). El aporte de la energía nuclear alcanza el 6,6% cubriéndose el resto con energía solar y eólica (Tabla 1).

Tabla 1. Porcentaje de aporte tipos de energía en la matriz nacional año 2019.

Tipo de energía	GWh	%
Térmica	88.838	59,9
Hidráulica	41.280	28,0
Nuclear	5.716	6,6
Eólico + solar	632	5,5
Total	137.200	100,00

Fuente: Elaboración propia en base a CAMMESA, 2019.

La generación de energía en cada región es desigual. En la tabla 2 se aprecia que la Patagonia es líder en energía eólica, Cuyo en solar, y Comahue en hidráulica. La zona pampeana (CABA, GBA y litoral) no produce actualmente energía renovable, excepto por una pequeña proporción de energía hidráulica.

Tabla 2. Potencia instalada en MW por tipo y región.

Región	Térmica	Hidráulica	Nuclear	Eólica	Solar	Totales	
Cuyo	624	1.129			8	1.761	4,9%
Comahue	2.005	4.769				6.773	18,8%
Noa	2.780	218		58		3.057	8,5%
Centro	1.509	918	648			3.075	8,6%
GBA-Lit-BAS	14.929	945	1.107			16.981	47,2%
Nea	336	2.745				3.081	8,6%
Patagonia	535	519		168		1.222	3,4%
Totales	22.718	11.243	1.755	227		35.950	

Fuente: Elaboración propia en base a CAMMESA, 2018.

La necesidad de incrementar el aporte de las energías renovables se justifica por una parte por el declive de las actuales reservas fósiles, pero principalmente para reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

El consumo residencial es el de mayor peso, en el año 2017, representó el 42% del total. En la Tabla 3 puede observarse el consumo anual por tipo de usuario en la Argentina expresado en GWh y en el caso del año 2017, los porcentajes de consumo por tipo de usuario.

Tabla 3. Consumo Anual en Argentina por tipo de Usuario

GWh	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	%
Residencial	42.881	44.879	47.722	50.381	51.444	55.424	57.067	55.889	42,2
Consumo intermedio	33.755	35.655	37.696	36.453	35.995	37.351	38.541	38.291	28,9
Gran demanda	34.140	35.973	35.809	38.405	39.028	39.334	37.503	38.255	28,9
TOTAL	110.776	116.507	121.227	125.239	126.467	132.109	133.111	132.435	100

Fuente: CAMMESA, 2018

De acuerdo al análisis realizado se observa que el marco normativo nacional permite la generación distribuida (aunque CABA hasta el momento no adhirió al Régimen de Generación Distribuida), que la matriz energética nacional se basa preponderantemente en la energía convencional y que el principal consumo eléctrico lo representa el sector residencial.

ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

La energía solar fotovoltaica reconoce en el país dos situaciones distintas. Por un lado existe cierta capacidad y experiencia en sistemas autónomos, situación que contrasta con la aplicación casi nula de los sistemas conectados a red.

En cuanto los **Sistemas Fotovoltaicos Autónomos (SFA)** la Argentina cuenta con una población rural con gran dispersión de los pobladores y un alto porcentaje sin acceso a la energía eléctrica convencional esto resulta una condición propicia para el uso de sistemas individuales de generación eléctrica utilizando tecnología fotovoltaica. Esto propició la implementación de políticas de subsidios y programas, principalmente direccionada al abastecimiento de energía eléctrica en zonas rurales, de electrificación rural mediante SFA. Siendo la actividad que se ha desarrollado con más intensidad en los últimos años. Programas que se han visto beneficiados por la importante disminución de precios de los sistemas y políticas de inclusión social.

La considerable experiencia de la población rural argentina en el uso de la energía FV contrasta con la prácticamente nula de la población urbana, por ello el ciudadano promedio no ha tomado conciencia real de sus características, capacidades, ventajas y desventajas.

Con respecto a los **Sistemas Fotovoltaicos Conectados a Red (SFCR)** no han tenido aun un desarrollo acorde con sus potencialidades, a pesar de que resulta propicio para usarse en áreas urbanas, donde vive el 92% de la población argentina (Banco Mundial, 2018), se produce la mayor demanda y se exigen las infraestructuras existentes. En general la población urbana no tiene una conciencia profunda de la importancia de la energía, asumiendo un rol pasivo que solo se ve alterado frente a aumentos en las tarifas o cortes del servicio por exceso de consumo o desperfectos técnicos. Internacionalmente se conocen Sistemas On Grid.

Los SFCR están destinados a reducir la factura de electricidad. Resultan adecuados para contextos urbanos, donde se cuenta con una red existente.

Se alimentan los consumos eléctricos únicamente durante los horarios diurnos (de radiación solar) y el excedente es inyectado a la red eléctrica. Durante la noche, la energía eléctrica es tomada de la red. Existen dos tipos, con respaldo de baterías y sin ella.

Las fortalezas de los SFCR (sin respaldo de baterías) son:

- Menor costo inicial.
- No requiere baterías que generan un mayor costo, poseen menor vida útil que el resto del sistema, mayor mantenimiento y cuyo impacto ambiental en su ciclo de vida es potencialmente más nocivo que los módulos fotovoltaicos y que los componentes eléctricos y electrónicos.
- Usa una infraestructura existente y no requiere espacio adicional dado que se instalan en edificios construidos o a construir.
- Baja los picos de consumo a nivel urbano en horarios de irradiación.

Al mismo tiempo poseen ciertas debilidades como ser:

- Salen de servicio en caso de corte de suministro eléctrico.
- Posibles fluctuaciones de voltaje que podrían afectar a los consumidores vecinos.
- Resulta necesaria la adquisición de datos de consumo más complejos de consumo para la facturación.
- Solo disminuye la demanda en la infraestructura en horarios diurnos, siendo un pico importante en la vivienda el consumo nocturno, sobre todo en lo que respecta a climatización mecánica en verano, por lo que el “dimensionamiento” de la infraestructura no sufre modificaciones sustanciales.

CABA COMO CASO DE ESTUDIO

La Ciudad Autónoma de Buenos Aires es la más poblada del país con un total de 2.890.151 habitantes al año 2010, con una variación intercensal del 4,1% (INDEC, 2010). Junto a la conurbación del “Gran Buenos Aires” es la tercera ciudad más habitada de Latinoamérica.

La población se asienta en una superficie de 203 km² dando por resultado una alta densidad poblacional. Por ello el tipo de vivienda más frecuente son los edificios residenciales en altura.

En la tabla 4 se observa que el 72,83% de las viviendas de CABA son departamentos (788.791 viviendas tipo departamento a 2010), por lo que representa la tipología residencial más extendida.

Tabla 4. Tipo de vivienda de CABA.

	Total	Casa	Ran- cho	Casilla	Departa- mento	Pieza en inquilin ato	Pieza en hotel o pensión	Local no construido para habitación	Vivienda móvil
Viviendas	1.082.998	252.771	565	1.884	788.791	19.571	17.082	2.237	97
Porcentaje	100,00%	23,34%	0,05%	0,17%	72,83%	1,81%	1,58%	0,21%	0,01%

Fuente: Elaboración propia en base INDEC, 2010.

Sus coordenadas geográficas son 34°35'59"S y 58°22'55"O y en la clasificación de bioambiental de la norma IRAM 11.603, se ubica en la Zona III, "Templado Cálida", en la subzona IIIa, que presenta amplitudes térmicas mayores que 14 °C.

Posee una irradiación solar anual que podría considerarse media en relación a las que se presentan en el territorio nacional (ver figura 1 izquierda). Por su grado de urbanización resulta poco factible la implementación de proyectos de generación de energía renovable a gran escala, por lo que la Generación Distribuida aparece como la opción más viable.

SFCR EN AMBIENTES URBANOS

En el corto y mediano plazo, las aplicaciones que se prevén para la tecnología fotovoltaica de GD en Argentina están relacionadas con los desarrollos urbanos y periurbanos en las zonas donde la capacidad de la infraestructura eléctrica existente está cercana al pico de la demanda. En este caso, los SFCR son una solución técnicamente posible (APrA, 2014).

Los ambientes urbanos presentan oportunidades y amenazas para la incorporación de SFCR.

Entre las oportunidades puede citarse:

- Economía de escala.
- Mayores posibilidades de desarrollo del mercado, acceso a insumos, existencia y capacitación de mano de obra, etc.
- Cuenta con red existente y el autoabastecimiento podría disminuir la presión sobre la misma retrasando la necesidad de ampliación y mantenimiento.
- Baja los picos de consumo a nivel urbano en horarios de irradiación.
- Los módulos fotovoltaicos integrados a las edificaciones ocupan una estructura existente y no necesita espacio adicional.
- La electricidad se genera directamente donde se consume, evitando pérdidas por distribución.

- La utilización de sistemas fotovoltaicos estimula el concepto de uso racional de la energía, tanto en el sector residencial como en el comercio y los servicios.
- Los módulos fotovoltaicos son una expresión arquitectónica de innovación y de alta tecnología.

Entre las amenazas se reconoce:

- Acción negativa de las sombras del propio edificio (tanques, chimeneas, antenas) y de las construcciones vecinas. Dependiendo de la altura también puede ser negativas las sombras de la forestación y de infraestructura como postes.
- Dificultad para lograr las orientaciones ideales por la disposición de la trama urbana. Para el hemisferio sur, la óptima es la norte, seguida de noroeste, noreste; otras orientaciones son factibles, pero se va reduciendo el rendimiento.
- En muchos casos las superficies disponibles (por ejemplo, terrazas) son escasas.
- Distancia a tableros (cuanto más cerca mejor), que en edificios en altura (tipología más frecuente) representa una dificultad.
- Distorsión en los costos de la energía. El subsidio de la electricidad convencional, no hace competitiva económicamente la energía solar.
- Dificultades para lograr la inclinación óptima de los módulos FV (para CABA entre 25 y 35°) porque no siempre son compatibles con la envolvente de los edificios. Es factible usar otros ángulos (fachadas, por ejemplo) pero se reduce notablemente el rendimiento.
- La incorporación de SFCR aporta a una “sustentabilidad visual” de los edificios generando un efecto educativo y demostrativo, que son dimensiones que pueden resultar incluso más relevantes que el aporte energético.

Estos impactos positivos pueden analizarse desde distintas escalas superpuestas y simultáneas:

- Del usuario individual y colectivo (consorcio), a partir de la interacción directa con la energía fotovoltaica, transformándose en prosumidor/es.
- Del ciudadano que en ámbitos urbanos ve o visita edificios que poseen energía solar y reflexiona sobre la cuestión energética y sus implicancias ambientales.
- De la ciudad o país en su conjunto, que adquiere visibilidad por este tipo de intervenciones innovadoras en base a principios de sustentabilidad.

SIMULACIÓN DE UN SFCR EN UN EDIFICIO TIPO EN CABA

Como se mencionó anteriormente CABA es la ciudad con más población de la Argentina y por su alta densidad los departamentos son la tipología residencial por excelencia.

Por ello se selecciona como caso para el estudio de una hipotética implementación de SFCR un edificio residencial en altura ubicado en CABA.

Se gestionaron los planos de un edificio, se digitalizaron y a través del programa Sketch Up (de descarga gratuita) se realizó un modelo en tres dimensiones, con un entorno urbano de aproximadamente 200 metros a fin de considerar el efecto de la sombra.

En la figura 1 a la izquierda se señala la ubicación de CABA en el mapa de la Argentina señalada mediante un círculo rojo y a la derecha se muestra el sector urbano considerado (Caballito) y con un círculo rojo señalando el área en donde se ubica el edificio en estudio. En la figura 2 se muestra el modelo en tres dimensiones con el contexto inmediato de estudio.

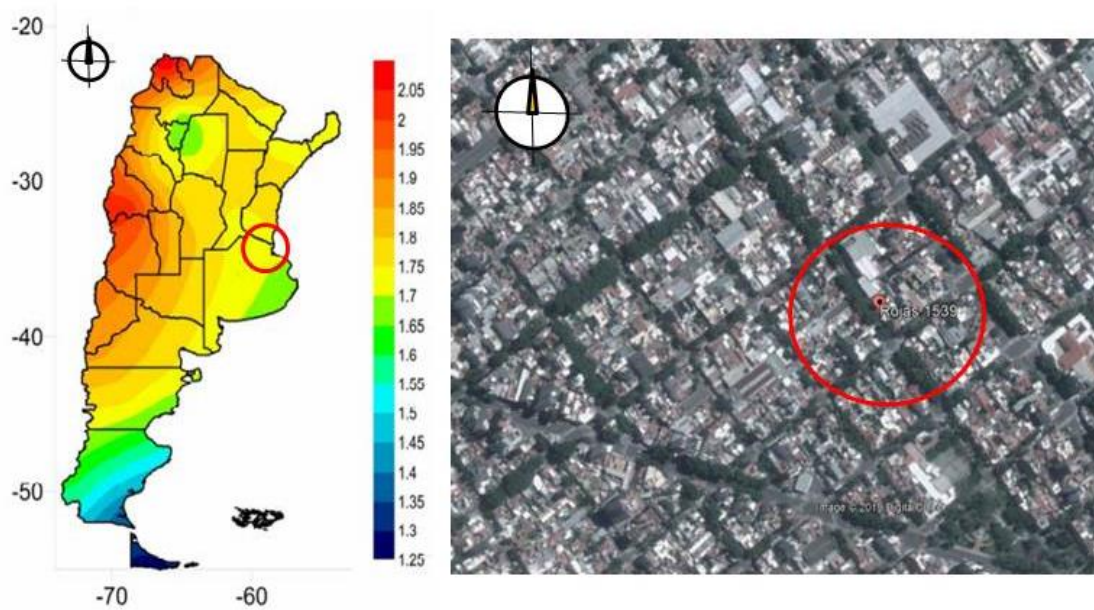


Figura 1: izquierda: Carta de irradiación solar anual para planos inclinados ángulo óptimo de la Argentina y ubicación de CABA; derecha: sector urbano de análisis. Fuente: izquierda Righini & Grossi Gallegos (2011) y derecha Google Earth, intervenido gráficamente por los autores.



Figura 2: Modelo en 3D del edificio en su contexto inmediato. Fuente: elaboración propia.

A través de la factura de electricidad de los espacios comunes del edificio se obtuvo ese consumo típico que es de 6.042 kWh/año.

En base al análisis de las orientaciones favorables y las superficies disponibles, se elige la posibilidad de ubicar el arreglo fotovoltaico en la terraza de la contra fachada del edificio, porque en la terraza del frente el tanque de agua arroja sombras perjudiciales.

Este sector de la terraza tiene una superficie útil total de 39 m². En la figura 3, se resalta en amarillo la superficie considerada como de mayor potencialidad para la instalación de un SFV, se señala el norte geográfico y las orientaciones más factibles de implementar que son la Noreste y Noroeste.

Teniendo en cuenta la latitud de CABA (34°35' S) se aplica la fórmula de inclinación óptima que es $(0,69 \times \text{latitud } 34^{\circ}35') + 3,7 = 27,40^{\circ}$. Se adopta una inclinación de 28° para el arreglo fotovoltaico.

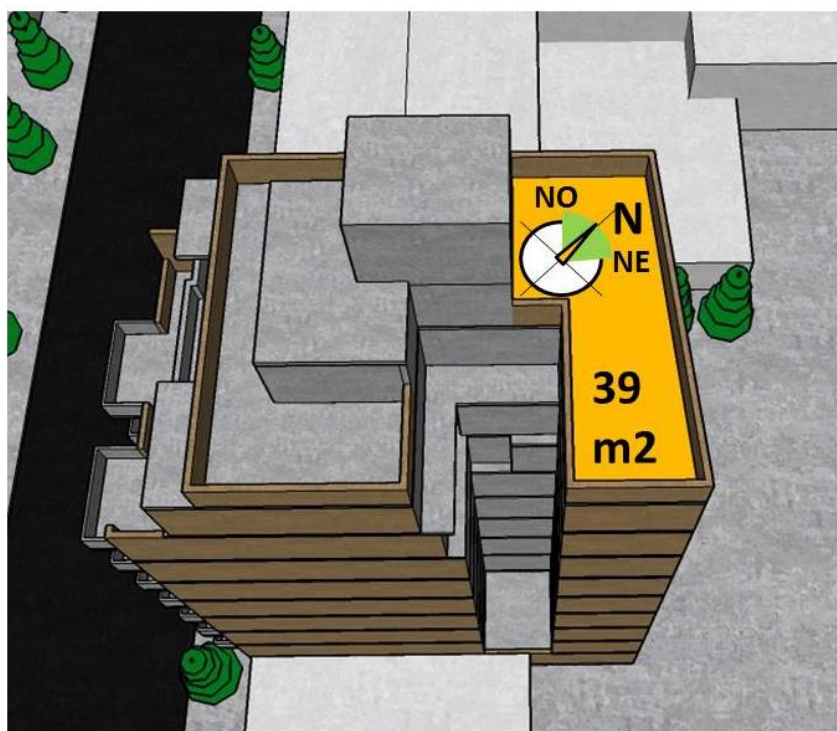


Figura 3: imagen de la terraza del edificio en donde se señala el norte y la superficie útil. Fuente: elaboración propia.

Para este análisis hipotético se propone utilizar el espacio de la terraza con un pergolado para generar un espacio semicubierto. Se analizan tres variantes de arreglos fotovoltaicos para su simulación (ver figura 4). En todos los casos los módulos son de silicio policristalino de 260 W.

En a) se propone un arreglo de 8 módulos fotovoltaicos orientado al Noreste; en b) un arreglo de 8 módulos fotovoltaicos orientados al Noroeste y en c) un arreglo de 12 módulo orientados al Noreste.

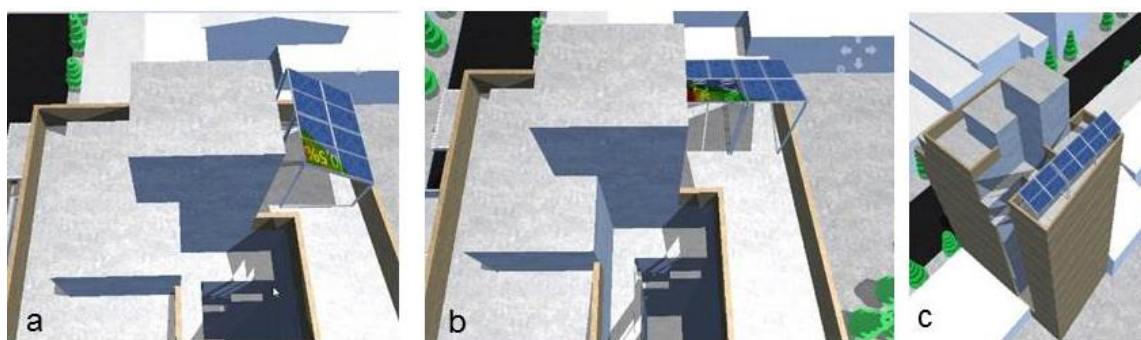


Figura 4: Propuestas de arreglos FV simulados. Fuente: elaboración propia.

A través del programa PV*SOL 2019 se realizó la simulación cuyos principales resultados se transcriben en la Tabla 4.

Los arreglos de 2 kWp (caso a y b) aparecen como más recomendables dado que aportan un 48% del consumo eléctrico, que sería compatible con el consumo diurno (de radiación solar). El arreglo “c” de 3,1 kWp, si generara más energía que la consumida en horarios diurnos, no podría ser volcada a la red para su compensación económica, dado que CABA no ha adherido a la Ley de Generación Distribuida. En un escenario de adhesión de CABA a la ley de GD esta situación debería ser reevaluada.

Tabla 4. Resultados de la simulación de los distintos arreglos fotovoltaicos.

	a. 2 kWp (NE)	b. 2 kWp (NO)	c. 3 kWp (NE)
Descripción del arreglo FV	8 módulos de 260 W	8 módulos de 260 W	12 módulos de 260 W
Superficie (m2)	13,4	13,4	20
Potencia generador FV (kWp)	2,1	2,1	3,1
Generación FV (kWh/año)	2.890	2.909	4.399
Emisiones de CO ₂ evitadas (kg / año)	1.734	1.746	2.639
Generación solar /consumo (%)	48	48	73

Fuente: elaboración propia, en base al Software PVSOL Premium 2019.

Los sistemas de 2 kWp tendrían un costo aproximado de U\$S 2.800 y el de 3 kWp de U\$S 3.400. Considerando la realidad de los consorcios de los edificios de CABA resulta poco probable que los vecinos acuerden realizar una inversión de tal envergadura, considerando que aun en la actualidad la energía se encuentra subsidiada en aproximadamente un 50% por el estado, lo cual genera una fuerte distorsión en los precios de la energía.

Sin embargo, de forma incipiente se implementan líneas de financiamiento, se disminuye paulatinamente los costos de los sistemas fotovoltaicos y la energía

convencional se encuentra en un proceso de sinceramiento paulatino con la baja de los subsidios.

Además, se consolida un mayor compromiso ambiental de los ciudadanos que se inclinan paulatinamente por opciones más sustentables.

En este escenario los altos costos económicos de los SFCR se relativizan en un proceso sostenido de posicionamiento de las energías renovables en el país, siguiendo de forma un tanto retrasada la tendencia internacional.

CONCLUSIONES

La sanción de la ley N° 27.424 y su reglamentación por Decreto N° 986 posibilita la GD de energía bajo el régimen de balance neto de facturación. Sin embargo, no todas las jurisdicciones han adherido, tal es el caso de CABA.

La GD resulta un cambio de paradigma en la forma de concebir la energía, posibilitando que las ciudades sean una potencial usina de generación fotovoltaica, con oportunidades (economía de escala, mayor posibilidad del mercado, red existen, utilización de un espacio ya antropizado y efecto demostrativo) y también amenazas (presencia de sombras, orientaciones no siempre favorables, espacios acotados en los edificios, etc.).

A través del análisis de un caso de edificio residencial en altura se verificó las posibilidades de autoabastecer las áreas comunes hasta tanto la adhesión a la ley nacional permita la inyección a red y su consecuente compensación económica.

De acuerdo a la realidad de los consorcios de los edificios de CABA resulta poco probable que los vecinos acuerden realizar una inversión inicial tan onerosa, sobre todo considerando la situación actual en la que la energía convencional sigue siendo subvencionada.

En contrapartida es necesario señalar que paulatinamente los costos de la energía FV disminuyen y aumenta el de la energía convencional, por lo que se avecina un escenario de paridad energética.

Las ciudades son el escenario en los que la sustentabilidad ambiental se encuentra más comprometida. Una forma de paliar esta situación es a través de la generación fotovoltaica de carácter distribuida que es limpia y sin emisión de gases de efecto invernadero. La dimensión de análisis ambiental resulta el aspecto medular en la implementación de SFCR, trascendiendo lo estrictamente económico y energético y favoreciendo el compromiso ambiental de la sociedad a través de un efecto demostrativo en los vecinos, los ciudadanos y los sectores de decisión. De esta manera es factible que las ciudades retomen el vínculo perdido con la fuente inagotable de energía sobre la tierra: el Sol.

BIBLIOGRAFÍA

- APrA (2014). Seminario intervenciones urbanas con energía solar fotovoltaica. Manual. Agencia de Protección Ambiental, Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires.
- CAMMESA (2018). Informe Anual 2017. Buenos Aires.
- CAMMESA (2019). Informe Parcial 2018. Buenos Aires.
- CEPAL (2018). Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Una oportunidad para América Latina y el Caribe. LC, G.2681, Rev.2. Enero 2018. Santiago de Chile.
- Comisión Nacional de Energía Atómica (2018). Síntesis del mercado eléctrico mayorista de la República Argentina, Octubre 2018.<http://datos.minem.gob.ar/dataset/sintesis-del-mercado-electrico-mayorista>
- Grunau, B. (2008). Solar Energy Feasibility Study for a typical On-Grid Residence in Fairbanks. Cold climate housingresearch center. AK, USA.<http://www.cchrc.org/>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, INDEC. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. Disponible en www.indec.gob.ar.
- IRAM 11603. (2011). Acondicionamiento Térmico de Edificios: Clasificación Bioclimática de la República Argentina. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación.
- IRENA (2018). Renewable Power Generation Cost in 2017. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- Ley N° 27.424 (2017).
- Naciones Unidas (1987). Nuestro futuro común. (Informe Bruntland).
- Pirez, P. (2000). Relaciones de poder y modelos de gestión: la energía eléctrica en la ciudad de Buenos Aires, 1900-1960. Desarrollo Económico Vol. 40, No. 157. Buenos Aires.
- Salasovich, J. and Mosey, G. (2011). Feasibility Study of Economics and Performance of Solar Photovoltaics at the Refuse Hideaway Landfill in Middleton, Wisconsin. National Renewable Energy Laboratory, technical report 6A20-49846. Golden, Colorado, USA.
- Sanabria Orozco, A. (2016). Análisis costo-beneficio de la implementación de tecnologías de energía con paneles solares en la ESE Hospital San Cristóbal. Universidad Militar Nueva Granada. Colombia.<https://repository.unimilitar.edu.co/>
- Secretaría de Energía de la Nación, S.E. (2018). Resolución 314. Buenos Aires: Secretaría de Energía de la Nación.
- Villalonga, J. C. (2013). Energías renovables: ¿por qué debería ser prioritario cumplir el objetivo del 8% al 2016? Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Fundación AVINA Argentina.
- World Bank (2018). www.datos.bancomundial.org/indicador/SP.URB.TOTL.IN.ZS

TESTIMONIANZE DI ARCHITETTURA INDUSTRIALE A RESISTENCIA (CHACO): IL CASO DELL'EX OLEIFICIO "LA FABRIL FINANCIERA"

Daniel E. Vedoya, Claudia A. Pilar, Caterina Mele y Paolo Piantanida

Ponencia presentada en

Colloqui AT. E 2019 Ingegno e Costruzione nell' Epoca della Complessità

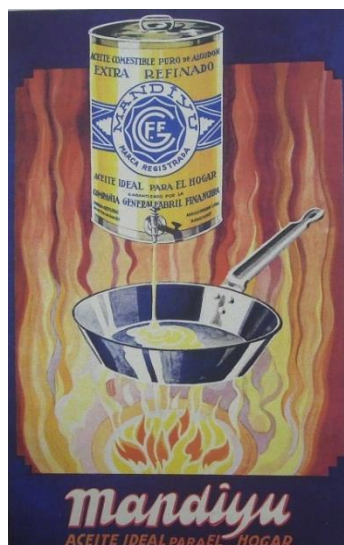
Turín, Italia. 25 al 28 de septiembre de 2019

KEYWORDS

Industrial heritage, Housing districts, Urban regeneration, Building renewal

RIASSUNTO

L'oleificio La Fabril Financiera, fondata da Juan Rossi nel 1888, divenne poi pioniera nella produzione di olio furfurale. Nel 1919 fu acquisita dalla Compañía General de Fósforos e nel 1920 dalla Compañía General Fabril Financiera, diventando una delle realtà industriali più importanti della regione. Quando "La Fabril" chiuse, iniziò l'abbandono: all'inizio del 2009 fu presa ufficialmente la decisione di demolire il complesso per costruire un quartiere residenziale, ma un movimento popolare si organizzò per chiedere la conservazione degli edifici, il che motivò le Autorità a rivedere le loro intenzioni e studiare la questione. Riesaminato il contesto de "La Fabril" evidenziando che il suo ambiente storico fu di enorme importanza per la vita economica e sociale del Chaco, l'ex oleificio fu dichiarato Patrimonio storico-culturale e la Provincia finanziò un progetto di recupero per riconvertirlo parzialmente in abitazioni per famiglie a basso reddito.



Abstract

La Fabril Financiera oil factory, created by Juan Rossi in 1888, became a pioneer factory in the production of furfural oil. In 1919 it was acquired by the Compañía General de Fósforos and in 1920 by the Compañía General Fabril Financiera, becoming one of the most important industrial companies in the Region. Once “La Fabril” closed, the abandonment began: at the beginning of 2009 the official decision was made to demolish the complex to build a housing district, but a popular movement was organized to demand the preservation of the buildings, which motivated the Authorities to review their intentions and analyze the case. The background of the Fabril was evaluated; focusing his historic space was of transcendental importance in the Chaco people’s economic and social life: the former oil factory was declared “Historical Cultural Heritage”, and a maintenance project was funded by the Province Government, adapting part of the buildings to apartments for low-income families.



Fig. 1 – Compañía General Fabril Financiera, vista aerea

[cartolina di Pablo Boschetti, circa 1940]



Fig. 2 – Il complesso industriale nella situazione originaria

La Fabril Financiera

L'attività industriale sviluppatasi all'inizio del XX secolo nella città di Resistencia e nell'AMGR era basata sulla trasformazione dei prodotti delle attività agricole locali, poiché la provincia del Chaco era ed è prevalentemente agricola.

Le principali attività industriali erano infatti legate alla trasformazione di prodotti agroforestali, principalmente alla estrazione di tannino dal quebracho e alla produzione di olio di semi vari.

Il complesso industriale oggi conosciuto come "La Fabril" fu originato nel 1888 per volere dell'immigrato italiano Juan Rossi che, appena dieci anni dopo la fondazione di Resistencia, impiantò una segheria poi riconvertita alla lavorazione di olii vegetali, aprendo pionieristicamente la produzione locale di olio da ricino, arachidi e cotone.

Nel 1919 la *Compañía General de Fósforos* acquistò un terreno situato a La Liguria, vicino alla località di Barranqueras, per realizzarvi uno stabilimento. Un anno dopo la *Compañía General Fabril Financiera*, mentre erano Presidente il conte Antonio Devoto e Direttore Generale l'ingegnere Víctor Valdano, acquistò lo stabilimento della *Compañía General de Fósforos* e i terreni che lo circondavano, avviando la trasformazione del complesso in una delle più importanti aziende industriali del regione. La zona era molto favorevole all'insediamento di attività industriali a grande scala, soprattutto per l'efficienza delle vie di comunicazione: la rete ferroviaria e, prima, la vicinanza del fiume Paraná.

Sette anni dopo il Direttore Generale Don Julio de Nicola, illustre cittadino di Resistencia, iniziò la costruzione del grande complesso industriale giunto fino a noi; nel 1928 si aggiunse l'oleificio San Fernando, di proprietà di Eugenio Varela (Figg. 1 e 2): la produzione era venduta a marchio Mandiyu (*affiche d'epoca in apertura*). Oggi, dopo avere dato lavoro per molti anni a migliaia di Chaqueni ed essere stata motore di progresso e di sviluppo, l'intera area industriale situata tra Resistencia e la località di Barranqueras (Fig. 3) è integralmente dismessa e con destinazione non definita.



Fig. 3 – vista aerea della zona industriale di Resistencia:
a sinistra il complesso de "La Fabril" [Bruniard, 1979]

Resistencia e la sua area metropolitana

La collocazione e l'impatto sul sistema territoriale della "Fabril Financiera" non sarebbe spiegabile senza comprendere la genesi e la struttura della città di Resistencia.

Capitale della provincia del Chaco, nel nord della Repubblica Argentina, la città costituisce, con i comuni di Barranqueras, Puerto Vilelas e Fontana, l'Area metropolitana della Grande Resistencia (AMGR) per una superficie complessiva di 33 578 ettari. Altre località sono legate alla sua economia, anche se ne sono separate da estensioni di territorio non urbanizzato: Puerto Tirol, Colonia Benítez e Margarita Belén.

Nella Figura 4 si osserva l'ubicazione della Provincia del Chaco nella Repubblica Argentina e l'AMGR, costituita dalle quattro località menzionate.

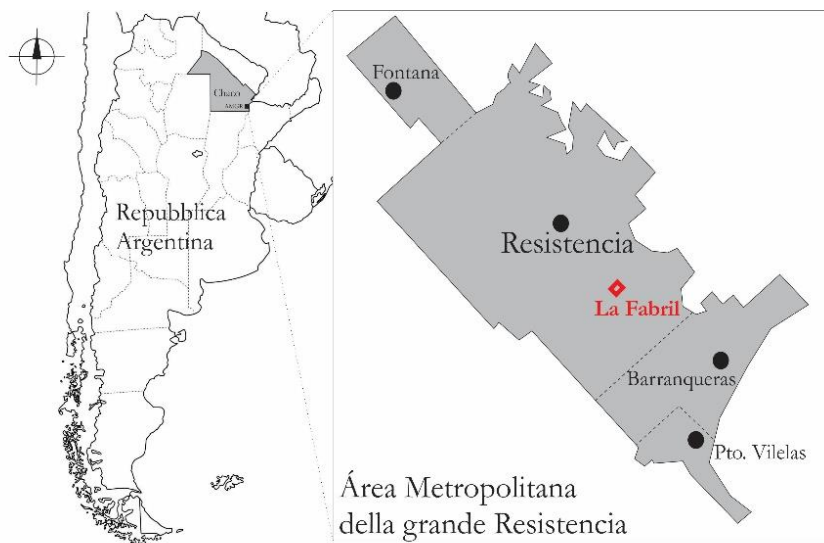


Fig. 4 – Provincia del Chaco e area metropolitana della grande Resistencia "AMGR"

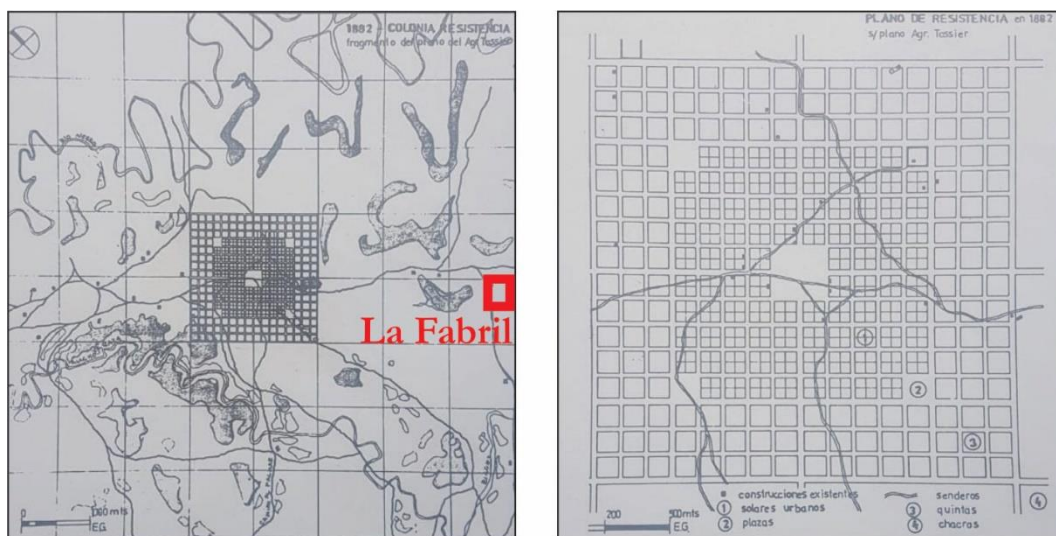


Fig. 5 – Piano urbano di Resistencia, 1882 [Gutiérrez, 1983]: è evidenziata la collocazione del futuro complesso industriale

Il rettangolo rosso indica il settore occupato da “La Fabril Financiera” di Resistencia, in direzione della località di Barranqueras (dove si trova il porto). La città è ubicata sui terreni alluvionali del fiume Paraná, in una zona assai ricca di acque provenienti anche da altri affluenti del Paraná come il Río Negro e il Riacho Arazá. Il clima è caldo senza stagione secca, con una temperatura media annua di 21°C. Le temperature estive superano i 25°C e raggiungono i 43°C. In inverno le temperature medie superano i 10°C e raramente sono al di sotto di 0°C. Le precipitazioni medie annue sono pari a 1 300 mm: la provincia del Chaco è però caratterizzata dall’alternanza di stagioni di siccità e piogge intense con inondazioni e queste sue caratteristiche morfologiche e climatiche



Fig. 6 – Resistencia nel 1978 [Bruniard, 1978]

ne favoriscono la vocazione prevalentemente agricola e forestale.

Origini della città

Tra l’ottobre 1875 e il marzo 1876, all’epoca della presidenza di Nicolás Avellaneda, una Commissione fu incaricata di esplorare e valutare i luoghi per un’eventuale fondazione di nuovi insediamenti, compresa la zona in cui si trovava l’antica missione di San Fernando del Río Negro, attiva dal 1750 al 1774 circa. In quel periodo un incidente suggerì il nome per la nuova colonia da fondare in questa zona. Il 6 febbraio 1876, infatti, il capo dei Chumpíes ruppe l’accordo tra aborigeni e Commissione di esplorazione ed attaccò il villaggio vicino alla foresta. I coloni e gli agrimensori resistettero agli attacchi presso la casa del colonnello J. M. Avalos: per ricordare questa impresa, il nuovo insediamento prese appunto il nome di “colonia Resistencia”.

Essa, insieme a Formosa, fa parte delle sette città che vennero fondate in relazione alle politiche di difesa delle aree di confine, attuate nel 1878 al termine della guerra con il Paraguay e il Brasile, (Gutierrez, 1983). La nascita della città di Resistencia è collegata al progetto di installare una testa di ponte per il governo del territorio del Chaco e favorire i contatti con i centri urbani dell’Argentina occidentale (Bruniard, 1979).

Quello che oggi è il centro della città, costituiva originariamente l’intera area urbana secondo una pianificazione territoriale ortogonale tipica delle colonie americane.

Realizzato dagli Agrimensori nazionali intorno al 1882, il Piano Regolatore ortogonale venne applicato al territorio senza alcuna considerazione per le caratteristiche geologiche e idrologiche del suolo, ricco di foreste e lagune. Si pensava, infatti, che le lagune potessero e dovessero essere riempite e che tutti gli svantaggi geomorfologici potessero essere superati dominando la natura con l'intervento umano (Gutiérrez, 1983). Le conseguenze di questa sottovalutazione delle caratteristiche naturali del sito sono state i vari dissesti idrogeologici in relazione al regime delle acque e del drenaggio dei terreni. Tutte le lagune sono state bonificate ed edificate.

La Legge sull'immigrazione e la colonizzazione del 1876 favorì l'ingresso di vari contingenti di immigrati, uno dei quali (composto da circa 60 famiglie udinesi) sbarcò nel porto di San Fernando, sopra il Rio Negro nel 1878, per stabilirsi nella Colonia di Resistencia. La crescita della città venne stimolata dall'arrivo delle ferrovie e da una prima industrializzazione legata a capitali stranieri, per lo più europei. Dall'area originaria con isolati quadrati all'interno di un impianto ortogonale di 400 ha di superficie lorda e 256 ha di superficie fondiaria netta si giunse ben presto ad un primo accrescimento nel quale l'impianto rigoroso e geometrico della città iniziò ad essere alterato da forme più disordinate e meno organiche.



Fig. 7 – Edifici produttivi de “La Fabril”, stato attuale

La figura 5 mostra la pianta della città di Resistencia intorno al 1882: l'immagine a sinistra mostra in rosso il settore poi occupato da “La Fabril Financiera”. La figura 6 mostra l'espansione della città all'anno 1978 e della sua conurbazione di località vicine: l'area occupata da “La Fabril Financiera” è indicata in rosso.

In relazione all'AMGR, la crescita demografica è stata costante dalla fondazione, come si può vedere nella tabella sottostante.

1895	1914	1947	1960	1970	1980	1991	2001	2010
2.18	8.38	64.7	108.	142.	220.	292.	359.	385.
7	7	00	287	848	104	287	590	726

Tabella 1. Popolazione AMGR attraverso i censimenti nazionali

Resistencia oggi

Per quanto riguarda gli aspetti socio-economici, secondo i dati del Censimento 2010, la città di Resistencia conta oggi 290 723 abitanti su di un totale provinciale di 1,06 milioni di abitanti. La città, negli ultimi 40 anni, ha subito una vertiginosa crescita demografica

triplicando la sua popolazione con conseguente necessità di espansione urbana: questo processo è stato favorito dalla struttura reticolare di pianta ortogonale originaria costituita da blocchi di 100 × 100 metri a loro volta parte di una progressione modulare (di 1000 × 1000 metri) che si estende fino alle zone rurali circostanti. Questo suggerisce implicitamente la prosecuzione della scacchiera e dà luogo ad una forma di una pianificazione territoriale parzialmente “automatica” ed inconsapevole che ha reso la crescita naturale della città modulata in modo ordinato, con l’unica limitazione imposta dalle lagune progressivamente incluse che ancora la interrompono (Borges e Scornik, 2001).

Attualmente, la destinazione del territorio urbano è per il 55% residenziale e per il 30% a spazio pubblico (strade, piazze ecc.). Le attività industriali cittadine occupano meno del 10% della superficie urbana, perché il grosso delle attività produttive era azionato nella parte esterna della AMGR. Quelle terziarie (amministrative e finanziarie), collocate invece in centro, occupano il 2,74% del territorio, mentre al commercio e al verde pubblico è dedicato l’1,65% e l’1,1% del territorio cittadino (Scornik, 1998).

“La Fabril Financiera”, situazione attuale

Con la chiusura della produzione, il complesso entrò in un periodo di decadenza e di crescente abbandono. La necessità di una normativa per proteggere il quartiere de “La Fabril” fu chiara già all’inizio degli anni Novanta del secolo scorso, ma, all’inizio del 2009, i competenti organi urbanistici decisero di demolire gli edifici esistenti per costruire un quartiere residenziale.



Fig. 8 – confronto tra la consistenza nel momento di massima espansione e lo stato attuale de “La Fabril”



Fig. 9 – il quartiere de “La Fabril” oggi

Di fronte a questo pericolo imminente di distruzione di una importante testimonianza del patrimonio industriale storico e architettonico della città, la popolazione si mobilitò per chiedere la conservazione degli edifici: questa dinamica sociale e culturale ha fatto mutare la determinazione delle autorità che hanno deciso di analizzare più approfonditamente la questione.

Le vicende dell’insediamento produttivo La Fabril sono state studiate dalla Commissione Provinciale del Patrimonio che ha in breve tempo riconosciuto il complesso «di rilevante valore storico e socioeconomico per la regione del Chaco». A seguito di queste determinazioni, la Provincia del Chaco ha promulgato la Legge Provinciale n. 6422/2009 che dichiara l’ex oleificio «Patrimonio Storico Culturale». In questo modo è stata soddisfatta anche una vecchia richiesta della Commissione di Quartiere del Barrio La Fabril, che già nel 1998 aveva espresso dinanzi alla Commissione del Patrimonio della Provincia del Chaco la preoccupazione di preservare quello spazio architettonico sovrabbondante di significati storici e sociali.

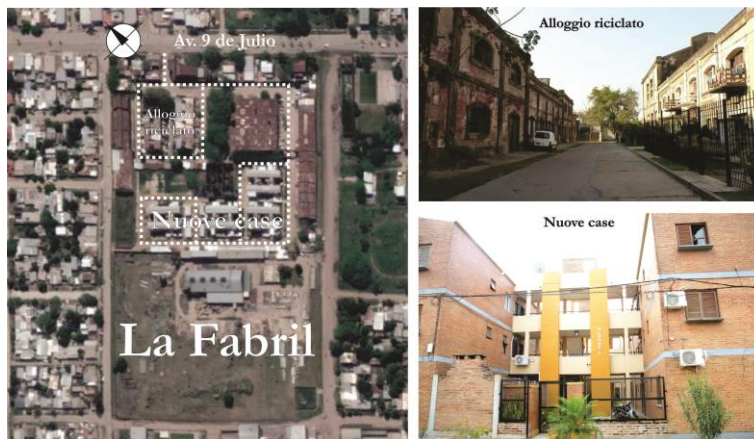


Fig. 10 – Percorsi e residenze (recupero e nuova costruzione) nella situazione in atto de “La Fabril”

Oggi, il settore una volta dedicato alle lavorazioni dei prodotti inorganici è stato riconvertito all’uso residenziale al quale si affiancano attività artigianali, magazzini, spazi commerciali (ad es. palestre). Chi vi abita ha sviluppato un’idea di “appartenenza” al sito che, per le sue caratteristiche di impianto, di fatto forma uno spazio semi-pubblico, con percorsi di circolazione

tutti compresi entro i limiti del quartiere e perciò con limitato traffico.

Le vestigia del suo passato industriale sono denunciate dalla presenza di numerosi capannoni oggi utilizzati principalmente come magazzini. Il luogo è carico di significato storico e ha caratteristiche uniche nella città. Tuttavia, come si può vedere nella Figura 7, ci sono numerose edifici di grande interesse architettonico che sono in stato di rovina.

La Figura 8 mette a confronto il momento di massima produzione degli stabilimenti (a sinistra) con la situazione attuale (a destra). Si può notare che molti padiglioni sono stati demoliti e che altri sono in rovina. La zona oggi è collegata al centro commerciale e amministrativo di Resistencia attraverso l'Avenida 9 de Julio, che è una delle principali arterie della città. La stessa strada collega il quartiere con le città di Barranqueras e Puerto Vilelas. Nelle immediate vicinanze del quartiere si trovano i binari della ferrovia, altri resti di vecchie fabbriche, terreni militari e una zona di lagune (vedi Fig. 9). Ma ciò che oggi caratterizza veramente il quartiere e ne ha cambiato il volto è l'insediamento residenziale.

Da un lato, sono stati recuperati in abitazioni due padiglioni della vecchia fabbrica, dall'altro nuove case sono state costruite anche nella parte meridionale del sito. In Figura 10 è evidenziata, nella planimetria a sinistra, la circolazione veicolare

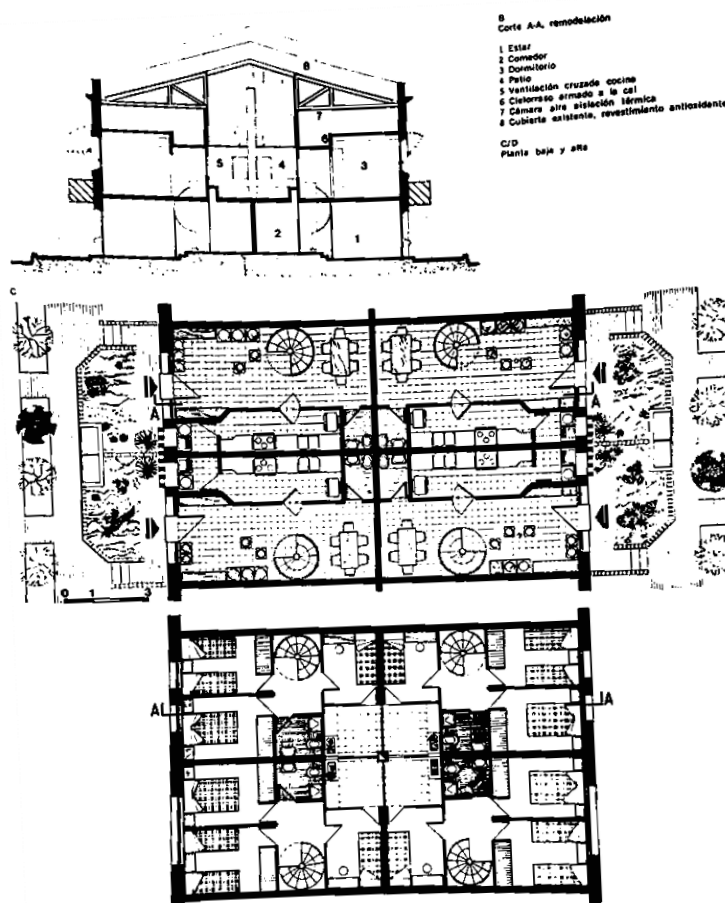


Fig. 11 – Proogetto di recupero ad uso residenziale

semipubblica, mentre in Figura 11 è riportato il progetto di recupero a residenze di un capannone dismesso.

Conclusioni: rifunzionalizzare, da opportunità a realtà

La Fabril è un pezzo di Patrimonio Industriale della città di Resistencia, grazie al quale prende forma l'idea di "luogo" come carattere identitario di un ambito e di una popolazione. Come afferma Montaner (2002) "....un luogo è definito dalle qualità delle cose, degli elementi, dai valori storici, simbolici e ambientali". L'esperienza individuale

è importante quanto quella collettiva ed il “luogo” è più di un luogo geografico, più di un semplice spazio, è la manifestazione concreta dell’abitazione umana (Norberg Schulz, 1979). L’archeologia industriale si propone di studiare la cultura materiale, gli aspetti architettonici, tecnici, sociali e antropologici delle attività legate alla produzione, distribuzione e consumo dei beni, le trasformazioni di queste attività nel tempo e nei processi socioeconomici. Il passaggio dalla sfera accademica ad una più ampia con forti implicazioni sociali, è andato di pari passo con il concetto sempre più diffuso di patrimonio industriale (Álvarez-Areces, 2008) fino a coinvolgere direttamente la popolazione, come ha dimostrato la storia recente de “La Fabril”.

Il riutilizzo e il recupero del patrimonio storico industriale è un’attività proattiva che tende a valorizzare la storia di un ambito territoriale. È attualmente auspicabile riutilizzare le strutture esistenti non solo per ragioni di sostenibilità ambientale e sociale, ma anche economiche, soprattutto in contesti di particolare fragilità economica, come la città di Resistencia nel Chaco. Tutte queste opzioni sono caratteristiche di “La Fabril”, e una rifunzionalizzazione rispettosa dei caratteri dei suoi edifici, con adeguati criteri di conservazione e restauro, pare un’ottima occasione per evidenziare questo “luogo” come testimonianza di un passato recente che rafforza l’identità storica della città di Resistencia.

Note bibliografiche

- Álvarez-Areces, Miguel Ángel (2008) *Patrimonio industrial. Un futuro para el pasado desde la visión europea*. APUNTES vol. 21, núm. 1. Pág. 6-25.
- Borges, Julio C. y Scornik, Carlos (2001). *Conflictos entre circulaciones y desarrollo potencial de la circulación peatonal en la Ciudad de Resistencia*. Secretaría General de Ciencia y Técnica. Corrientes: UNNE.
- Bruniard, Enrique (1978). *El Gran Chaco Argentino (ensayo de interpretación geográfica)*. GEOGRAFICA 4. Revista del Instituto de Geografía. Resistencia, Facultad de Humanidades, UNNE.
- Bruniard, Enrique (1979) *El proceso histórico y los caracteres demográficos y socioeconómicos de la Ciudad de Resistencia*. En folia Histórica del Nordeste, Resistencia – Corrientes.
- Gutiérrez, Ramón (1983) *El patrimonio Arquitectónico de los Argentinos*. Volumen 2: Nordeste, Corrientes, Misiones, Chaco, Formosa. Sociedad Central de Arquitectos e Instituto Argentino de Investigaciones en Historia de la Arquitectura y el Urbanismo, Buenos Aires.
- Montaner, Josep Maria (2002) *Las Formas del Siglo XX*. Editorial: Gustavo Gili. Barcelona.
- Norberg Schulz, C. (1979) *Genius Loci. Towards a Phenomenology of Architecture*. Editorial Rizzoli.
- Scornik, Carlos (1998). *Diagnóstico Urbano Expeditivo del Área Metropolitana del Gran Resistencia*. SUPCE-SUCCE.

<https://youtu.be/Wqushvm8kKM>

DOCENCIA



**EL “POLICUBO” COMO HERRAMIENTA DIDÁCTICA
PARA FAVORECER EL PROCESO DE ENSEÑANZA – APRENDIZAJE
DE LA CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA**

Maira Lucía Douthat, Lorena Beatriz Longa, Mauricio Martín Gauna y Rosanna Morán

Artículo publicado en

ARQUITECNO N° 14. Ediciones del ITDAHu. Corrientes (Argentina)

Noviembre de 2019. ISSN 0328-0896

RESUMEN

La asignatura Construcciones II “A” de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional del Nordeste aborda la problemática del diseño de sistemas constructivos no convencionales: prefabricación no integral, prefabricación integral y la aplicación de sistemas alternativos (“*Ballon Frame*” y “*Steel Frame*”) y contenedores metálicos.

El objetivo de este trabajo consiste en analizar el conjunto de viviendas llamado “*Kubuswoningen*”, localizado en Rotterdam, Holanda y sus posibles aplicaciones en el desarrollo proyectos creativos para utilizar la idea como disparador de la motivación de los estudiantes, estimulándolos en el proceso de diseño, y analizar también los principios geométricos constructivos del “policubo”, que permiten reconocer nuevas formas de responder a la demanda habitacional a la vez que se priorizan los espacios urbanos, recurriendo a la industrialización como herramienta constructiva.

La metodología de análisis es de carácter descriptivo, teniendo como base el estudio de obras diseñadas a partir del policubo.

Basados en dicho análisis, vemos que la utilización de una modulación puede generar trabajos innovadores en el desarrollo de proyectos de construcción industrializada, explorar nuevas formas de construir y de considerar al hábitat humano, de forma tal que responda a las necesidades humanas y ambientales para fomentar su difusión y desarrollo local.

ABSTRACT

The subject Constructions II "A" of the Faculty of Architecture and Urbanism of the National University of the Northeast addresses the problem of the design of unconventional construction systems: non-integral prefabrication, integral prefabrication and the application of alternative systems ("*Ballon Frame*" and "*Steel Frame*") and metal containers.

The objective of this work is to analyze the housing complex called “Kubuswoningen”, located in Rotterdam, Holland and its possible applications in the development of creative projects to use the idea as a trigger for student motivation, stimulating them in the design process, and also analyze the geometric constructive principles of the "polycube", which allow us to recognize new ways of responding to housing demand while prioritizing urban spaces, using industrialization as a constructive tool.

The analysis methodology is descriptive, based on the study of works designed from the polycube.

Based on this analysis, we see that the use of a modulation can generate innovative works in the development of industrialized construction projects, explore new ways of building and considering the human habitat, in a way that responds to human and environmental needs to promote its diffusion and local development.

PALABRAS CLAVES: Industrialización, Diseño, Prefabricación, Modulación, Innovación.

KEY WORDS: Industrialization, Design, Prefabrication, Modulation, Innovation.

INTRODUCCIÓN

La problemática de la asignatura Construcciones II “A” se centra en la aplicación del método industrial de producción en el campo específico de la arquitectura, a cuyo efecto se estudian los fundamentos de la Coordinación Modular como base para la fabricación de los componentes de la construcción, sustentada en los principios de la industria: racionalización del trabajo, normalización constructiva y tipificación productiva.

Planteado así el problema, se aplican criterios de Arquitectura Modular (AM), que consiste en el diseño y manejo de sistemas compuestos por elementos constructivos industrializados, diseñados con dimensiones modulares coordinadas, con capacidad de conectarse entre sí, y ser ubicados en distintas posiciones y situaciones en obra, ser reemplazados o intercambiados, sin que ello afecte al sistema, ni provoque una significativa merma en los estándares de calidad del producto final diseñado.

Se logra así una arquitectura versátil y personalizada, con grandes ventajas en el momento de su materialización y en la protección del ambiente donde se implanta, con gran variedad de uso, acotados tiempos de producción y mínima huella ecológica, a través de la reducción de desperdicios de obra.

La “Teoría de los Policubos” tiene íntima vinculación con las matemáticas recreativas que, mediante la manipulación de los policubos, brindan las bases para el desarrollo de habilidades creativas, visuales y verbales, por las experiencias espaciales que se pueden encontrar en ellos. Dada la condición volumétrica de los policubos, a partir de su estudio se pueden generar formas simples y complejas, razón por la que son preferentemente utilizados en el proceso de aprendizaje debido al aporte que proporcionan al desarrollo

del pensamiento geométrico, que es la base para el entendimiento del entorno en el cual vivimos.

El presente trabajo plantea el análisis de dos conceptos compatibles, la Arquitectura Modular y la Teoría de los Policubos, tomando sus criterios básicos, la clasificación y las posibilidades de agrupación, estableciendo correspondencias con representaciones de uso arquitectónico, como una manera de incentivar a los estudiantes en el proceso creativo de diseño, explorando otras formas de abordaje, dadas las múltiples ventajas que poseen aportando resultados para la creación de estructuras capaces de satisfacer los diversos requerimientos del proyecto.

Como unidad de análisis se tomó la obra del arquitecto Piet Blom, conocida como *"Kubuswoningen"* ("Casas Cubo"), ubicada en la ciudad de Rotterdam, en Holanda.

Esta obra nos ayuda a comprender de manera clara y precisa la relación intrínseca entre ambas teorías, verificando cómo impacta cada una en la forma de diseñar, según sea el sitio donde se emplaza y la sociedad que lo usa, lo que puede considerarse un hito en la arquitectura mundial.

METODOLOGÍA

La metodología de análisis es de carácter descriptivo, teniendo como base el estudio de obras diseñadas a partir del policubo.

DESARROLLO

Teoría de los Policubos

La teoría de los policubos nace a partir de la teoría de los poliminós, que son *"un conjunto de cuadrados iguales unidos por sus lados, de tal manera que cada dos de ellos mantienen al menos un lado en común"* (Quezada Feijoó, 2012, p.17).

La idea fue propuesta por el ingeniero y matemático Salomón W. Golomb (1954), y más adelante se la reconoció como una rama de la geometría combinatoria. Los cuadrados conectados entre sí se clasifican de acuerdo a su número: monominós (un solo cuadrado), dominós (dos cuadrados), triminós (tres cuadrados), tetraminós (cuatro cuadrados), pentaminós (cinco cuadrados), n-minós (formados por n-cuadrados).

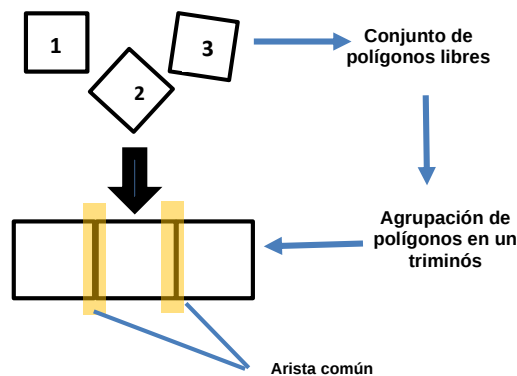


Fig. 1: Conformación de poliminós. Fuente: elaboración propia en base a Quezada Feijoo, 2012.

También se los clasifica, según la forma que se obtiene de su agrupación, en **regulares**, **irregulares**, **cóncavos**, **convexos**, y también como formas libres o contenidas, según la libertad de agrupación que tengan los cuadrados entre sí. Se determina así una cuantiosa variedad de posibilidades que pueden lograrse de su agrupación. Hasta aquí las combinaciones logradas en el plano bidimensional.

Del mismo modo, en el espacio también se logra una significativa variedad de combinaciones denominadas “**policubos**”.

Policubos

“Un policubo es una generalización tridimensional del concepto de poliminó, que consiste en un conjunto de módulos cuadrados unitarios unidos por sus lados. La teoría de policubos es una rama de las matemáticas que se ocupa de estudiar el comportamiento de unidades modulares cúbicas, tal que unidas por sus caras configuran formas en el espacio tridimensional”. (Quezada Feijoo, 2012, p.21).

Al igual que los poliminós, la posibilidad de agrupación de los policubos es infinita, cuanto mayor sea el número de cubos, mayores serán las variantes que podamos obtener, resultando en una gran variedad de módulos que conservan ortogonalidad entre sus caras y, dentro de la sencillez de sus formas, aportan riqueza volumétrica y modularidad, correspondiéndose a formas aptas para su uso arquitectónico.

Una vez elegido el cubo de estas dimensiones, se analizaron las más importantes y conocidas disecciones que existen y que son consideradas rompecabezas geométricos. Estos son: **el Cubo de Conway**, **el Cubo O’ Berine**, **el Cubo Diabólico**, **el Cubo 7**, **el Cubo Soma**, **el Cubo de Nob**, **el Cubo de Coffin**, **el Cubo de Lola**, **el Cubo de Steinhaus** y **el Cubo Mikusinski** (Fig.2).

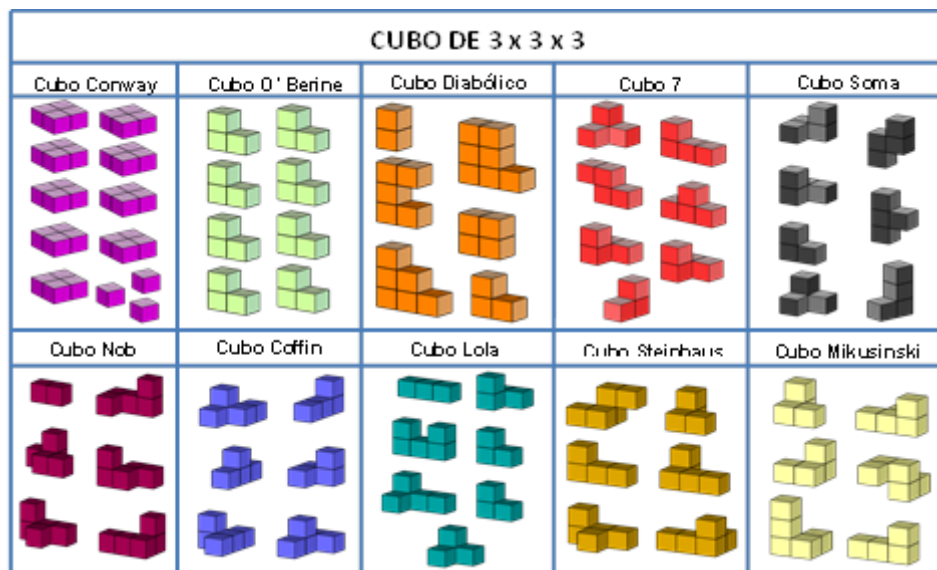


Fig. 2: Disecciones de cubos de 3x3x3. Fuente: (Quezada Feijóo, 2012, Anexo 2).

De acuerdo a las formas que se obtuvieron de la combinación, por la libertad de agrupación que se les proporcionó, se analizó la construcción de cubos con policubos (cubos contenidos), tomando como referencia el caso particular del cubo de 3x3x3, por el número adecuado de piezas policúbicas que contiene cada una de sus disecciones.

Una variante muy conocida de este tipo de organizaciones espaciales a partir de cubos es la propuesta del “Módulo HELE” del Arq. Rafael Leoz de la Fuente (1965). El Módulo HELE fue el inicio de una propuesta de división y ordenamiento del espacio arquitectónico por medio de principios geométricos. Ver Fig. 3.



Fig. 3: Módulo HELE. <https://www.google.com.ar/search?q=modulo%20hele&tbn=isch#imgsrc=smShJNPtHt1yM>

Clasificación de policubos

Además de la clasificación ya mencionada, se los puede clasificar como:

Policubos libres: El conjunto de cubos conectados poseen la libertad de expansión a diferentes lugares, carecen de contenedor que pueda limitar su agrupación, y pueden formar estructuras orgánicas.

Policubos contenidos: El conjunto de cubos rellenan por completo un prisma, considerado como el contenedor que limita la agrupación hasta alcanzar su forma definitiva sin dejar espacios intermedios.

Hay ejemplos donde se la combinación de ambas configuraciones: libres y contenidas, cuando al prisma contenedor se lo rellena dejando aberturas en su composición, logra la forma del prisma sin que ésta constituya una agrupación maciza en su totalidad. De

este modo, los policubos poseen libertad de agrupación dentro de un contenedor limitante.

Modulación

Al trabajar con la Teoría de los Policubos, cuyo elemento es el cubo, estamos definiendo un módulo de composición, ya que estas formas poseen un carácter modular interesante al configurar espacios tridimensionales macizos que se acoplan perfectamente por sus lados y, aun cuando se sustituya uno de ellos, el conjunto conserva la misma organización.

Para utilizar este tipo de organización espacial en arquitectura, necesitamos definir las medidas con las que se trabajará, para lo cual se aplican los principios de la “Coordinación Modular”, que simplifica y coordina las dimensiones de los elementos de construcción a ser ensamblados, mediante medidas comunes y sus múltiplos, a fin de lograr un máximo de eficiencia en los procesos de diseño y construcción de edificios, mediante la cual la arquitectura adquiere rasgos distintivos de diseño industrial, conciliando exigencias funcionales, técnicas y estéticas del producto, con medios y procesos de producción.

La Coordinación Modular exige que todas las dimensiones de los componentes del edificio estén relacionadas entre sí, es decir coordinadas, cuya unidad de medida y factor numérico es conocida con el nombre de MÓDULO.

El Módulo Básico (Fig.4), se denomina con la letra M y su valor internacional (normas IRAM) está normalizado en 10 cm, por lo tanto 10 cm equivalen a 1 M.

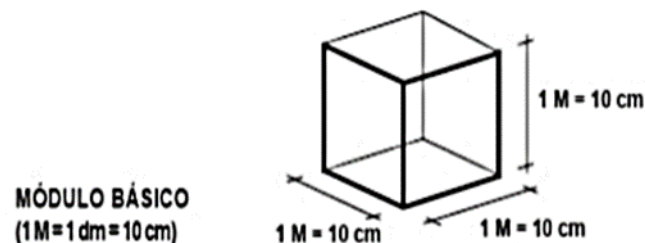


Fig. 4: Módulo básico: 10cm. Fuente: Publicación didáctica cátedra Construcciones II A

El módulo es el nexo dimensional entre el diseño y la construcción, que permite asegurar: la disminución de la variedad de las dimensiones de los componentes constructivos y la correlación de las medidas entre ellos; su intercambiabilidad y aditividad con el máximo número de combinaciones posibles; y la eliminación de desperdicios, cortes y ajustes ejecutados en obra. El módulo es aplicable en todas las etapas del proyecto y constituye la base dimensional de donde derivan los tamaños de las distintas cuadrículas modulares: cuadrículado de planos, estructuras, de obra, de urbanismo, etc.

La utilización de la teoría de los policubos en el proceso de diseño, permite reconocer que existen principios ordenadores que organizan la composición proyectada,

verificando que existen formas y espacios que satisfacen el desarrollo de las actividades que alberga el edificio proyectado.

Desde el punto de vista formal, es válida cualquier composición que resulte de adoptar un patrón y someterlo a alguna operatoria de simetría en el plano o en el espacio (incluyendo traslación, rotación, espejo, cambio de escala y todas sus combinaciones). En el caso de los policubos es una organización de cubos conectados por sus caras. Las piezas de un Cubo Soma, por ejemplo, constituyen patrones de repetición que pueden ser usados libremente para componer formas y asignarles una función.

Desde el punto de vista funcional, existen principios de organización de las partes que albergan actividades, respondiendo a condicionantes y requerimientos arquitectónicos previamente definidos. Si partimos de un vocabulario básico de organización (central, lineal, radial, etc.) y de los principios ordenadores (ejes, simetría, jerarquía, ritmo, etc.) es posible asociar la oferta de formas con la función asignada a cada espacio, por lo cual es fundamental analizarlas previamente para adecuarlas al tipo de organización y sus características.

La “Casas Cubo”, presenta características concretas tratadas en la cátedra Construcciones II “A” que se centra en la aplicación del método industrial de producción en el campo específico de la arquitectura, a cuyo efecto se estudian los fundamentos de la Coordinación Modular como base para la fabricación de los componentes de la construcción, sustentada en los principios de la industria: racionalización del trabajo, normalización constructiva y tipificación productiva.

Caso real: *Kubuswoningen* o Casas Cubo (Rotterdam, Holanda, 1978-1984)

Las *Kubuswoningen*, son un grupo de viviendas diseñadas por el arquitecto holandés Piet Blom. En 1977 recibió el encargo de estudiar el área del *Oude Haven* (Puerto Viejo) de Rotterdam con el objetivo de revitalizar la zona, que permanecía sin explotar desde la Segunda Guerra Mundial, y generar espacios residenciales dando prioridad a la vivienda social.

La idea del equipo técnico municipal era la de construir un puente peatonal sobre una de las principales arterias (Fig.5), pero que incluyera viviendas y servicios. El complejo contó con 38 Casas Cubo, espacios comerciales, una escuela, un edificio de apartamentos y una torre residencial, conocida como *Het Potlood* (El Lápiz).



Fig.5: Localización y vista del proyectos. Fuente: <https://www.archdaily.com/482339/ad-classics-kubuswoningen-piet-blom>

Las Casas Cubo fueron diseñadas asimétricamente para semejar un bosque abstracto, cada techo triangular representando la copa de un árbol. Los edificios se construyeron sobre pilares de hormigón (tronco del árbol), con un entramado de madera (copa del árbol).

Fuste o tronco del árbol: la base del fuste tiene la forma de un hexágono y está construido a partir de tres columnas de concreto de carga con paredes de ladrillo de hormigón de gas en el medio. Las escaleras a lo largo del lado conducen a la entrada (2do piso).

Cubo o copa del árbol: el cubo está inclinado, aparentemente en equilibrio sobre su fuste, de modo que tres lados miran hacia el suelo y tres hacia el cielo. El ángulo entre los pisos y las paredes es de 53.5 grados (o el ángulo complementario), por lo que no es de 45 grados, por lo que este es un cubo algo aplastado (Fig. 6). Los pisos y las columnas portantes están hechos de concreto reforzado.

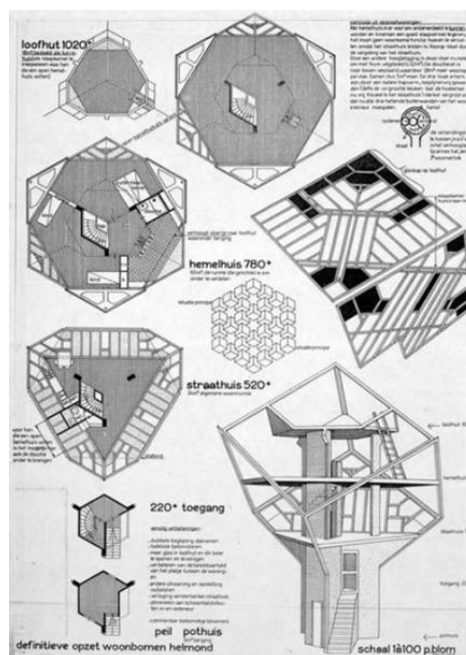


Fig. 6 - Planos de Casa Cubo. Fuente: <https://ar.pinterest.com/pin/78813062205542155/>

El cubo consiste en un esqueleto de madera, que se une a los bordes del piso de concreto (Fig.7). Los paneles de cemento se atornillan en este esqueleto tanto en el interior como en el exterior. En el medio, hay lana de roca para el aislamiento. Todas las ventanas del cubo contienen doble acristalamiento. La primera capa de vidrio de las ventanas que miran hacia abajo es de 12 mm de espesor.



Fig. 7 - Esqueleto de madera Casa Kubo. Fuente: <http://www.kubuswoning.nl/woningen.html>

El cubo tiene tres niveles diferentes, con un total de 100 metros cuadrados aproximadamente, aunque una cuarta parte del espacio es inhabitable. Las casas cubo tienen una altura de 22 metros (sin contar el pilar hexagonal) y cada uno de sus lados mide 7,5 metros.

La planta baja es la zona de entrada, el primer nivel posee un área triangular se utiliza como sala de estar y cocina abierta. Piet Blom llamó a este nivel «callejón» debido a que las ventanas dirigidas hacia abajo permiten una conexión visual con lo que está sucediendo en la calle. (Fig.8)



Fig. 8 - Imagen interior primer nivel.

Fuente: <http://www.zoover.es/paises-bajos/holanda-meridional/rotterdam/kubuswoningen/fotos>

El segundo piso con sus ventanas orientadas hacia arriba fue bautizado como la " casa celestial ", por el arquitecto, es la zona de dormir, con dos dormitorios, un pequeño salón y el baño. (Fig. 9)



Fig. 9 - Imagen interior segundo nivel.

Fuente: <http://www.zoover.es/paises-bajos/holanda-meridional/rotterdam/kubuswoningen/fotos>

Una plataforma con almacenamiento debajo y una escalera dan acceso al piso superior, el tabernáculo según Blom, una pirámide de tres lados con 18 ventanas y 3 escotillas que dan una amplia vista de los alrededores. Este espacio se puede utilizar como dormitorio, sala de niños o solarío, dependiendo de las necesidades del habitante.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Como la Teoría de los Policubos asociada a la Arquitectura Modular será incorporada a partir del ciclo lectivo 2020 como un aporte innovador en la asignatura Construcciones II A para la elaboración de los trabajos prácticos, confiamos en que el análisis realizado y de acuerdo a las conclusiones a las que hemos arribado, sea recibido de buen grado y aprovechado al máximo por los estudiantes, de forma clara y eficaz, pudiendo aplicar estos conceptos no sólo en los proyectos que realizarán en esta asignatura, sino a los que concebirán a lo largo de su carrera universitaria y en el desarrollo de su vida profesional.

CONCLUSIONES

El desarrollo de la asignatura se articula en un Trabajo Práctico Integrador (TPI) que favorece especialmente el aprendizaje de los contenidos procedimentales. Su planteo, al inicio del cursado, sitúa al alumno en una condición de carencia, en la cual reconoce sus propios límites y hace que el desarrollo de los temas teóricos sea internalizados y acomodados de una forma más eficaz. En algunos puntos del desarrollo de esta, “la práctica antecede a la teoría”, con el objetivo de favorecer el aprendizaje significativo sobre todos de los contenidos procedimentales. (Pilar y otros, 2016).

La aplicación de la Teoría de los Policubos y la Arquitectura Modular, pretende asignar a la materia un aporte específico en la etapa de diseño y modulación de los proyectos, con las siguientes ventajas:

Permite ampliar el trayecto de diseño al recorrer un nuevo camino con la incorporación de desafíos basados en la creatividad para la materialización de los proyectos con un desarrollo tecnológico-constructivos innovador.

Abre un gran abanico de posibilidades de proyecto, debido a sus múltiples ventajas en cuanto a movimientos de intercambiabilidad y aditividad se refiere, logrando un máximo de combinaciones posibles y la disminución de variables dimensionales, evitando desperdicio de materiales y de tiempos de ejecución, lo que se traduce en una mayor rentabilidad.

Incorpora una herramienta pedagógica innovadora centrada en la Teoría de los Policubos y la Arquitectura Modular, fortaleciendo el proceso de enseñanza de la construcción industrializada, y obteniendo riqueza volumétrica, modular, espacial y de confort en las configuraciones obtenidas sin perder la creatividad.

El presente análisis constituye un claro ejemplo de la factibilidad de incorporar propuestas creativas, utilizando aquellos materiales que ofrece el mercado aplicando innovaciones tecnológicas, posibilitando el traspaso de estos conocimientos a las nuevas generaciones de futuros profesionales y propiciando la evolución constante en el arte de hacer Arquitectura.

BIBLIOGRAFÍA

- Pilar, C.; Morán, R.; Vedoya, D. (2016). Sistemas constructivos industrializados para resolución de equipamientos en situaciones de catástrofe. Revista ARQUITECNO N° 8. Noviembre 2016. Página 60 a 66. Corrientes (Argentina). Ediciones del ITDAHu.
- Quezada Feijoó, E. D. (2012): Arquitectura modular basada en la teoría de policubos. Trabajo de fin de titulación, Universidad Técnica particular de Loja - Loja (Ecuador). Director: Arq. Xavier Burneo.
- Serrentino R. y Molina, H. (2002): Arquitectura modular basada en la teoría de policubos - Caracas (Venezuela): SIGraDi nov.2002. pp. 264-267.
- Vedoya, D. (2013): La transposición tecnológica como estrategia de diseño – Corrientes (Argentina): Ediciones del ITDAHu.
- Vedoya, D. (2014): La transposición tecnológica. Introducción a la génesis de los procesos tecnológicos – Saarbrücken (Alemania): Editorial Académica Española.
- Vedoya, D. E. (2016): La Coordinación Modular (Publicación Didáctica) – Cátedra de Construcciones II: Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU), Universidad Nacional del Nordeste (UNNE).
- Caporioni, Garlatti, Tenca-Montini (1971): La Coordinación Modular – Madrid (España): Editorial Gustavo Gili.

Páginas WEB consultadas

- www.jm3studio.com/casas-cubo-de-Rotterdam.
- www.es.wikiarquitectura.com/edificio/casas-cubo.
- <http://www.zoover.es/paises-bajos/holanda-meridional/rotterdam/kubuswoningen/fotos>
- <http://www.kubuswoning.nl/woningen.html>
- <https://ar.pinterest.com/pin/78813062205542155/>
- [https://nl.wikipedia.org/wiki/Kubuswoningen_\(Rotterdam\)](https://nl.wikipedia.org/wiki/Kubuswoningen_(Rotterdam))

MEDIACIÓN DISRUPTIVA DE LAS TIC EN LA ENSEÑANZA DEL DISEÑO Y LA PRODUCCIÓN ARQUITECTÓNICA COLABORATIVA

Vanina Boccolini, Rosanna Morán y Claudia Pilar

Ponencia presentada en
8° Seminario Internacional RUEDA. CIN.
Red Universitaria de Educación a Distancia de Argentina.
7 y 8 de octubre de 2019. Tilcara, Jujuy. Editorial de la Universidad Nacional de Jujuy.
ISBN 978-950-721-563-6. P. 745–753.
<https://drive.google.com/file/d/1tvzXOcD7OvcSlRwr3n-RLAdqpR4Sld3D/view>

RESUMEN

En el campo del diseño y la producción arquitectónica históricamente existieron desconfianzas sobre la eficacia de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) como mediadoras del proceso de enseñanza de tipo activo. Aún hoy, ese prejuicio genera un retraso en su implementación masiva y resistencia de los docentes que postergan su formación en competencias pedagógicas digitales.

El objetivo del presente trabajo es realizar un *análisis diacrónico y sincrónico* de la implementación de las TIC en el ámbito de la carrera de Arquitectura de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU) de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), haciendo foco en la educación a distancia, las aulas virtuales y la formación docente.

PALABRAS CLAVE. Educación tecnológica, Colaboración Virtual, Diseño Arquitectónico.

ABSTRACT

Traditionally in the field of design and architectural production there are distrust about the intervention of the Information and Communication Technologies (ICT) as effective mediators of active type of teaching process. Even today, this prejudice generates a delay in its massive implementation and teachers resistance, postponing their training in digital pedagogical skills.

The objective of this paper is to perform a diachronic and synchronous analysis about the way ICT are implemented in the Architecture career of the Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU) of the Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), with a focus on distance education, virtual classrooms and teacher training.

KEY WORDS. Educative Technology, Virtual Collaboration, Architectural Design.

OBJETIVOS.

Objetivo Principal.

Analizar la implementación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en el ámbito de la carrera de Arquitectura de la FAU - UNNE, haciendo foco en la educación a distancia, las aulas virtuales y la formación docente.

Objetivos Específicos.

Realizar un diagnóstico de la situación actual de referida a la implementación de las TIC en la FAU - UNNE considerando la evolución de las aulas virtuales habilitadas.

Conocer la percepción de los docentes sobre esta temática, en función de sus trayectorias y jerarquía docentes, para visualizar posibles líneas de acción y mejora.

Contrastar la visión de los docentes con la de los estudiantes en relación a la implementación de las TIC.

PLANTEO DEL PROBLEMA Y DEL CONTEXTO.

Tradicionalmente existen desconfianzas sobre las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) como mediadoras eficaces del proceso de enseñanza de tipo activo en el campo del diseño y la producción arquitectónica. Aún hoy, ese prejuicio genera un retraso en su implementación masiva y resistencia de los docentes que postergan su formación en competencias pedagógicas digitales o la implementación concreta de estas herramientas en su actividad docente.

Esta situación problemática se evidencia en el contexto específico de la carrera de Arquitectura de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional del Nordeste, por lo cual resulta relevante el desarrollo de la presente investigación.

El mercado laboral actual de la arquitectura (en el contexto nacional y sobre todo internacional) exige un perfil profesional tecnológicamente adaptado a los conocimientos y habilidades cognitivas tendientes a resolver problemas arquitectónicos, en sus diferentes fases y tipologías, con y a través de las tecnologías informáticas de punta: colaboración virtual, sistemas de representación bidimensional y tridimensional, realidad aumentada, realidad virtual, manejo inteligente de información, impresión 3D, redes sociales profesionales y académicas, entre otros tantos dispositivos y contextos tecnológicos avanzados disponibles.

No es casual que en el último decenio se hayan desarrollado cantidad de oficios nuevos dependientes, casi completamente, del manejo apropiado de las TIC y que, a raíz de esto, aún se estén perfilando profesiones y carreras que den respuesta y sustento con base académica a dicha exigencia.

Este escenario se ha incrementado exponencialmente, impulsado principalmente por las formas de acceso y de manejo del mundo digital y virtual que manifiestan los jóvenes. Ha sido científicamente comprobada la relación dependiente entre ambas variables resultando, incluso, en modificaciones conductuales de las denominadas generaciones x, y, z. Los estudios realizados sobre las nuevas formas de comunicación oral y escrita han dado paso a un papel protagonista del desarrollo de las teorías de las inteligencias múltiples (Gardner, H. y Davis, K., 2014) y otras tantas que han interpelado algunos modos de pensar y practicar la enseñanza.

Los adolescentes y niños de hoy han sido denominados *nativos digitales* (dejando para las personas adultas el concepto de *migrantes digitales*), pero su uso intensivo de la tecnología no implica necesariamente que posean un conocimiento sólido sobre la lógica que lo fundamenta, para comprender significativamente “por qué” y “para qué” utilizarlos.

Esto ha generado un alto impacto en la actividad docente. Los nativos digitales requieren la guía de tutores académicos para construir conocimiento útil a través y con las TIC, quienes, en su mayoría se resisten a la experiencia.

Desde este enfoque se estudia el presente caso, dirigiendo la mirada hacia los últimos diez años de situaciones tecno-pedagógicas acaecidas en la carrera de Arquitectura de la FAU UNNE, observando cómo se han implementado las TIC en los procesos de enseñanza, cuánto conocimiento pedagógico conscientemente sobre el tema subyace en los educadores, qué dispositivos tecnológicos han puesto en juego y cómo se contrastan lo que dice saber el docente con lo que percibe el alumno.

La perspectiva de análisis recupera conceptos como ser creatividad, pensamiento lateral, metacognición, la buena educación (Ken Bain, 2012), la psicología cognitiva, entre otros, y alternarlos entre la presencialidad y la virtualidad con la neuroeducación, habilidades digitales, prospectivas laborales virtuales, rediseño de conceptos y roles de enseñar y aprender, revisar los horizontes de la evaluación, la colaboración y cooperación inter e intradisciplinaria, sin olvidar el ejercicio de la proactividad y los rasgos esenciales del liderazgo presencial y virtual. Atendiendo a las particularidades de la disciplina, el perfil planteado en el plan de estudios y las habilidades digitales buscadas en el mercado laboral del arquitecto.

El enfoque teórico reconoce dos principales nutrientes: el modelo de Conocimiento Tecnológico Pedagógico Disciplinar, conocido como TPACK (*Technological Pedagogical Content Knowledge*) (Delgado, 2013) y el aporte metodológico del Informe *Horizon 2019*¹⁷ y sus precedentes.

El modelo TPACK refiere al desarrollo de la conjunción de conocimientos tecnológicos, pedagógicos y del contenido, de forma compleja y contextualizada, implicando una apropiada integración con lo pedagógico y lo disciplinar, de un uso adecuado de la tecnología en la enseñanza. Esta forma de encarar la docencia se enlaza a los modelos de aula activa, inteligencias múltiples, clase invertida, construcción colaborativa y cooperativa del conocimiento, aprendizaje significativo, crítico y apropiado, para ahondar en las verdaderas necesidades que caracterizan los entornos de enseñanza y de aprendizaje actuales complejos y particularmente especiales descriptos anteriormente.

El Informe *Horizon 2019* presenta un análisis de las Perspectivas Tecnológicas de la Educación Superior, exponiendo tres puntos neurálgicos:

¹⁷ Elaborado por EDUCAUSE, asociación norteamericana sin fines de lucro, cabeza de la mayor comunidad en red de espacios tecnológicos, académicos e industriales, dedicados a los avances de la educación superior a través de las TIC.

Tendencias clave que aceleran la adopción de tecnología en la educación superior.

Desafíos que obstaculizan la adopción de tecnología en la educación superior.

Desarrollos importantes en tecnología educativa para la educación superior.

Además, incluye entre sus tópicos: la transformación digital, el éxito de los estudiantes, disparadores/impactos/resultados, estrategias tecnológicas para la transformación digital, diversidad/equidad/inclusión, desarrollo colaborativo de la fluidez digital, entre otros (*Informe Horizon, 2019*).

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.

La hipótesis que guía la investigación es que por el empuje de los alumnos y las nuevas generaciones de docentes paulatinamente se desmitifican las supuestas limitaciones de las TIC en la enseñanza del diseño.

Sin lugar a dudas... el futuro nos alcanza... (Backhoff, 2019)

La metodología de abordaje es un análisis de corte cuantitativo y cualitativo, de tipo sincrónico y diacrónico, *sobre* la implementación de las TIC en el ámbito de la carrera de Arquitectura de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU) de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), con enfoque sobre la educación a distancia, aulas virtuales y formación docente.

La fase cuantitativa consiste en un estudio diacrónico sobre dos variables: número de aulas virtuales y formación docente.

En cuanto a las aulas virtuales se realiza un relevamiento de la cantidad de habilitaciones y renovaciones por año, período 2015-2018, considerando su incidencia porcentual en el total de las asignaturas de cada área académica y el número de alumnos matriculados.

En cuanto a la formación de los docentes se pondera la cantidad de cursos de capacitación en TIC realizados y aprobados por los docentes, según jerarquías (cargos profesoriales y auxiliares de docencia), período 2005-2018.

Las fuentes de abordaje son los datos estadísticos del Programa Central UNNE Virtual dependiente de la Universidad Nacional del Nordeste, cuyo objetivo es impulsar el uso de TIC en ofertas de grado, posgrado, actividades de investigación y de extensión a través de la provisión y administración de las aulas virtuales y desarrollo de los cursos de capacitación necesarios para implementarlas.

El objeto de la fase cualitativa es conocer la percepción de docentes y alumnos sobre la cuestión, a través de dos tipos de instrumentos: encuestas de carácter anónimo y la observación participante de las actividades realizadas por docentes de la FAU.

DESARROLLO

Definida la metodología de investigación, estrategias e instrumentos de abordaje, así como el cronograma orientativo de actividades, se procedió a la implementación de estas en 4 (cuatro) etapas: recolección de datos cuantitativos, recolección de datos cualitativos, análisis de estos y generación de conclusiones.

Si bien la fase cuantitativa se distingue de la cualitativa principalmente por los instrumentos y fuentes adoptados, queda claro que en ambos casos el objeto de estudio es la actividad de los docentes en materia de mediación de las TIC en los procesos de enseñar y su preparación en ese campo. La mirada sobre la relación del alumno con estas tecnologías complementa el análisis de contrastes entre su percepción con la de sus educadores.

Inicialmente se procedió a recabar los datos relativos a la fase cuantitativa, para lo cual, como se mencionó, se recolectaron datos, en formato de planillas, sobre aulas virtuales y capacitación docente desde el Sistema de Gestión del Programa de UNNE Virtual, habilitado a los representantes de cada unidad académica en la Comisión Central de Educación Virtual dependiente del mismo programa de la Universidad.

Específicamente se descargaron de cada ciclo lectivo, durante un período de 5 (cinco) años, desde inicios de 2015 hasta mediados de 2019, información sobre las aulas virtuales habilitadas para la carrera de Arquitectura, discriminando: nombre de la asignatura, período de implementación y cantidad de alumnos.

Así también, se obtuvieron del mismo sistema y durante el mismo período, datos sobre cada tipo de capacitación, desarrollada desde UNNE Virtual para los docentes de Arquitectura, y docente implicado, diferenciando: año de cursado, nombre del curso, período de implementación y datos del docente.

En la siguiente etapa, la recolección de información con fines de análisis cualitativos se realizaron 2 (dos) encuestas mediante formularios de Google Drive. Una dirigida a los docentes y otra a los estudiantes de la carrera de Arquitectura.

Dichos instrumentos se diseñaron con la intención de obtener respuestas sinceras, por lo que se compartieron de forma anónima y virtual en ambos casos y se centraron en la real utilización y percepción que, tanto docentes como alumnos, tienen sobre las TIC aplicadas en procesos de enseñar y procesos de aprender.

RESULTADOS

Conociendo el proceso histórico institucional y analizando de forma cuantitativa la información antes mencionada, se puede apreciar que desde la UNNE Virtual se inició un proceso básico de capacitación en la temática de TIC aplicadas a la enseñanza virtual en el año 2004, en la que participaron un total de 6 (seis) docentes de la Facultad de Arquitectura. La situación continuó hasta el año 2015, sosteniéndose en una meseta con un promedio de 10 (diez) profesores capacitados anualmente. A partir del año 2016 se produce un crecimiento exponencial pasando a 65 (sesenta y cinco) docentes formados por año, que se puede observar en la figura 1.

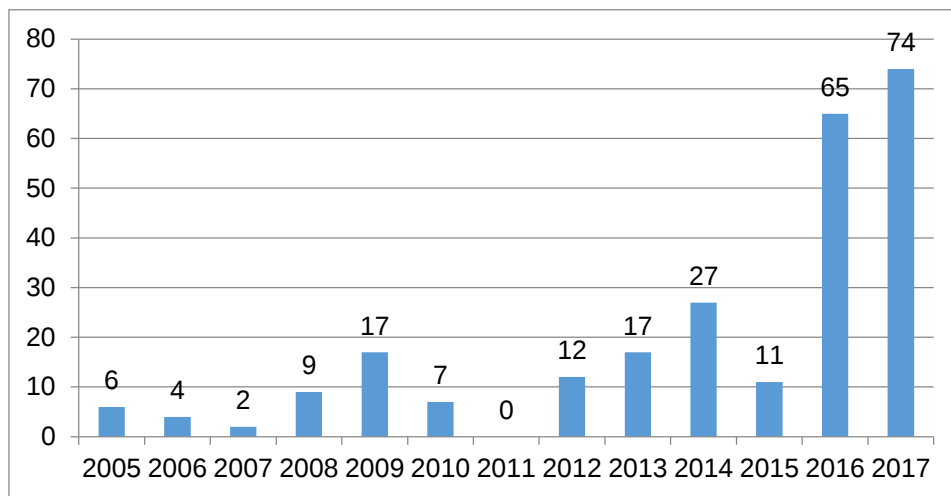


Fig. 1. Cantidad de docentes de la carrera de Arquitectura de la FAU UNNE capacitados por año a través de la UNNE VIRTUAL. Fuente: elaboración propia en base a datos otorgados por la UNNE VIRTUAL.

En función de esa masa crítica creciente, formada en herramientas de enseñanza a distancia, se observa en los últimos años un aumento del número de aulas virtuales solicitadas y habilitadas, con la función de complemento de la enseñanza de grado. En la figura 2 se visualiza el crecimiento sostenido, pasando de 6 (seis) aulas en 2015 a 19 (diecinueve) en 2018.

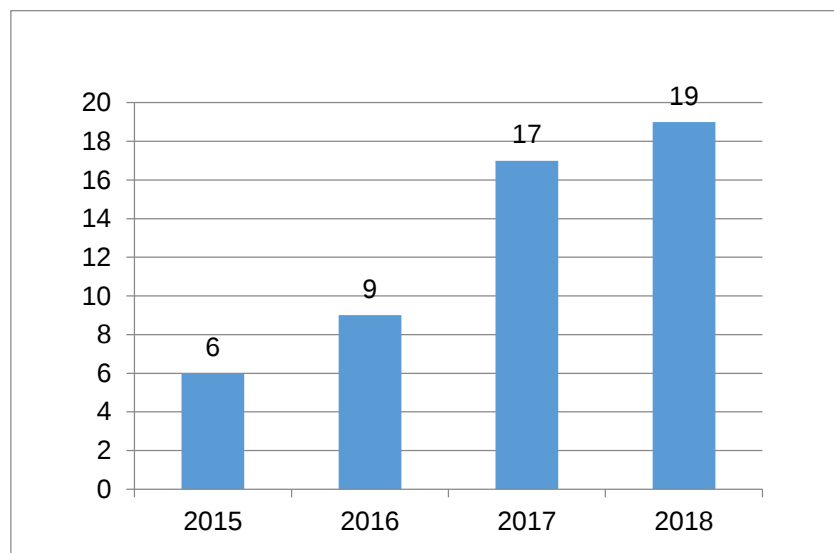


Fig. 2. Cantidad de aulas virtuales por año de la carrera de Arquitectura de la FAU UNNE. Fuente: elaboración propia en base a datos otorgados por la UNNE VIRTUAL.

Además, el número de alumnos habilitados ha crecido geométricamente. Como puede observarse en la figura 3, pasando de 540 (quinientos cuarenta) en 2015 a 3.097 (tres mil noventa y siete) en 2018.

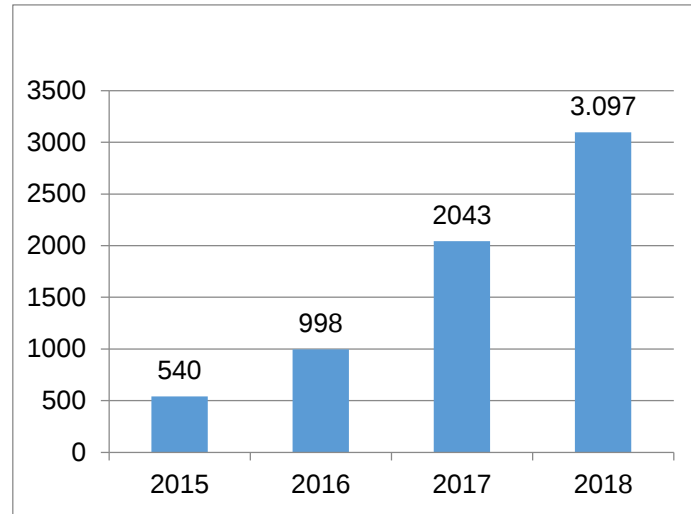


Fig. 3. Cantidad de alumnos habilitados por año de la carrera de Arquitectura de la FAU UNNE. Fuente: elaboración propia en base a datos otorgados por la UNNE VIRTUAL.

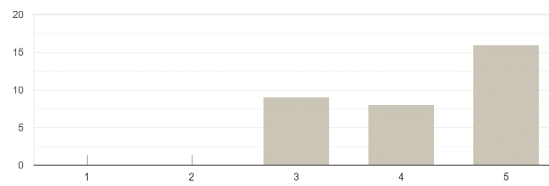
Respecto a las **encuestas**, sobre una muestra de 33 (treinta y tres) docentes y 60 estudiantes (sesenta) que respondieron, se identifican los siguientes contrastes y coincidencias entre ellos:

Contrastes.

Los Docentes consideran de mediana importancia el uso de las TIC para enseñar, sin embargo, para los alumnos son indispensables. Esto se refleja en las 2 (dos) formas de preguntar expresadas en las figuras 4, 5, 6 y 7.

¿Que importancia le otorga a las TIC en la enseñanza del diseño?

33 respuestas



¿Con cuáles de las siguientes afirmaciones está de acuerdo?

33 respuestas

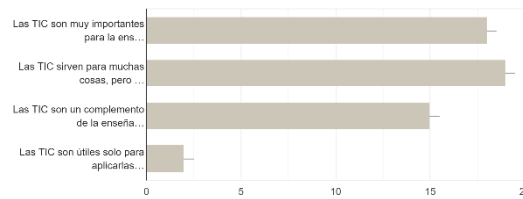
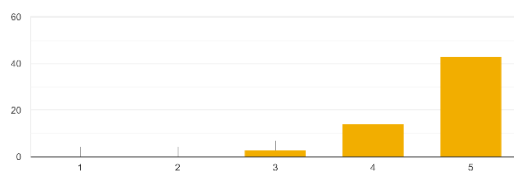


Fig. 4 y 5. Formas alternativas de preguntar a los docentes sobre la importancia otorgada al uso de las TIC durante la enseñanza. Fuente: elaboración propia sobre encuesta realizada a docentes.

¿Que importancia crees que tienen las tecnologías informáticas en el aprendizaje de la carrera de arquitectura?

60 respuestas



¿Con cuáles de las siguientes afirmaciones estás de acuerdo?

60 respuestas

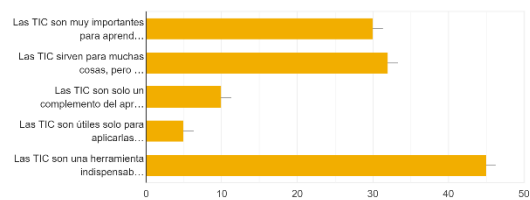
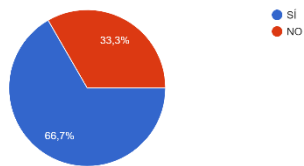


Fig. 6 y 7. Formas alternativas de preguntar a los estudiantes sobre la importancia otorgada al uso de las TIC durante el aprendizaje. Fuente: elaboración propia sobre encuesta realizadas a alumnos.

Más del 65% de los docentes conocen las incumbencias profesionales necesarias para el desempeño actual de profesionales arquitectos y, en contraste, menos de un 30% de los alumnos está informado al respecto. Figuras 8 y 9.

¿Ha realizado alguna investigación o leído al respecto de las incumbencias digitales que los futuros profesionales arquitectos precisan desarrollar ?
33 respuestas



¿Estás informado respecto de las incumbencias digitales que los futuros profesionales arquitectos precisan para insertarse en el mercado laboral?
60 respuestas

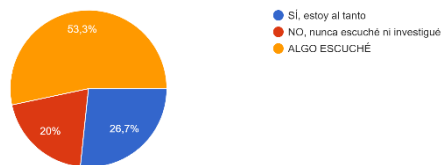
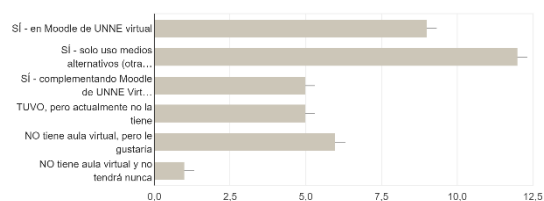


Fig. 8 y 9. Consulta sobre el conocimiento de incumbencias TIC para profesionales arquitectos. Fuente: elaboración propia sobre encuestas a docentes (izquierda) y alumnos (derecha)

Coincidencias.

En una gran mayoría, los docentes afirman utilizar aula virtual (Moodle) y medios digitales alternativos (Redes Sociales, Correo Electrónico, Dispositivos Colaborativos de Google y/o Microsoft, Mensajería Instantánea, Murales Virtuales, entros) en sus cátedras, lo cual es confirmado por la respuesta de los estudiantes, quienes a su vez se involucran en mayor medida con los medios alternativos para uso personal. Figuras 10, 11 y 12.

¿Su asignatura tiene aula virtual?
33 respuestas



Indique si su asignatura utiliza medios alternativos.

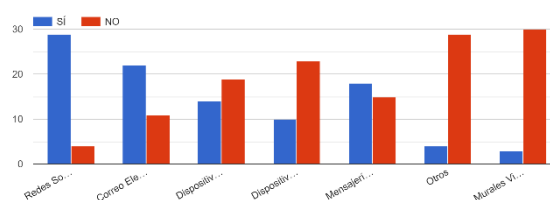


Fig. 10 y 11. Consulta a docentes sobre la aplicación de aulas virtuales y medios digitales alternativos en sus cátedras. Fuente: elaboración propia sobre encuestas a docentes (izquierda) y alumnos (derecha)

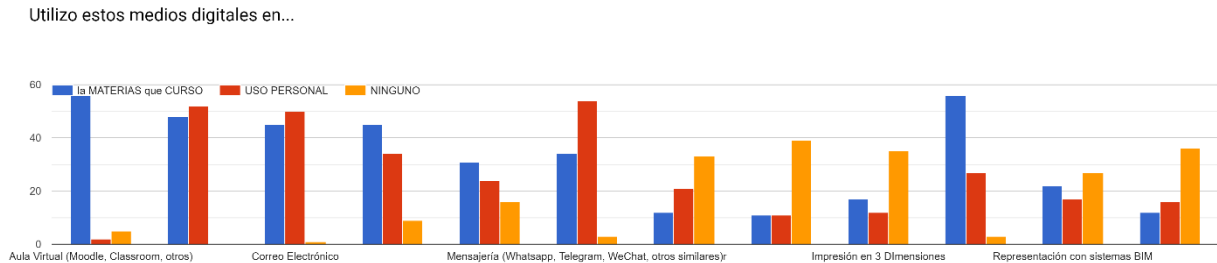
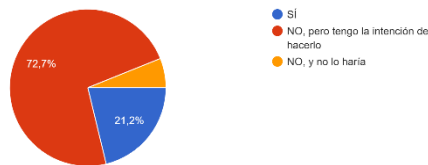


Fig. 12. Consulta a estudiantes sobre uso de TIC académico y personal. Fuente: elaboración propia en base encuesta realizada a alumnos.

La mayoría de los docentes no ha preguntado a sus estudiantes sobre los conocimientos y habilidades digitales con que cuentan y estos afirman, en su mayoría, que muy pocas veces han sido consultados por sus docentes al respecto. Figuras 13 y 14.

¿Alguna vez ha encuestado a sus alumnos para conocer sus habilidades digitales, qué herramientas utilizan, c...tras cuestiones relacionadas a las TIC?
33 respuestas



¿Acostumbran los profesores a preguntarte para qué y cuáles programas informáticos conocés y utilizas?
60 respuestas

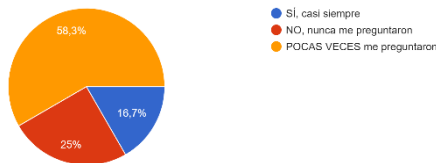
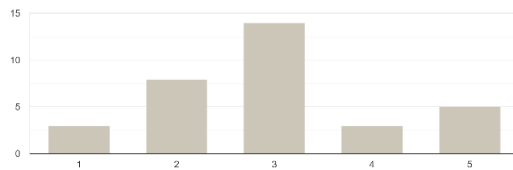


Fig. 13 y 14. Consulta sobre el interés de los docentes en los conocimientos y habilidades tecno-digitales de sus estudiantes. Fuente: elaboración propia sobre encuestas a docentes (izquierda) y alumnos (derecha)

En una escala lineal (donde 1 “equivale” a nada adecuada y 5 a “muy adecuada”), tanto docentes como alumnos consideran que las TIC han sido medianamente incluidas en los planes de estudios. Figuras 15 y 16.

De acuerdo a los perfiles profesionales esperados a mediano y largo plazo, y en el marco de un contexto profesion...studio de la carrera de Arquitectura?
33 respuestas



De acuerdo a los perfiles profesionales esperados a mediano y largo plazo, y en el marco de un contexto profesion...a en el plan de estudios que cursas?
60 respuestas

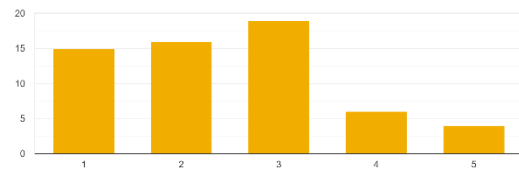
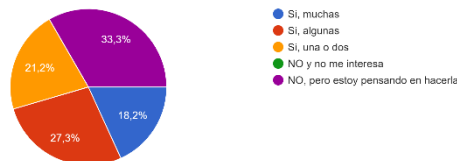


Fig. 15 y 16. Consulta sobre la adecuación de las TIC en los planes de estudios. Fuente: elaboración propia sobre encuestas a docentes (izquierda) y alumnos (derecha)

Los docentes consideran que necesitan mayor capacitación en el uso de TIC para enseñar (si no lo hicieron expresan interés en hacerlo) y los alumnos afirman que un 60% de sus docentes están medianamente capacitados para la tarea. Figuras 17, 18 y 19.

En los últimos 5 años ¿Ha realizado capacitaciones sobre educación mediada por las TIC?
33 respuestas



¿Ha realizado alguna investigación o leído al respecto de las competencias digitales que los docentes de carreras...a las actuales y futuras generaciones?
33 respuestas

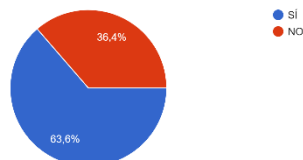


Fig. 17 y 18. Consulta a docentes sobre su formación en TIC. Fuente: elaboración propia sobre encuestas a docentes.

¿Crees que tus profesores saben lo suficiente sobre tecnologías informáticas para guiarte y utilizarlas adecuadamente?
60 respuestas

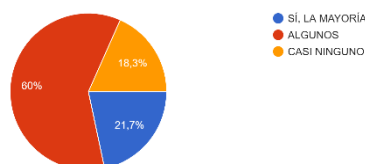


Fig. 19. Consulta a estudiantes sobre los conocimientos de sus docentes para guiarlos en el uso adecuado de las TIC. Fuente: elaboración propia sobre encuestas a docentes.

CONCLUSIONES

Entre las principales conclusiones de la presente investigación se destacan los siguientes puntos:

Se observa un crecimiento exponencial del número de aulas virtuales habilitadas y de alumnos matriculados, lo que indica mayor interés de los docentes en este campo de enseñanza.

Las encuestas reflejan mayor interés de los docentes auxiliares en la temática por sobre los cargos profesorales, lo que refuerza la hipótesis de que es un proceso que se da “de abajo hacia arriba”.

Se manifiesta una diversidad de percepciones sobre las TIC como mediadora de la enseñanza en diseño, se reconocen sus potencialidades y se incrementó el interés en la formación y actualización docente en este campo.

La base conceptual tecno-educativa subyacente carece de igualdad entre los docentes, lo que podría afectar negativamente la calidad y homogeneidad de la educación.

Se observa un paulatino proceso de desmitificación de las supuestas limitaciones de las TIC en la enseñanza de la producción arquitectónica y una menor resistencia de los profesores, especialmente de las nuevas generaciones, que comienzan a visualizar sus beneficios y fortalezas. En este proceso adquiere especial importancia la percepción de los estudiantes, que en función de su cultura digital se encuentran más familiarizados con este tipo herramientas.

Consideramos que los docentes de la FAU cuentan con la motivación y el acceso a los recursos tecnológicos y pedagógicos necesarios, así como el apoyo institucional para prosperar en la tarea de concebir las tecnologías como mediadoras del proceso y la transformación digital como un elemento indispensable del diseño curricular.

BIBLIOGRAFÍA

Backhoff, Eduardo (2019). Educación y trabajo: el futuro nos alcanza. Sitio: Formación IB. Consultado en <http://formacionib.org/noticias/?Educacion-y-trabajo-el-futuro-nos-alcanza-por-Eduardo-Backhoff>

Bain, Ken (2012) ¿Qué es la buena enseñanza? Revista de Educación. Año 3, Nº 4, pp. 63- 74. Facultad de Humanidades, Universidad Nacional de Mar del Plata. Consultado en https://fh.mdp.edu.ar/revistas/index.php/r_educ/article/view/85

Bisquerra, R. (ed.) (2004). Metodología de la investigación educativa. Madrid: La Muralla.

Delgado, Lucas (2013) Incorporar TIC más allá de los modelos. Sitio oficial Educar. Consultado en <https://www.educ.ar/recursos/119624/incorporar-tic-mas-alla-de-los-modelos>

Facultad de Arquitectura y Urbanismo (2018). Plan de Estudios de la Carrera de Arquitectura.

Gardner, H. y Davis, K. (2014). La generación APP. Cómo los jóvenes gestionan su identidad, su privacidad y su imaginación en el mundo digital, 1ra. Edición, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina, Ed. Paidós.

Ministerio de Educación de la Nación Argentina (2016) Argentina 2030. Jornada Educación y Trabajo. Diagnóstico. Jefatura de Gabinete de Ministros, Presidencia de la Nación. Buenos Aires, Argentina. Consultado en https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/educacion_y_trabajo_-_diagnostico.pdf

New Media Consortium NMC (2019) Horizon Report Preview in Higher Education Edition. Ed. Educase. Estados Unidos. Consultado en <https://www.educause.edu/>

Papert, S. (2005), Mindstorms: children, computers and powerful ideas, Basic Books, New York.

Segovia, R. y Pérez, L. (2009). El taller de diseño arquitectónico virtual. Revista de Artes y Humanidades UNICA, 10(2), 100-117.

Shirky, C. (2011), Cognitive surplus creativity and generosity in a creative age, Penguin, New York.

**ESTRATEGIAS DIDACTICAS PARA MOTIVAR A LAS NUEVAS GENERACIONES
DE ESTUDIANTES EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE
DE LA CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA**

Claudia Pilar, Rosanna Morán y Daniel Vedoya

Artículo publicado en

Revista ADNea. Arquitectura y Diseño del Nordeste Argentino.

Vol 7 N° 7, octubre de 2019. Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UNNE.

Resistencia (Argentina). Págs. 79-87. ISSN 2347-064X

RESUMEN

Los cambios en las mentalidades generacionales de los estudiantes representan un desafío para los docentes que deben lograr captar su atención, como mecanismo primordial que favorezca un adecuado proceso de enseñanza aprendizaje.

El cuerpo docente de la asignatura Construcciones II “A” de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, es consciente de los cambios en los comportamientos generacionales del alumnado y por ello se activan numerosos dispositivos didácticos para favorecer el aprendizaje significativo del objeto de estudio de la materia (la construcción industrializada) con el fin de motivarlos, desarrollando sus habilidades y fortaleciendo las capacidades que aparecen con menor desarrollo.

PALABRAS CLAVES: aprendizaje significativo, innovación pedagógica, mentalidades generacionales.

OBJETIVOS

El objetivo del presente artículo es exponer las estrategias que despliega la asignatura Construcciones II “A”, para lograr captar la atención e interés de los estudiantes reconociendo los cambios generacionales que se presentan en el aula.

La mentalidad de una generación se forma a partir de los acontecimientos que le toca vivir, que forjan los modelos mentales y engendran una forma particular de entender, interpretar y valorar el mundo, por ello puede definirse como el conjunto de actitudes, valores y estilos compartidos por un grupo como resultado de una historia en común (Molinari, 2011).

En particular en el aula universitaria actual nos encontramos con alumnos que pertenecen a la generación del milenio (generación Y) que se distinguen por ser nativos digitales, más habituados o predispuestos a la multitarea, con más capacidad para el trabajo colaborativo, están conectados al mundo y abiertos al cambio y poseen más cualidades emprendedoras. Algunos rasgos comunes de los estudiantes de la generación del milenio es que son impacientes, flexibles, innovadores, eficientes, valoran la relación personal, escépticos, resilientes, espontáneos, tolerantes y amantes de la justicia (Molinari, 2011).

Actualmente el aula universitaria posee una mayoría de estudiantes pertenecientes a la generación del milenio, que, si bien pueden procesar información en formas diferentes a las generaciones previas, es importante reconocer que el cerebro humano no se ha recableado repentinamente en los últimos 20 años. Los principios del aprendizaje y la memoria aún aplican. Aun así, los estudiantes del milenio están utilizando sus cerebros en formas diferentes para procesar la información (Nevid, 2011).

Los estudiantes del milenio han sido criados en un entorno rico en medios de comunicación donde se han acostumbrado a rápidos cambios de escena. Por ello esperan que la información se presente en pedazos digeribles, no en exposiciones extensas (Nevid, 2011).

El aprendizaje efectivo comienza con una atención enfocada. Los profesores tienen pocos momentos para obtener la atención de sus estudiantes antes de que sus pensamientos comiencen a divagar. Claramente, los estudiantes no suelen codificar los puntos clave del material de la clase si no están prestando una atención sostenida.

Criados en la era de Internet, muchos estudiantes del milenio están acostumbrados a formas no lineales de pensamiento, tales como saltar de hipervínculo en hipervínculo. Como profesores, podemos estimular más la práctica de elaboración utilizando tareas que incorporen un pensamiento no lineal (Nevid, 2011).

INTRODUCCIÓN

La asignatura Construcciones II “A” de la carrera de Arquitectura de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU), Universidad Nacional del Nordeste (UNNE) tiene por objetivo el estudio de los sistemas constructivos racionalizados e industrializados. Es cuatrimestral, con una carga horaria presencial de 6 horas semanales. Adicionalmente se establecen días de tutorías presenciales y a través del aula virtual, dedicando un tiempo adicional para el seguimiento permanente de los alumnos mediante esta modalidad.

Las instancias de dictado de los contenidos teóricos se interrelacionan y estructuran alrededor de la actividad práctica, que consiste en el diseño un sistema constructivo no convencional. En el TPI (único, sumativo y con instancias grupales e individuales) los equipos de alumnos abordan el diseño de un sistema constructivo no convencional ya sea con la resolución a través de paneles prefabricados, entramados de madera o metálicos, células tridimensionales o reutilización de contenedores marítimos.

Dado que la asignatura corresponde al cuarto año de la carrera, en el ciclo de formación profesional, el énfasis está puesto en favorecer la capacidad de los alumnos para recuperar saberes previos para su aplicación de forma razonada y razonable en un diseño tecnológico constructivo con criterios de funcionalidad, durabilidad, belleza y sustentabilidad ambiental.

El enfoque general tiende a proponer numerosas estrategias de enseñanza, para captar y mantener la atención de los estudiantes.

La variedad de las actividades, la originalidad de las propuestas para evitar la rutina desafiando los procesos cognitivos y el estímulo para que cada alumno se involucre de manera responsable en la concreción no tienen recetas, y forman parte del complejo y maravilloso oficio de enseñar (Litwin, 2016, p.93-94).

DESARROLLO

Las estrategias de enseñanza que se describen a continuación, son el resultado de un proceso de autoevaluación realizado en la asignatura, que evidenció que frente a la repetición año a año del mismo problema constructivo (vivienda unifamiliar) y el uso del mismo sistema constructivo (construcción prefabricada a través de paneles), el resultado de los trabajos de los alumnos carecía de la suficiente creatividad y originalidad esperada. Los estudiantes se limitaban a recurrir a la experiencia de los alumnos de los ciclos anteriores y a consultar las producciones de éstos, para simplemente “recrear” o “adaptar”, sin que se verifique verdaderas innovaciones y aportes originales, ni desde el punto de vista técnico ni desde el formal – espacial (Alías, Pilar, Vedoya, 2011).

Por ello, para motivar a alumnos y a los mismos docentes, se plantearon una serie de estrategias tendientes a actualizar los contenidos y metodologías de abordaje, activando distintos dispositivos pedagógicos para favorecer un aprendizaje significativo (Ausubel, 2002).

Articulación en torno a un Trabajo Práctico Integrador de diseño

Entendemos como estrategias de integración en la enseñanza aquellas propuestas de actividades dirigidas a la conformación de un todo o una estructura y a la relación de sentido entre temas, conceptos o campos (Litwin, 2016).

El desarrollo de la asignatura se articula en un Trabajo Práctico Integrador (TPI) que favorece especialmente el aprendizaje de los contenidos procedimentales. Su planteo, al inicio del cursado, sitúa al alumno en una condición de carencia, en la cual reconoce sus propias limitaciones y hace que el desarrollo de los temas teóricos sea internalizado y acomodados de una forma más eficaz. En algunos puntos del desarrollo de la asignatura “la práctica antecede a la teoría”, con el objetivo de favorecer el aprendizaje significativo.

La motivación del trabajo se da atendiendo los intereses del estudiante en la elaboración de propuestas destinadas a resolver problemas reales con la posibilidad de investigar sobre temas del entorno social en el que se desenvuelve y desarrollar habilidades requeridas en su futuro profesional próximo.

Lo interesante de la mencionada propuesta es que resulta motivadora dentro del proceso de enseñanza aprendizaje sosteniéndose durante todo el ciclo lectivo, manteniendo al alumno activo y predispuesto a la incorporación de nuevos conocimientos.

Desde un punto de vista teórico el trabajo de diseño se enmarca en el “Método de Desarrollo de Proyectos”, que permite establecer un vínculo distinto entre docentes y estudiantes, centrados en la resolución de un problema práctico con posibles impactos en la sociedad, al mismo tiempo que se favorecen acciones colaborativas entre los distintos grupos de trabajo.

En este contexto el docente asume el rol de “animador” o “facilitador” del proceso de aprendizaje entendiendo que el estudiante está próximo a ser profesional y uno de los propósitos de la asignatura es colaborar en el proceso de integración de conocimientos adquiridos en el desarrollo de la carrera, tanto de tipo conceptuales como procedimentales y actitudinales.

El Método de Desarrollo de Proyectos es una herramienta enriquecedora que les permite a los estudiantes involucrarse en sus propios aprendizajes de forma distinta, convirtiéndolos en verdaderos protagonistas del proceso, activando el aprendizaje de habilidades y contenidos por medio de una enseñanza socializada.

Cuando se utiliza el método de proyectos como estrategia, los estudiantes estimulan sus habilidades más fuertes y desarrollan algunas nuevas. Se motiva en ellos el interés por el aprendizaje, un sentimiento de responsabilidad y esfuerzo y un entendimiento del rol tan importante que tienen en sus comunidades.

El TPI consta de distintas instancias de carácter grupal e individual, con entregas intermedias de presentaciones parciales obligatorias, no eliminatorias, que permiten la tutorización del proceso de forma permanente. Para el desarrollo del TPI se proponen distintos sistemas constructivos dentro de las alternativas que brinda la construcción industrializada y se promueve el uso de diferentes materiales, dando por resultado una rica variedad de soluciones posibles, lo que resulta también un mecanismo de motivación para los alumnos.

Variedad de temas abordados

Otras de los dispositivos puestos en práctica es la variación anual de las temáticas abordadas con el objeto de incentivar a los alumnos a realizar investigaciones con carácter de anticipación a la problemática profesional sobre temáticas de actualidad o interés especial por diversas situaciones.

En la Tabla 1 se realiza una síntesis de las temáticas abordada en los últimos ciclos lectivos con una breve descripción de los programas arquitectónicos desarrollados.

En la selección de temáticas se intenta despertar el interés de los alumnos, con temas de actualidad y de posible aplicación en el contexto de desarrollo profesional. Asimismo, es un pretexto para evitar la repetición de los diseños de años anteriores y de esta manera favorecer la creatividad.

El objetivo es captar la característica emprendedora de esta generación, con temas de actualidad que pueden ser vistos como posibles de aplicación en su futuro profesional próximo.

Tabla 1. Temas abordados en cada ciclo lectivo para el desarrollo del TPI de Construcciones II – A.

Ciclo lectivo	Temática	
2010	Catástrofe	Comedor, centro de salud, vivienda transitoria, centro educativo, centro comunitario.
2011	Turismo	Cabañas, módulos de información turística, posadas.
2012	Barrio Cerrado	Viviendas de 2 dormitorios en Planta baja, de 3 dormitorios en Planta Baja y de 3 dormitorios en Planta Alta.
2013	Complejo Turístico	Área Administrativa, Área Recreativa, Cabaña de 2 Dormitorios y 3 Dormitorios.
2014	Equipamiento y mobiliario urbano	Equipamientos urbanos mayores: módulo municipal, información turística, baños públicos, kiosco, puntos limpios.
		Equipamientos urbanos menores: revistería, florería, venta de artesanías, parada de colectivos, garita de seguridad.
2015	Emergencia	Comedor, Hospital móvil, Vivienda de emergencia, Centro de educación, Centro comunitario y de contención psicológica.
2016	Vivienda PRO.CRE.AR	Viviendas de 2 dormitorios en Planta baja, de 3 dormitorios en Planta Baja y de 3 dormitorios en Planta Alta.
2017	Vivienda Sustentable	Viviendas de 2 dormitorios en Planta baja, de 3 dormitorios en Planta Baja y de 3 dormitorios en Planta Alta.
2018	Eco Turismo	Centro de interpretación, centro de informes, puesto de guardaparques, refugio del turista, cabaña, posada, parador gastronómico, baños públicos.

Investigación de mercado

La “investigación de mercado” enfrenta a los estudiantes a la realidad de la construcción regional, dado que deben analizar distintos aspectos del sistema a diseñar. Se propone como mínimo que los grupos investiguen:

Antecedentes del Sistema Constructivo (entramados, paneles y/o células). Se promueve el análisis de casos del contexto local, regional, nacional e internacional a modo de primera aproximación a la problemática.

El material principal (hormigón, madera, metal y/o reutilización de contenedores marítimos): precios, disponibilidad en el mercado regional, presentaciones comerciales, dimensiones, propiedades mecánicas, higrotérmicas y otros aspectos de interés.

Otros materiales complementarios como ser cubiertas, cerramientos de vanos, aislamientos, revestimientos, entre otros. También en este caso se prioriza la información local promoviendo la visita a los comercios y empresas de la región.

Durante la actividad los estudiantes buscan información en la web, comercios, corralones de materiales de construcción; entrevistan a comerciantes y profesionales; recopilan datos que luego sintetizan, organizan y vierten en un informe, el que servirá de insumo para la elaboración del TPI, se verifica como espacio enriquecedor del trabajo el hecho de la labor grupal y colaborativa, además del intercambio de la información con los demás grupos.

Esta etapa si bien se presenta al inicio, la investigación se sigue enriqueciendo de forma paralela a todo el TPI, con nueva información surgida de las propias necesidades para su elaboración.

En algunos puntos del desarrollo de la asignatura “la práctica antecede a la teoría”, con el objetivo de favorecer el aprendizaje significativo sobre todos de los contenidos procedimentales.

Estrategias de marketing, comunicación y síntesis

Esta etapa del TPI intenta alertar a los alumnos sobre la necesidad de desarrollar competencias para la comunicación en distintos ámbitos: académicos, profesionales, comerciales, políticos y el público en general.

Para ello se proponen al menos tres instancias:

Panel síntesis donde se resalten los principales aspectos del sistema constructivo diseñado, incluyendo las distintas variantes de planta. Incluye una breve memoria descriptiva que justifica las principales decisiones de proyecto adoptadas, exponiendo las ventajas del sistema constructivo diseñado (ver figura 1).

Folletos de difusión y comunicación de los aspectos principales de la idea, utilizando estrategias de marketing.

Ficha síntesis del sistema constructivo, que tiene por objetivo la conformación de un dossier anual que resuma todos los trabajos elaborados por los alumnos en el ciclo lectivo y que sirva como material de consulta de los ciclos subsiguientes. Por ello el lenguaje es sintético pero técnico y preciso.

Estas estrategias de uso habitual en el ámbito empresarial, representan un desafío tanto para alumnos como para docentes ya que requieren destrezas no desarrolladas en el ámbito de la carrera y significa la irrupción en un área de otras disciplinas.

Desde el inicio de las actividades académicas, los estudiantes conocen las pautas precisas para el desarrollo del TPI y los resultados que se pretenden, por lo que se intenta que todo el proceso de diseño esté orientado a una presentación final donde el proyecto logrado responda a las demandas del mercado consumidor, dado que el tipo de construcción que se aborda aun presenta dificultades para incorporarse a pleno en el mercado regional.



Fig. 1. Diversas imágenes de trabajos de los alumnos de Construcciones II – A de distintos ciclos lectivos, en los que puede observarse la calidad de las producciones realizadas.

Con la propuesta de estrategias de comunicación y marketing en el desarrollo del TPI se pudo comprobar el interés manifestado de los alumnos en dicha actividad además de plantearse el fenómeno de competencia entre grupos por ver quién logra un mejor resultado, dándose casos, que como iniciativa propia algunos grupos presentaron videos, pues no se les solicita en el TPI.

Uso de maquetas

La maqueta siempre formó parte del conjunto de medios de representación de que se valieron los diseñadores de todos los tiempos, para mostrar los proyectos, pero en la generalidad de los casos estaba ausente en las fases de concepción del proyecto, en las que los geometrales y las perspectivas constituían las herramientas que signaban a los productos surgidos de los tableros (Bertozzi, 2002).

En el transcurso del ciclo lectivo se realizan varias maquetas en diferentes etapas y escalas dispares que son decisivas en el proceso de avance del proyecto, permitiendo al estudiante tener una visión tridimensional y así comprobar los errores y realizar los ajustes necesarios. Además, de definir la forma les permite probar materiales, colores, textura, iluminación, recorridos, etc. y con la posibilidad de desarmarla para ver sus partes y definir detalles técnicos específicos.

El trabajo se realiza de forma grupal y colaborativa (captando un rasgo de la nueva generación de estudiantes), lo que contribuye a la socialización de ideas y trabajo cooperativo como antesala de la práctica profesional que el alumno necesita realizar antes de recibirse.

Clases especiales

La complejidad que presenta la materia, requiere que el alumno deba valerse de conocimientos adquiridos en asignaturas cursadas anteriormente para poder afrontar los nuevos aprendizajes. Estos saberes constituyen un escalón fundamental para la

asimilación de los nuevos contenidos, y en consecuencia para la formación profesional. Por tal motivo se incorporaron al dictado de la asignatura “clases especiales” con profesores invitados para desarrollar temas específicos.

En un intento por cubrir todas las fases de la materialización de la obra, y sobre todo aquellos temas más complejos, se dictaron las siguientes “clases especiales”:

- Fundaciones y suelos para construcciones no convencionales.
- Acción del viento sobre los edificios industrializados.
- Producción por medio de moldes.
- Experiencias de exalumnos en el diseño y montaje de una obra.
- Acercamiento a la cultura del emprendedurismo.
- Aproximación a las energías alternativas y construcción sostenible.
- Asesoramiento CEDIA (Centro de Desarrollo de Informática Aplicada de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UNNE)

El desarrollo de estos temas permitió además incorporar al aula un contacto con la realidad donde los exalumnos mostraron su participación en concursos con la obtención de premios como resultado. Lo que nos lleva a reflexionar que los temas seleccionados fueron acertados. En la figura 2 se muestra algunas imágenes de las clases dictadas por ex alumnos de la asignatura.



Fig. 2. Imágenes soporte de Clases especiales dictadas en la asignatura.

El aprendizaje requiere disponibilidad de tiempo y espacios suficientes para estimular el pensamiento y la reflexión, que lleven a la incorporación de nuevos conocimientos.

La experiencia fue altamente positiva, ya que se logró un tratamiento más profundo de los temas al encarar el TPI.

Aula Virtual

Desde el año 2015 la asignatura cuenta con un aula virtual como apoyo a la actividad presencial. Esta herramienta permite la democratización de la información, la posibilidad de realizar anuncios rápidos y confiables a los alumnos y facilitar la interacción docente – alumno por fuera del día de clase.

Consideramos que el aula virtual posee un potencial que aún no ha sido explotado en su totalidad por la cátedra, se plantea como objetivos de mejora la implementación de foros de interacción, presentación de trabajos, evaluaciones parciales y otras herramientas. Resulta deseable que sea un espacio de mayor intercambio y bidireccionalidad del proceso. En este sentido es necesario destacar el permanente compromiso de los integrantes del cuerpo docente en relación a su formación continua en las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (NTICs) y las posibilidades de implementación de MOOC (siglas en inglés que corresponden a “curso en línea masivo y abierto”).

Si bien los alumnos son considerados nativos digitales se encuentran dificultades en algunos temas que se consideró necesario replantear para mejorar el desarrollo del TPI, como ser impartir ayuda sobre la resolución de imágenes y formatos de archivos digitales más convenientes para la subida o incorporación de trabajos prácticos al aula virtual, para reducir la cantidad de megas sin perder la definición para lo cual se solicitó ayuda al CEDIA (Centro de Desarrollo de Informática Aplicada).

Además, se incorporó el uso del WhatsApp (a través de grupos conformados por comisión moderados por los propios docentes, con reglas explícitas sobre su uso), por la asiduidad, inmediatez y generalidad del mismo, para lograr una comunicación inmediata.

Estrategias para favorecer la metacognición

La metacognición es el conocimiento que uno tiene sobre los propios procesos y productos cognitivos (Flavell, 1979), y se identifican en el dictado de la Asignatura Construcciones II - A las siguientes instancias:

Portfolio: que en el ámbito de la asignatura corresponde al TPI.

Memoria: que se implementa en la materia a través de una Carta del alumno dirigida a estudiantes del ciclo lectivo posterior.

El TPI posee los rasgos del “portfolio” dado recoge un proceso casi de carácter aluvial, en el cual el equipo de alumnos en instancias grupales e individuales, documentan el proceso de diseño que parte de aspectos generales del dimensionamiento de la propuesta, se adentra luego en cuestiones tecnológicas más detalladas y luego sintetiza las distintas alternativas en paneles que permiten verificar el resultado del proceso.

Las entregas son “acumulativas”, “sumativas” y de “retroalimentación”. En cada una de ellas el equipo de alumnos debe presentar “lo nuevo” acompañado de “lo anterior” y pueden evidenciar su avance en el proceso.

La metodología de corrección utilizada por la asignatura, de carácter intergrupal, abierto y público, permite la participación de los estudiantes que pueden disipar dudas propias o comunes de forma más interactiva. El aporte de experiencias propias y la confrontación con las ajenas posibilita reflexiones grupales e individuales facilitando instancias metacognitivas.

Una estrategia de reciente implementación (iniciada en el ciclo 2014) es solicitar a los alumnos al final del cursado de la asignatura la redacción de una “carta” para ser entregada en el ciclo lectivo siguiente a los alumnos que inician el cursado de la materia. En dicha carta el alumno debe “reflexionar” sobre su trayecto en la asignatura, sus vivencias, sus dificultades, entre otros aspectos.

De esta manera los alumnos se “transforman” en facilitadores del proceso de aprendizaje de los estudiantes de los años siguientes, alertando de las dificultades desde su perspectiva personal. Este “dispositivo” de reflexión se implementó de forma exploratoria con resultados variados, dado que para el alumno resulta una herramienta novedosa que despierta ciertas suspicacias sobre su finalidad y alcances, mientras que otros no valoran la posibilidad de disponer un tiempo de reflexión sobre su propia práctica.

Como toda innovación significa la ruptura de prácticas y rituales instituidos en el aula, por lo que desactivar temores requiere de un período de tiempo de adaptación y la confianza del fin de la actividad como mecanismo de activación de procesos cognitivos más complejos y reflexivos, que sitúen al alumno en un rol de liderazgo dentro de su propio proceso formativo.

Estrategias de evaluación

Construcciones II “A” es la última asignatura de la serie tecnológico-constructiva con que cuenta la carrera de arquitectura, por lo cual se trata de implementar una actividad integradora en la que se ponen en juego todos los conocimientos alcanzados en las experiencias curriculares recorrida.

El trabajo es prácticamente de tipo autónomo basado en la idea de coaching o entrenamiento, permitiendo un rol más activo por parte del estudiante, encarando desafíos y resolviendo problemas dentro de un grupo donde deberá desprenderse de ideas adquiridas previamente y respetar la de los otros, logrando un consenso como equipo.

En el transcurrir de la asignatura el alumno parte de una situación de “novato” (en la que la autonomía, la automatización y la eficacia y eficiencia de su desempeño es aún muy limitado) a una situación que se acerca a la del “experto”, intentando incluir contextos de incertidumbre propios de la realidad.

Las actividades planteadas por la asignatura exigen una alta dedicación del estudiante, quien debe poner a prueba el conjunto de destrezas que fue adquiriendo en el transcurso de la carrera, para poder resolver la problemática propuesta. Rescatando las habilidades de diseño y la creatividad, fundamentales en el proceso. Compatibilizar resoluciones tecnológico-constructivas novedosas y creativas resulta realmente complejo a la hora de la toma de decisiones en el proceso proyectual.

Algunos grupos de trabajo, de forma voluntaria, realizan videos sobre los procesos de producción (fabricación) y montaje propuestos. Este medio de comunicación resulta especialmente eficaz para los alumnos de años posteriores, que se entusiasman con la posibilidad de integrar diseño tecnológico, creatividad y animación digital.

Además, se puede inferir que las actividades propuestas resultan atractivas para los estudiantes, dado que un alto número de ellos proponen temáticas relacionadas al momento de realizar su Trabajo Final de Carrera (en sexto año) con el objeto de profundizar sus conocimientos y realizar una experiencia real, potencialmente transferible al medio social, político y económico de la región.

La asignatura ofrece la posibilidad de una promoción directa, sin examen final, mediante la aprobación con más de 8 puntos de las dos pruebas parciales (con posibilidad de un recuperatorio) más la aprobación del TPI (para la totalidad de los cursantes), aquellos alumnos que no alcancen dicha promoción, pasan al sistema de regularidad y debe aprobar un examen final de carácter sumativo.

“La necesidad de saber”, de tener información acerca de los aprendizajes de los alumnos, es la que nos lleva a plantear diversos momentos y diversos instrumentos (Carrizo, 2009). Es así que se plantean evaluaciones: de diagnóstico, de seguimiento y de acreditación parcial o final.

Los objetivos pedagógicos aplicados en cada una de las evaluaciones permiten lograr un concepto general del alumno y del grupo de alumnos. De esta manera la evaluación diagnóstica realizada al inicio del curso, nos brinda un primer indicador de los conocimientos previos del grupo y de cada uno de los alumnos. Las evaluaciones formativas o de seguimiento nos permiten evaluar el avance del proceso y la sumativa, el resultado (de acreditación parcial o final) referida a los exámenes parciales o finales que pretenden cerrar etapas en el aprendizaje. Esta evaluación será mucho más útil si el alumno puede aprovecharla como otra instancia para aprender y no como un obstáculo a sortear para aprobar (Carrizo, 2009).

En la actualidad se valora el aprendizaje del alumno en el proceso y en el producto. La incidencia de estos dos aspectos en la enseñanza reglada queda claramente reflejada por las diversas normas que existen alrededor de este tema; por las incidencias en la planificación del trabajo del profesorado, en la actividad en el aula y en la actividad reflexiva posterior. La evaluación sumativa y formativa está presente en toda planificación escolar, en toda programación, en la misma aula (Bordas, Cabrera, 2001).

Los docentes formadores tenemos una gran responsabilidad al momento de plantear la evaluación (Carrizo, 2009). Reflexionando sobre lo siguiente: Los profesionales que reciban su título deberán ser capaces de desempeñarse en sus actividades con los conocimientos, habilidades y destrezas que nosotros hayamos enseñado.

Construcciones II “A” posee tres facetas bien diferenciadas para la evaluación del alumno, las cuales se hallan a su vez interrelacionadas entre sí, siendo un tránsito obligado para el alumno que desea certificar su trayecto de formación en los aspectos específicos propios de la materia, con registros de su desempeño en fichas de producción individual.

El propósito pedagógico aplicado en cada una de las evaluaciones permite lograr un concepto general del alumno y del grupo de alumnos. De esta manera la evaluación diagnóstica nos brinda un primer indicador de los conocimientos previos del grupo y de cada uno de los alumnos. Las evaluaciones formativas nos permiten evaluar el avance del proceso y las sumativas, el resultado. También somos conscientes que el aprendizaje de esta asignatura no culmina el día de la evaluación final del alumno, sino que dada la diversidad de experiencias profesionales o los mecanismos personales de aprendizaje muchos conocimientos serán reforzados a partir de su aplicación, e integrados a sus herramientas cognitivas quizá de manera no previstas por la asignatura, dado que la misma posee un gran bagaje de conceptos que pueden ser transferidos a nuevas situaciones ya sean estas de carácter tecnológico, de diseño, funcional, estético, etc.

Propuestas a futuro

Se considera que la única manera de adaptarse a los entornos cambiantes en el aula universitaria es mediante un proceso de variación consciente de estrategias, con adecuados mecanismos de monitoreo y retroalimentación. Para ello el cuerpo docente debe estar predispuesto a incorporar cambios tendientes a mejorar o adecuar las metodologías a los contextos áulicos e institucionales cambiantes.

Existen numerosas ideas que se encuentran en desarrollo para ser aplicadas para favorecer el aprendizaje efectivo de los estudiantes del milenio. Algunas de ellas son:

- sistemas de respuesta de estudiantes a través de distintas aplicaciones informáticas
- publicación de archivos de audio en el aula virtual
- publicación de videos realizados por la cátedra en el aula virtual
- creación de wiki a través del aula virtual
- aplicación de pre y post test de conocimientos en clase

Éstas y otras ideas son los desafíos de implementación que nos proponemos desarrollar a futuro en la asignatura con el convencimiento de que es necesario reconocer los cambios en los conocimientos previos de los estudiantes, para poder potenciar sus habilidades y subsanar las posibles falencias de su formación en instancias previas.

CONCLUSIONES

Los cambios vertiginosos de la sociedad actual exigen que la universidad sea capaz de adaptarse de forma rápida, sin perder su rol de liderazgo para la formación de profesionales comprometidos con su entorno. Resulta fundamental una visión prospectiva de los posibles escenarios profesionales que se avecinan, para favorecer la pertinencia y excelencia en la formación de los arquitectos del futuro.

Uno de los múltiples cambios que se presentan en el aula universitaria es que los alumnos poseen una mentalidad generacional distinta de la de los profesores. Pertenecen a la generación del milenio y son nativos digitales, que se encuentran más habituados o predispuestos a la multitarea, están conectados al mundo y abiertos al cambio y poseen más cualidades emprendedoras. Todas esas características son un desafío en el ámbito universitario, dado que en general los docentes no pertenecemos

a esa generación. Esta dificultad no debe transformarse en un obstáculo sino por el contrario ser la oportunidad de cambio y de adaptación y mejora.

Además, actualmente se está dando un recambio generacional que nos enfrenta a nuevos desafíos, frente a los que la innovación pedagógica responsable se avizora como la única alternativa.

Desde la asignatura Construcciones II “A” hemos comprendido este nuevo escenario, implementando estrategias didácticas que permitan canalizar las habilidades de los estudiantes y desarrollar aquellas que se presentan como deficitarias y que les serán útiles y necesarias para su desempeño profesional.

En este sentido el uso de Métodos de Desarrollo de Proyectos incentiva a los estudiantes a continuar con la investigación y profundización de temas de carácter interdisciplinario vinculados al mundo real, trascendiendo el aula de clases. Asimismo, se promueve un proceso que fortalece los vínculos entre los estudiantes, ya sean de la misma promoción o de ciclos posteriores, dado que los trabajos de los alumnos se compilan para ser utilizados como material de consulta, paliando cierta carencia de bibliografía actualizada, de difícil o costoso acceso.

Las múltiples estrategias aplicadas tienden a mantener el interés constante en la clase y en el desarrollo del Trabajo Práctico Integrador, que insume un tiempo adicional importante.

Se considera adecuada esa variación permanente y planificada de estrategias de abordaje para evitar la rutina y la ritualización académica, dado que resulta necesario mantener la atención de los alumnos, para poder desarrollar las demás fases del aprendizaje.

Las estrategias aplicadas no son rígidas e inamovibles, sino que por el contrario están en permanente monitoreo y retroalimentación con el objetivo de la mejora continua, para la enseñanza de la construcción industrializada, pero sobre todo para la formación de profesionales comprometidos con la construcción de una sociedad más justa y equitativa.

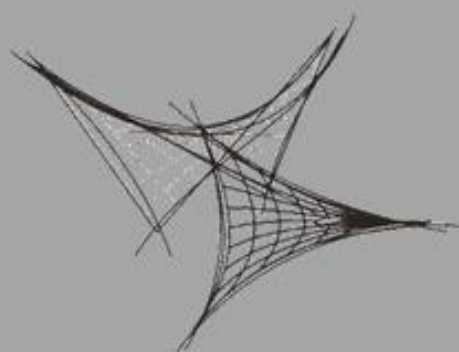
CITAS Y REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alias, H.; Pilar, C. y Vedoya, D. (2011) *Articulación teoría – práctica en la enseñanza de la construcción no convencional. La experiencia de la cátedra “Construcciones II” de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UNNE*. Cuartas Jornadas Comunicación de Experiencias Pedagógicas Innovadoras. Programa de Formación Docente Continua. Secretaría General Académicas. UNNE. 17 y 18 de noviembre de 2011. Actas publicadas en formato digital. ISBN 978-950-656-139-0.

Ausubel, D. (2002) *Adquisición y retención del conocimiento. Una perspectiva cognitiva*. Ed. Paidós Ibérica. Barcelona, España.

Bertozzi, S. (2002) *La maqueta como herramienta de diseño*. Taller de Análisis Proyectual. Facultad de Arquitectura. Universidad Nacional de Rosario.

- Bordas, M. y Cabrera, F. (2001) *Estrategias de evaluación de los aprendizajes centrados en el proceso*. Departamento de didáctica y organización educativa. Departamento de Métodos de investigación y diagnóstico en educación. Universidad de Barcelona, Revista Española de Pedagogía. Año LIX, enero-abril, N° 218. Pp. 25 a 48.
- Carrizo, W. (2009) *La responsabilidad del docente frente a la evaluación*. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Facultad de Ciencias Económicas. Comodoro Rivadavia, Chubut, Argentina.
- Flavell, J. (1979) *Metacognition and Cognitive Monitoring. A New Area of cognitive. Developmental Inquiry*. American Psychologist.
- Litwin, E. (2016) *El oficio de enseñar. Condiciones y contextos*. Editorial Paidós. Buenos Aires. Argentina. ISBN: 978-950-12-9355-5.
- Molinari, P. (2011) *Turbulencia generacional*. Buenos Aires. Temas Grupo Editorial.
- (2017) *Desencajados. Herramientas para el nuevo mundo del trabajo*. Buenos Aires. Temas Grupo Editorial.
- Morán, R.; Pilar, C. y Vedoya, D. (2018) *Estrategias didácticas para la enseñanza de la construcción industrializada*. VI Jornadas Nacionales y II Latinoamericanas de Ingreso y Permanencia en Carreras Científico-Tecnológicas, el trabajo titulado. Olavarría, Buenos Aires, 18 de mayo de 2018.
- Nevid, J. (2011) *Enseñando a los estudiantes del milenio*. Observer. Volume 24, Issue 5 May/June, 2011. Disponible en: <https://www.psychologicalscience.org/observer/teaching-the-millennials?es=true>



Ediciones del ITDAHu

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

ISBN 978-987-29907-8-7

