

Universidad de Puerto Rico
Recinto de Río Piedras
Programa de Estudios de Honor
Tesina de Honor

**El diseño biofílico, la biomimesis y otros conceptos sustentables para la
Arquitectura tropical**



Jomarly Cruz Galarza

Estudiante subgraduada - Escuela de Arquitectura

diciembre 2019

Dra. María M. Campo Urrutia, Catedrática - Directora de Tesina

Arq. Juan Penabad Sánchez, Catedrático - Lector

Arq. Norma Iliá Fúster Félix, Lectora

Dra. Gladys Capella, Directora de Estudios

Dra. Eunice Pérez Medina, Directora Programa de Estudios de Honor



Con todo mi cariño dedico esta investigación a mi familia, en especial a mis padres, pues son mis guías y ejemplo a seguir. Gracias por su apoyo incondicional en todo momento.

Agradecimientos

Primero que todo, agradezco a Dios por la bendición de vivir cada día y por darme la oportunidad de seleccionar una carrera que aprecio y valoro mucho. Agradezco a mi comité de Tesina: Dra. María M. Campo Urrutia, Arq. Juan Penabad Sánchez, Arq. Norma Iliá Fúster Félix, Dra. Eunice Pérez y Dra. Gladys Capella. A todos los profesores y otros colaboradores de la Universidad de Puerto Rico, la Escuela de Arquitectura y del Programa de Estudios de Honor, que de alguna manera u otra han sido pieza clave en mi desarrollo académico y profesional. También agradezco al Arq. Fernando Abruña, Arq. Carlos Betancourt y Arq. Andrés Mignucci, por su disposición y disponibilidad al momento de recopilar datos relacionados a esta investigación. Al personal de la Biblioteca Santiago Iglesias, hijo, de la Escuela de Arquitectura UPR-RP, especialmente a la Sra. Janet Babilonia, por su apoyo y asistencia. Por último, agradezco a toda mi familia, sobretodo a mis padres y hermano, por siempre estar presente en cada paso que doy. Nada de esto hubiese sido posible si no hubiera contado con la ayuda de todos los antes mencionados. ¡Gracias!

TABLA DE CONTENIDO

Dedicatoria	I
Agradecimientos	II
Tabla de Contenido	III
Introducción	1
Justificación	5
Capítulo I: Arquitectura, naturaleza y otros conceptos teóricos	6
1. Arquitectura clásica, lo vernáculo y lo bioclimático	7
2. Arquitectura tropical y naturaleza	11
3. Biomímesis	17
4. Origen del diseño biofílico	21
5. El diseño biofílico en la ciudad	30
6. Diseño biofílico y salud	34
7. Trastorno por Déficit de Naturaleza	38
Capítulo II: Análisis de Casos	41
Capítulo III: Hallazgos y conclusiones	93
Bibliografía	101
Apéndice	108

Palabras clave: *biofilia, diseño biofílico, biomimesis, sustentabilidad, arquitectura vernácula, arquitectura bioclimática, “Cradle to Cradle”, Trastorno por Déficit de Naturaleza (TDN), arquitectura tropical*

Introducción

“El pasado se respeta, el presente se vive en reflexión y el futuro es una proyección de nuestras esperanzas.”¹

-Henry Klumb

Dentro de las tendencias ecologistas en la ciencia ha surgido un nuevo término llamado **biofilia**. Aunque este fue acuñado por el psicólogo Erich Fromm a mediados de la década 60 del siglo pasado, este fue desarrollado a profundidad en la actualidad por el biólogo Edward Osborne Wilson. En sus libros *Biophilia* (1984)² y su posterior *The Biophilia Hypothesis* (1993)³, Wilson la definió como la necesidad innata del ser humano de estar en contacto con la naturaleza. Claro está, podría parecer muy simplista esta definición, sobre todo, cuando contrastamos este concepto, con otros que también han trascendido las áreas de conocimiento científico para ser aplicadas a la arquitectura en su relación con la naturaleza como: **biomimesis, arquitectura bioclimática, arquitectura vernácula** o el llamado “**Cradle to Cradle**”. ¿Cómo todos estos términos se vinculan entre sí o diferencian? ¿Podríamos verlos incluso dentro de

¹ Enrique Vivoni Farange, *Klumb: Una arquitectura de impronta social* (San Juan, La Editorial Universidad de Puerto Rico, 2006), 4.

² E.O. Wilson, *Biophilia* (Massachusetts: Harvard University Press, 1984), 1.

³ E.O. Wilson y Stephen Kellert, ed. *The Biophilia Hypothesis* (Washington, D.C.: Island Press, 1993).

un concepto mayor llamado **sustentabilidad**? ¿Cuál es la aportación nueva que hace la **biofilia** dentro de la arquitectura? Además, viniendo de autores que se relacionan más con el clima templado, ¿podiera ser esta también aplicada a la arquitectura tropical?

A través de la historia, la arquitectura siempre ha estado atada a la naturaleza (Figura 1). Si revisamos textos como *Essai sur l'architecture* (1755), escrito por el abad Marc Antoine Laugier, encontramos la idea de la casa primitiva descrita como la relación del ser humano con el entorno natural, lo cual sirvió para el surgimiento de la arquitectura.⁴ Por otra parte, si nos movemos en el tiempo en pleno siglo XX, el arquitecto Bernard Rudofsky en su libro *Architecture without Architects* (1964), destacaba cómo las personas sin ningún entrenamiento o educación en la arquitectura eran capaces de hacerla tomando en cuenta el clima, los materiales que podían conseguir en el área y las condiciones en que vivían.⁵ A este acercamiento se le conoció como **arquitectura vernácula** y muy relacionado a este concepto, a fines de los años setenta del siglo XX surgía otro término: **arquitectura bioclimática**. En el libro *Clima, Lugar y Arquitectura: Manual de Diseño Bioclimático* (1989), el arquitecto Rafael Serra menciona que la palabra **bioclimática** recogía la respuesta del hombre como usuario de la arquitectura, frente al ambiente exterior, el clima, afectando ambos al mismo tiempo, la forma arquitectónica.⁶

⁴ Marc Antoine Laugier, *Essai sur l'architecture* (1755).

⁵ Bernard Rudofsky, *Architecture without Architects* (New York: Museum of Modern Art, 1964).

⁶ Rafael Serra, *Clima, Lugar y Arquitectura: Manual de Diseño Bioclimático* (Madrid: Centro De Investigaciones Energéticas, 1989).

De manera muy similar, cuando hablamos del **diseño biofílico**, nos referimos a una corriente de la arquitectura que busca reconectar al ser humano con la naturaleza a través de elementos y patrones tales como: diversidad en materiales, texturas, vistas a paisajes, luz natural, vegetación, y otras experiencias del mundo natural en el entorno construido moderno. ¿Cómo se enlaza o separa entonces este concepto con otros anteriores así como las vanguardias que en la actualidad toman a la naturaleza como fuente principal de inspiración como lo es la **biomimesis**?

¿Cómo contrarrestar la *crisis de naturaleza* que vemos en la actualidad, producto de la tecnología que tanto ha acaparado el interés de la gran mayoría de las personas? Richard Louv, el autor del libro *Last child in the woods* (2005), menciona que los niños están sufriendo de un **Trastorno por Déficit de Naturaleza (TDN)**, lo que por ende trae muchos efectos negativos en el desarrollo motor, psicosocial y cognitivo de la niñez y a largo plazo en la vida.⁷ Esta realidad nos enfrenta a pensar que el **diseño biofílico** y su vínculo a estas otras tendencias y conceptos que investigaremos y que apuntan todas a lo *sustentable* en la arquitectura, puedan traer una nueva alternativa y aplicabilidad dentro del clima tropical. Como vemos, en nuestro Puerto Rico, la deforestación, las construcciones inapropiadas en las zonas marítimo terrestres y en zonas inundables, el uso excesivo de acondicionadores de aire y la falta de espacios públicos, ha hecho que cada vez nos desvinculemos más de la naturaleza. Esto incluso ha traído condiciones de salud diversas que se estudian como consecuencia. Por consiguiente, esperamos que nuestra investigación, desde lo que significa la arquitectura en el **trópico** y las posibilidades que proveen estos conceptos que

⁷ Richard Louv, *Last child in the woods* (North Carolina: Algonquin Books of Chapel Hill, 2005).

desarrollaremos con más profundidad en nuestra tesina, sea un aporte dentro de un contexto de crisis de cambios climáticos y consecuencias para el ser humano. En el próximo capítulo examinaremos el **diseño biofílico** y los otros conceptos antes mencionados a través de una serie de obras arquitectónicas que contribuirán al mejor entendimiento de las posibles relaciones, correspondencias y variantes de los mismos. Se considerarán proyectos dedicados a la niñez, tales como guarderías y centros de infancia, ya que es la edad temprana la base educativa con mayor relevancia en el desarrollo social y cognitivo de las personas. Vislumbramos que al conocer y discernir a cabalidad cómo se aplican los conceptos en proyectos de este tipo de nivel de sensibilidad, las demás tipologías pueden adaptarse y desarrollarse de la misma manera. Con el propósito de demostrar la trascendencia y compatibilidad de los términos estudiados, se generarán gráficas y diagramas que sirvan de apoyo al momento de considerar incorporar a la naturaleza en el proceso de diseño y en el espacio construido. Cabe destacar que durante el proceso de preparación de esta tesina tuvimos la oportunidad de participar del *Biophilic Leadership Summit* en Atlanta, Georgia del 7 al 10 de abril de 2019, donde pudimos obtener de primera mano y estar en contacto con las últimas investigaciones y aplicaciones de la **biofilia** y el **diseño biofílico**. Esta experiencia servirá de apoyo para nuestra investigación*.

*Jomarly Cruz, Experiencia en el "Biophilic Leadership Summit", Revista Honores (enero-junio 2019), p. 12-13.
Fuente: <http://preh.uprrp.edu/wp-content/uploads/2019/07/HONORES-1ra-Edicion-RevJuly2.pdf>

Justificación

La investigación que planteamos contribuirá a indagar a profundidad la aplicación del **diseño biofílico** y otros conceptos sustentables desde la arquitectura. Consideramos pues tres aspectos principales que justifican el estudio del **diseño biofílico** y su rol en la arquitectura tropical. Primero, es un tema con gran relevancia social, pues la aplicación de la **biofilia** en los espacios impacta de igual manera a los niños y a los adultos. Segundo, al ser un tema interdisciplinario y ya que las investigaciones relacionadas son escasas en general, desde lo local a lo internacional, este puede impulsar y motivar al desarrollo de nuevas publicaciones desde la arquitectura o desde otros campos del conocimiento. Tercero, va dirigida al desarrollo y progreso, así como el aporte de la **biofilia** en la arquitectura; el motivar un cambio de pensamiento para concienciar a los futuros diseñadores y arquitectos sobre los beneficios favorables que el **diseño biofílico** aporta en el ámbito social, físico, psicológico, cognitivo, económico y ambiental.

Capítulo I: Arquitectura, naturaleza y otros conceptos teóricos

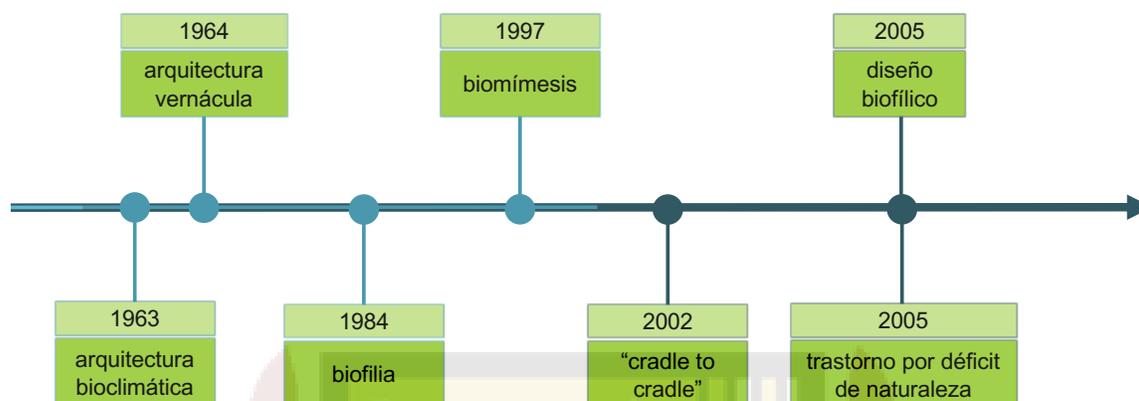


Figura 1. Cronología de conceptos, años significativos en el desarrollo de cada término

El **diseño biofílico**, o la incorporación deliberada de elementos de la naturaleza en el entorno construido, como mencionamos no es una práctica nueva. En todas las partes del mundo y durante milenios, las personas han incorporado la naturaleza a la arquitectura con ornamentos de plantas y animales, o se han incorporado espacios como jardines, estanques y atrios en los edificios tanto en el exterior como al interior. La arquitecta Amanda Sturgeon en su libro *Creating Biophilic Buildings* (2017), plantea un redescubrimiento del **diseño biofílico**.⁸ Sturgeon, muestra un trasfondo histórico que hace alusión a los conceptos ya mencionados: **arquitectura vernácula** y **arquitectura bioclimática**. Lo cual hace de la **biofilia** uno imbricado con estos conceptos.

Como veremos en nuestra investigación, el tema de la relación de la arquitectura y la naturaleza ha sido uno de los más estudiados a través de los tiempos (Figura 1). Las investigaciones y publicaciones ilustran desarrollos de términos, etapas y

⁸ Amanda Sturgeon, *Creating Biophilic Buildings* (Seattle: Ecotone Publishing, 2017), 9.

surgimientos de tendencias que vinculan a la naturaleza desde la arquitectura clásica. En este primer capítulo *Arquitectura, naturaleza y otros conceptos teóricos*, estaremos examinando detenidamente la aparición de los conceptos que consideran e insertan la naturaleza en la arquitectura.

1. Arquitectura clásica, lo vernáculo y lo bioclimático

Desde Vitrubio, con el tratado *De res architectura* y León Battista Alberti, con el tratado *De res aedificatoria*, la naturaleza ha impulsado el desarrollo de la arquitectura. En el artículo *Importancia de las Crónicas caribeñas en los conceptos arquitectónicos de la Ilustración francesa*, el arquitecto e historiador Enrique Vivoni destaca que ambos teóricos: “ponen en perspectiva el discurso arquitectónico en torno a los orígenes de la primera vivienda: la Naturaleza como inspiración y modelo de la obra del Hombre, y la Razón y la Imaginación como causa y efecto de la construcción.”⁹ A la vez, Vivoni añade que para el 1755, en *Essai sur l’architecture*, el abad Marc Antoine Laugier describe cómo a través de la relación del ser humano con la naturaleza surgió la arquitectura con la casa primitiva (Figura 2).¹⁰ De igual manera, a la forma más auténtica, tradicional y regional en que las personas construían sus casas es llamada **arquitectura vernácula**. El arquitecto Bernard Rudofsky en su libro *Arquitectura sin Arquitectos*, demostró la conexión que las personas de distintas culturas tenían con su entorno natural, encontrando convergencias similares en la forma en que construían a

⁹ Enrique Vivoni Farange, *Importancia de las Crónicas caribeñas en los conceptos arquitectónicos de la Ilustración francesa* (revista La Torre, Año V, 1991), p. 217-219

¹⁰ Marc Antoine Laugier, *Essai sur l’architecture* (1755).

pesar de sus variantes geográficas, climáticas, culturales y sociales.¹¹ La publicación complementó una exhibición en el Museo de Arte Moderno (MoMA) en Nueva York (1964), ese mismo año. Interesantemente, la comunidad de Tungkwán en China, muestra lo radical que puede llegar a convertirse un espacio, en este caso la ciudad es completamente subterránea, de casi 30 pies de profundidad (Figura 3). Según Rudofsky, el material arcilloso fino que es parte del paisaje permitió que se crearan grandes huecos para que las personas tuvieran temperaturas cálidas en invierno y temperaturas más frescas en verano, siempre recibiendo luz natural en los patios interiores.

Posteriormente, cerca de cinco décadas después, en el libro *Vernacular Architecture and Regional Design* (2009)¹² escrito por el Dr. Kingston Heath, también dialoga con Rudofsky, ya que describe que la **arquitectura vernácula** es la que responde al lugar, a la cultura y a la tecnología, describiéndola como “una arquitectura de respuesta en lugar de impuesta”. El Dr. Heath, explica que dentro de los elementos que la naturaleza nos ofrece (*Clima*: sol, sombra, viento, calor, frío, lluvia, nubosidad, sequía, inundaciones, humedad, sequedad; *Aspecto y Orientación*: - Norte, Sur, Este y Oeste; *Naturaleza*: geomorfología, geología, hidrología, topografía, flora, fauna, acústica, etc.)¹³, debemos capturar los esenciales, apropiados y necesarios a través de la arquitectura, haciendo evidente la vigencia y relevancia de estos temas aun estando en el siglo XXI.

¹¹ Bernard Rudofsky, *Architecture without...*, p. 12-18.

¹² Kingston Heath, *Vernacular Architecture and Regional Design* (Londres: Routledge, 2009).

¹³ Kingston Heath, *Vernacular Architecture and Regional Design* (Londres: Routledge, 2009), p. 174-175



Figura 2. Casa primitiva. Fuente: Marc Antoine Laugier, *Essai sur l'architecture* (1755)

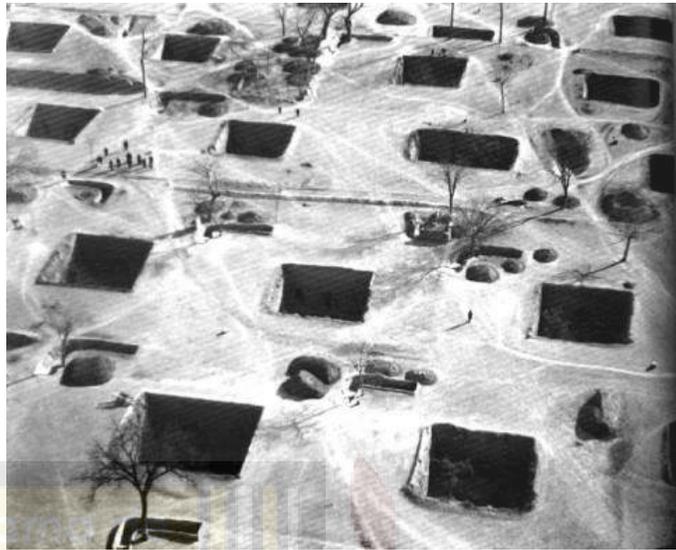


Figura 3 . Tungkwán, China. Fuente: Bernard Rudofsky, *Architecture without Architects* (New York: Museum of Modern Art, 1964) p.29

Este planteamiento nos lleva a hablar de otro concepto imprescindible, **arquitectura bioclimática**. En la cual, se describe que se deben tomar en consideración: la luz, la topografía, los cuerpos de agua y la flora y la fauna, entre otros. Es así como en el libro, *Design with Climate* (1963), el arquitecto Victor Olgay, desde un acercamiento más cuantitativo (Figura 4), describe que el proceso de construcción de un edificio se puede dividir en cuatro pasos. Destaca que el último paso es la expresión arquitectónica, que debe ir precedida del estudio de las variables como el clima, la biología y la tecnología (Figura 5).¹⁴ Partiendo de lo que el autor menciona en su libro y la gran cantidad de tablas, cifras y gráficas numéricas, vemos una vez más cómo tomar en cuenta a la naturaleza es parte esencial y de los primeros pasos a seguir para diseñar y terminar con un proyecto arquitectónico viable en su mejor forma sostenible.

¹⁴ Victor Olgay, *Design with Climate* (New Jersey: Princeton University Press, 1963), 11.

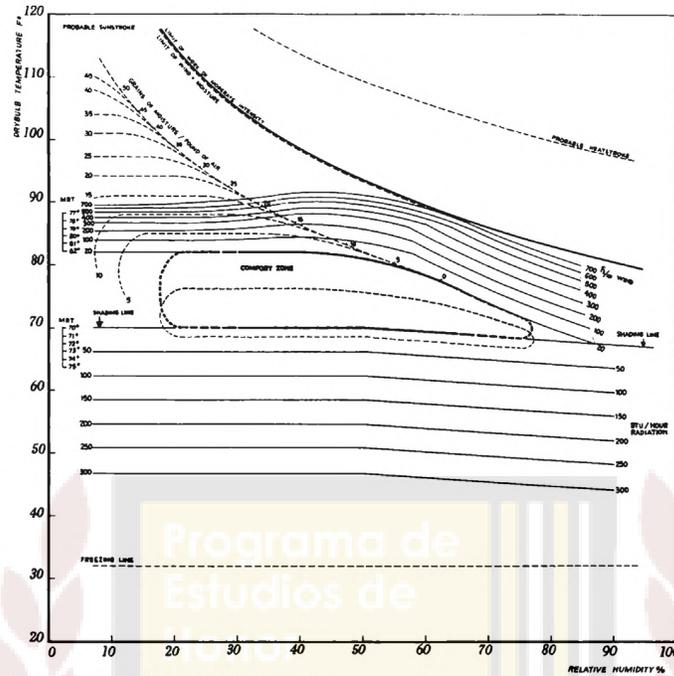


Figura 4. Tabla bioclimática, para habitantes de zonas moderadas de EE. UU. Fuente: Victor Olgyay, *Design with Climate* (New Jersey: Princeton University Press, 1963) p.22

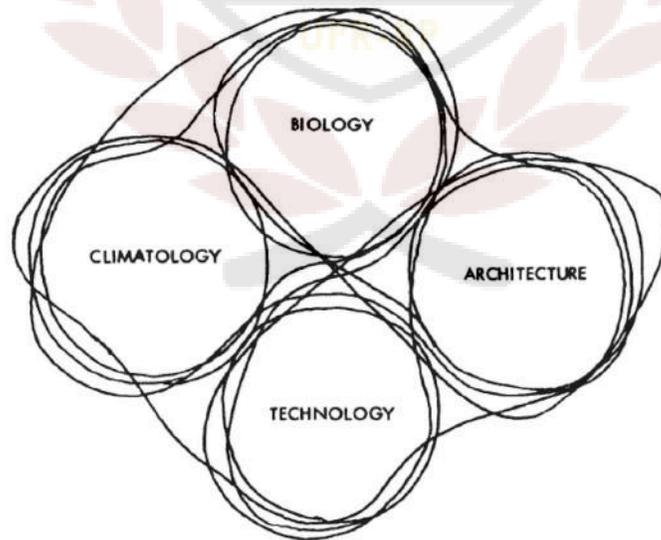


Figura 5. Campos entrelazados de equilibrio climático. Fuente: Victor Olgyay, *Design with Climate* (New Jersey: Princeton University Press, 1963) p.12

En otro libro, *Proyectar con la Naturaleza* (2000)¹⁵, escrito por arquitecto paisajista Ian L. McHarg, se presenta la idea de planificar y distribuir nuestros terrenos tomando en cuenta nuestros paisajes naturales y presenta sus resultados desde una perspectiva científica numérica. Al igual que Olgyay, explica sus hallazgos desde el método cuantitativo. Este libro complementa y apoya lo antes mencionado sobre la **arquitectura bioclimática**, pero debemos destacar que al hablar de aplicabilidad en la arquitectura debemos considerar estudios cuantitativos que puedan brindarnos datos más específicos para tomar en cuenta en el proceso de diseño.

2. Arquitectura tropical y naturaleza

Uno de los factores más importantes que se toman en consideración para esta investigación es el clima. Puerto Rico, al estar ubicado dentro la zona tropical del planeta, tiene un clima tropical húmedo-cálido. Debido a esto, observamos en nuestra investigación que las publicaciones y autores relacionados al **diseño biofílico** han concentrado la mayoría de sus estudios en climas templados. Pero, ¿cómo definimos a la arquitectura tropical?

A la vez, el arquitecto Alexander Tzonis y la Dra. Liliane Leifavre, establecen el término *regionalismo crítico*, que también es desarrollado por el arquitecto Kenneth Frampton en el escrito *Towards a Critical Regionalism: Six Points for an Architecture of Resistance* (1983).¹⁶ Este concepto lo definen como una arquitectura moderna que

¹⁵ Ian L. McHarg, *Proyectar con la Naturaleza* (Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 2000).

¹⁶ Kenneth Frampton, *Towards a Critical Regionalism: Six Points for an Architecture of Resistance* (1983).

integra los elementos característicos de un lugar, como por ejemplo su clima, topografía y contexto, entre otros. Asimismo, en el libro *Tropical Architecture: Critical Regionalism in the Age of Globalization* (2001), los autores establecen que a pesar de la globalización, en las zonas tropicales se debe llevar a cabo un acercamiento a la arquitectura desde el *regionalismo crítico* para mantener cierta identidad y responder a las necesidades de una región específica.¹⁷

Según el Instituto de Arquitectura Tropical (AIT), fundado en el 1994 por el arquitecto Bruno Stagno, es la arquitectura que responde al clima de los trópicos y considerando la lluvia, sol, calor y humedad, particulares de la región. Cabe destacar que los trópicos cubren un área de aproximadamente el 40% de la superficie total de la tierra (Figura 6).¹⁸

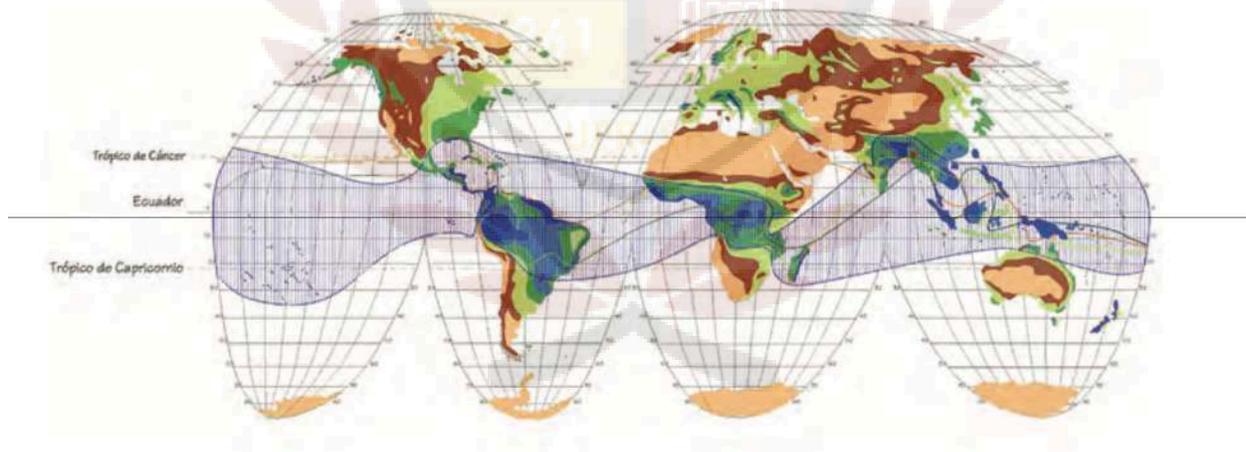


Figura 6. Mapa de las Regiones Tropicales del Planeta. Fuente: Andrés Mignucci, *Bruno Stagno: Una arquitectura para el trópico* (San Juan, A+editores, 2019)

¹⁷ Alexander Tzonis, Liliane Lefaivre y Bruno Stagno, *Tropical Architecture: Critical Regionalism in the Age of Globalization* (New Jersey: Wiley-Academy, 2001).

¹⁸ Instituto de Arquitectura Tropical. *Información sobre el trópico*. Recuperado: 30 de agosto de 2019, <http://www.arquitecturatropical.org/acerca.html>

El libro *Bruno Stagno: Una arquitectura para el trópico*¹⁹, por el arquitecto Andrés Mignucci presenta las aportaciones que el arquitecto Bruno Stagno ha estado trabajando durante toda su carrera. Dentro de la valiosa información que encontramos en el libro publicado durante este año, es importante señalar que Stagno define 10 elementos recurrentes en la arquitectura tropical²⁰ y a la vez explica que la *cintura tropical del planeta*²¹ comparte muchas semejanzas en su arquitectura, a pesar de estar compuesta por múltiples naciones, religiones y culturas (Figura 7).

10 elementos	Descripción adicional
1. los espacios abiertos	pero contenidos
2. los techos inclinados de gran pendiente	que evacuan el agua con rapidez
3. los grandes aleros	que protegen de la luz directa y de la lluvia
4. la fachada perforada	que permite filtrar la luz y posibilitar la ventilación cruzada
5. los zócalos	que protegen contra la humedad
6. los grandes drenajes	necesarios para el manejo de escorrentías en el sitio
7. la incorporación de la vegetación	como elemento y filtro arquitectónico
8. la penumbra de los espacios interiores	para matizar la potente luz tropical y combatir el deslumbramiento
9. los espacios intermedios	para crear micro zonas térmicas entre el exterior y el interior
10. el zaguán	como conector, espacios de uso y canal de ventilación en las viviendas

Figura 7. 10 elementos recurrentes en la arquitectura tropical definidos por Bruno Stagno.

Fuente: Andrés Mignucci, *Bruno Stagno: Una arquitectura para el trópico* (San Juan, A+editores, 2019), p.26.

Otra gran contribución liderada por el arquitecto Bruno Stagno, en colaboración con el Instituto de Normativa Técnica de Costa Rica (INTECO) es el sistema RESET (Requisitos para Edificios Sostenibles en el Trópico). Esta herramienta, se aprobó en el

¹⁹ Andrés Mignucci, *Bruno Stagno: Una arquitectura para el trópico* (San Juan, A+editores, 2019).

²⁰ Andrés Mignucci, *Bruno Stagno: Una arquitectura...*, p.26

²¹ Andrés Mignucci, *Bruno Stagno: Una arquitectura...*, p. 88

año 2012 y se estableció como una normativa nacional voluntaria. Según un comunicado del Colegio de Arquitectos de Costa Rica y el Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos, el sistema RESET se creó en respuesta a la normativa existente creada por los países del norte, que no refleja las necesidades de los climas tropicales.²² El sistema RESET, examina obras arquitectónicas a través de siete capítulos (Figura 8), donde busca que el diseño del edificio se estudie minuciosamente para que la tecnología se utilice como un complemento del diseño, y no como el factor más importante que determina el diseño del mismo.

7 capítulos	Descripción
1. Aspectos socio-económicos	obtener conocimiento de la administración del proyecto en cuanto a su gestión económica, así como la cobertura de inclusión social, trato justo y seguridad de los trabajadores y ocupantes del edificio.
2. Entorno y transporte	diseñar el proyecto de manera que comunique consideraciones de sostenibilidad, integrándolo a su entorno cultural, físico y natural.
3. Calidad y bienestar espacial	incorporación en el diseño, de conceptos espaciales que permitan el desenvolvimiento de hábitos sostenibles y en vínculo con la naturaleza.
4. Suelos y paisajismo	consideraciones del proyecto con los elementos bióticos del lugar del proyecto, tales como la información genética y biodiversidad existente, así como las medidas propuestas para su conservación y desarrollo.
5. Materiales y recursos	aplicación de materiales amigables con el medio ambiente en el proyecto.
6. Uso eficiente del agua	esfuerzos que se realizan en el diseño y definición del proyecto en consideración con el agua en tres aspectos principales: la reducción del consumo de agua potable y la valorización del agua por parte de los usuarios, el tratamiento adecuado de las aguas servidas y el correcto manejo del agua residual en el proyecto.
7. Optimización energética	uso de fuentes de energía limpia en el proyecto y las estrategias utilizadas para la reducción de consumo a través de equipos eficientes y un adecuado manejo de la iluminación en el proyecto.

Figura 8. 7 capítulos de evaluación en la norma RESET.

Fuente: Colegio de Arquitectos de Costa Rica y Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos, *RESET* (Costa Rica, 2012).

²² Colegio de Arquitectos de Costa Rica y Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos, *RESET* (Costa Rica, 2012). Recuperado 16 de abril de 2019, http://cfia.or.cr/descargas_2012/noticias/Reset.pdf

En el Banco BAC San José - Escazú (Figura 9 y 10), diseñado por el Arq. Stagno, fue el primero que obtuvo la certificación bajo la Norma RESET. Para este proyecto se tomaron en cuenta el clima y las condiciones socioeconómicas del país. Uno de los elementos que muestra cómo se aplicó la norma fue al diseñar la piel y los techos, se crearon para evitar que la luz solar caliente los vidrios y para reducir el consumo energético. También, al utilizar materiales comunes disponibles en mercados locales, como el aluminio corrugado, se lograron reducir costos. Stagno, menciona que la norma RESET deber reconocer las diferencias y particularidades climáticas de cada lugar y evaluar las decisiones de diseño, construcción y operación de una edificación en el **trópico**.



Figura 9. Fachada con vegetación en el Banco BAC San José / Arq. Bruno Stagno, Certificado con la Norma Reset. Fuente: Andrés Mignucci, *Bruno Stagno: Una arquitectura para el trópico* (San Juan, A+editores, 2019) p.229



Figura 10. Acera cubierta en el Banco BAC San José / Arq. Bruno Stagno, Certificado con la Norma Reset. Fuente: Andrés Mignucci, *Bruno Stagno: Una arquitectura para el trópico* (San Juan, A+editores, 2019) p.231

En Estados Unidos, al igual que en otros países, existe un sistema de certificaciones para edificios sostenibles, conocido como Liderazgo en Diseño Ambiental y Energía (por sus siglas en inglés LEED, *Leadership in Energy and Environmental Design*). Estas regulaciones desarrolladas por el Consejo de la

Construcción Verde de Estados Unidos (por sus siglas en inglés USGBC, *United States Green Building Council*), se establecieron en el 1993, conteniendo varias categorías de acuerdo al proyecto a realizarse y a medida que ha pasado el tiempo, se han ido cambiando y añadiendo nuevas regulaciones a los manuales de este sistema. En Puerto Rico, se ha estado trabajando con esta regulación LEED por arquitectos como Fernando Abruña (Figura 11 y 12) y el ex decano de la Escuela de Arquitectura, Arq. John B. Hertz, quienes hicieron investigaciones y lo aplicaron a algunos edificios. Un proyecto certificado como LEED es la Escuela Ecológica de Culebra, diseñada por el Arq. Abruña. Dentro de las estrategias sostenibles que se incorporan podemos destacar el recogido de agua de lluvia, tragaluces para aumentar la iluminación natural, paneles solares y sistema de aguas grises, entre otras.



Figura 11. Escuela Ecológica de Culebra / Arq. Fernando Abruña, Certificación LEED. Fuente: <https://www.flickr.com/photos/41456006@N00/2460142370/in/photostream/>



Figura 12. Escuela Ecológica de Culebra / Arq. Fernando Abruña, Certificación LEED. Fuente: <https://lacasausente.com/2018/12/20/escuela-ecologica-de-culebra/>

3. Biomimesis

Dentro de los elementos del **diseño biofílico** se encuentra el término **biomimesis**. Pero, ¿cómo definimos exactamente este concepto? La bióloga Janine Benyus, en su libro *Biomimicry* (1997), lo precisa como una nueva ciencia que estudia los modelos de la naturaleza y luego imita o se inspira en estos diseños y procesos para resolver problemas humanos.²³ En este escrito, Benyus explica a la **biomimesis** desde sus diversas aplicaciones en la agricultura, energía, medicina, economía, negocios y tecnología. Pero, Michael Pawlyn en el libro *Biomimicry in Architecture* (2016), se plantea cómo la **biomimesis** la aplicamos a la arquitectura. Pawlyn, en su escrito aclara la diferencia entre términos como **biofilia**, **biomimesis** y **biomorfismo**.²⁴ Al hablar de **biofilia** hace referencia al biólogo E.O. Wilson y a la hipótesis que se desarrollan en sus libros, al mencionar **biomimesis** incluye como referencia a la escritora Janine Benyus, donde la naturaleza sirve como maestra (Figuras 13 y 14). Por otro lado, con el **biomorfismo** menciona que es el diseño basado en *formas biológicas* (Figura 15 y 16). Resulta importante observar que un diseño que utiliza el **biomorfismo** no cumple con lo que significa la **biomimesis** y de igual manera no todo **diseño biofílico** incluye a la **biomimesis** como instrumento de diseño.

²³ Janine Benyus, *Biomimicry* (New York: Morrow, 1997).

²⁴ Michael Pawlyn, *Biomimicry in Architecture* (Londres: RIBA Publishing, 2016).



Figura 13. Vista debajo del agua de nenúfares.
Fuente: <https://www.natureplprints.com/december-2018-highlights/underwater-view-waterlilies-nymphaea-alba-lake-18284946.html>



Figura 14. Edificio Johnson Wax / Arq. Frank Lloyd Wright. Fuente: <https://www.wsj.com/articles/masterpiece-sc-johnson-administration-building-1406939442>



Figura 15. Patrón hexagonal en panal de abeja. Fuente: <https://inhabitat.com/study-finds-honey-bee-food-may-contribute-to-colony-collapse/>



Figura 16. Vessel, Hudson Yards / Heatherwick Studio. Fuente: <https://ny.curbed.com/2019/3/12/18261622/hudson-yards-new-york-vessel-tickets-thomas-heatherwick>

Otro ejemplo de **biomímesis** en la arquitectura lo podemos encontrar en el libro *Cradle to Cradle* (2002), escrito por el arquitecto americano William McDonough y el químico alemán Michael Braungart, donde describen en su libro un nuevo modelo de

producir y diseñar las cosas, dividiendo los materiales utilizados en dos ciclos, el biológico y el tecnológico (Figura 17).²⁵

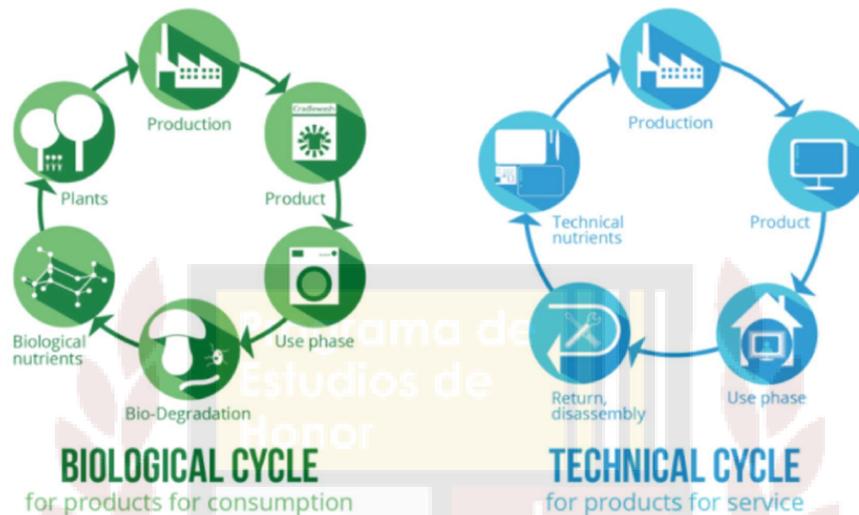


Figura 17. Ciclo biológico y tecnológico del modelo Cradle to Cradle. Fuente: https://www.researchgate.net/figure/Distinction-between-biological-and-technical-cycles-in-the-Cradle-to-Cradle-design_fig2_322555840

Su planteamiento principal va atado a la idea de crear un sistema que no solo reduzca, reutilice y recicle, sino que haya un ciclo más eficiente donde todo lo que se produzca tenga el mismo valor que tenía desde el principio y que no se deteriore al momento de convertirse en un nuevo producto. Su línea de pensamiento se presenta con una analogía a los árboles, donde todo lo que este produce es alimento, no hay desperdicios o basura, sino que las mismas hojas que caen del árbol son los nutrientes que lo ayudan a continuar creciendo. Así como el árbol no desaprovecha las hojas que él mismo produce, nosotros como productores debemos hacer lo mismo, crear y diseñar pensando en el ciclo completo, desde los materiales utilizados, la función, la

²⁵ William McDonough y Michael Braungart, *Cradle to Cradle: Remaking the way we make things* (New York: North Point Press, 2002), 6-16

duración y lo que sucede con el objeto luego de que cumpla su tiempo de uso. Definitivamente este libro es importante para la investigación porque una vez más se está utilizando a la naturaleza como referencia para crear un nuevo método para fabricar las cosas. De cierto modo, a través de esta nueva forma de diseño se le está dando la importancia, el respeto y el valor necesario a la naturaleza. De igual manera, la mayor aportación de este movimiento es la innovación en materiales, ya que a través de la certificación *Cradle to Cradle*, han surgido nuevos materiales sustentables, reusables y reciclables. Un producto que podríamos destacar es el *Mushroom® Material*²⁶ de Ecovative Design, donde la materia prima es el micelio (la estructura de la raíz de los hongos). Este material busca reemplazar el plástico, en específico el poliestireno expandido, utilizado principalmente para empacar y proteger equipos tecnológicos o muebles (Figura 18 y 19). Además, este avance ha impulsado a compañías como a IKEA a planificar y cambiar en un futuro sus materiales de empaçado, para utilizar este material biodegradable y de un menor impacto al medio ambiente. Cabe destacar, que este descubrimiento ha motivado a investigar otras posibles aplicaciones del micelio de hongo para continuar reduciendo los desperdicios y concientizar al público de los beneficios de transformar el sistema de producción tradicional.

²⁶ Cradle to Cradle Products Innovation Institute, *Mushroom® Material*. Recuperado 10 de octubre de 2019, https://www.c2ccertified.org/products/scorecard/mushroom_material



Figura 18. Micelio de hongos. Fuente: <https://www.ediblemanhattan.com/event/mushroom-mycellium-workshop-danielle-trofe-ecovative/>



Figura 19. Producto final. Fuente: https://www.c2ccertified.org/products/scorecard/mushroom_material

4. Origen del diseño biofílico

¿Cuál es el rol del recién acuñado concepto **biofilia**? y ¿qué es **biofilia**? A mediados de los años '60 del pasado siglo, empezaron a realizarse los primeros escritos en investigaciones cuya temática hacía alusión al término **biofilia**. Este fue descrito como el *amor por la vida*. Fue nombrado por primera vez en el libro *The Heart of the Man* (1964), escrito por el psicoanalista Erich Fromm.²⁷ Años más tarde en el 1984, el biólogo E. O. Wilson en su escrito *Biophilia* (1984), definió este concepto como *la tendencia innata a centrarse en la vida*.²⁸ Pero es en el libro *The Biophilia Hypothesis* (1993), donde el psicólogo ambiental Dr. Roger S. Ulrich, explica que la definición que Wilson hace sobre **biofilia** no se limita a la tendencia de prestar atención, afiliarse o responder de manera positiva a la naturaleza, sino que también propone la existencia de *bases genéticas* que hacen que los humanos respondan positivamente hacia la

²⁷ Erich Fromm, *The Heart of the Man* (Harper Colophon Books, 1964).

²⁸ E.O. Wilson, *Biophilia* (Massachusetts: Harvard University Press, 1984), 1.

naturaleza.²⁹

El interés por esta hipótesis ha incrementado en los últimos años y la **biofilia** parece precisamente atender estos rasgos psicológicos, genéticos y sociales lo cual añade un nuevo ángulo a las teorías anteriores que hemos revisado. Con el surgimiento del concepto **biofilia**, se comenzaron a desarrollar diversas investigaciones científicas sobre el impacto de la naturaleza en las personas en casos específicos. Años más tarde se presentaron publicaciones derivadas de la **biofilia** hacia lo que se conoce el **diseño biofílico**. El también ecologista social y profesor Stephen Kellert, quien ya había publicado un libro con E.O. Wilson, introdujo el término por primera vez en su libro *Building for Life* (2005).³⁰ Pero antes de ese libro, otra psicóloga ambiental, la Dra. Judith Heerwagen en un artículo publicado en el 2001, ya estaba hablando de *edificios biofílicos*, *ambientes biofílicos* y *rasgos biofílicos*.³¹ Incluso, nombra y presenta unas características de *edificios biofílicos*, rasgos que luego Kellert utilizará para nombrar los elementos del **diseño biofílico**. Como antes mencionáramos, la **arquitectura vernácula** es esencial al momento de hablar sobre la conexión del ser humano con la naturaleza. Precisamente, en el libro *Building for Life* (2005), Kellert también explica que el **diseño biofílico** se divide en dos dimensiones básicas: el *diseño orgánico* y el *diseño vernáculo* (Figura 20). Otra manera en que el autor se refiere al **diseño biofílico** es el *diseño ambiental restaurativo*, donde detalla que su propósito principal es reparar la relación entre la naturaleza y la humanidad en un mundo cada vez más afectado por el *empobrecimiento ambiental y la alienación social*

²⁹ E.O. Wilson y Stephen Kellert, ed. *The Biophilia...*, p.73-137

³⁰ Stephen Kellert, *Building for life* (Washington, D.C.: Island Press, 2005).

³¹ Judith Heerwagen, *Building Biophilia: Connecting People to Nature in Building Design* (2001).

y psicológica.³² Menciona también que: "Por lo tanto, el *diseño ambiental restaurativo* incorpora los objetivos complementarios de minimizar el daño y el deterioro a los sistemas naturales y la salud humana, así como enriquecer el cuerpo humano, la mente y el espíritu fomentando experiencias positivas de la naturaleza en el entorno construido."³³

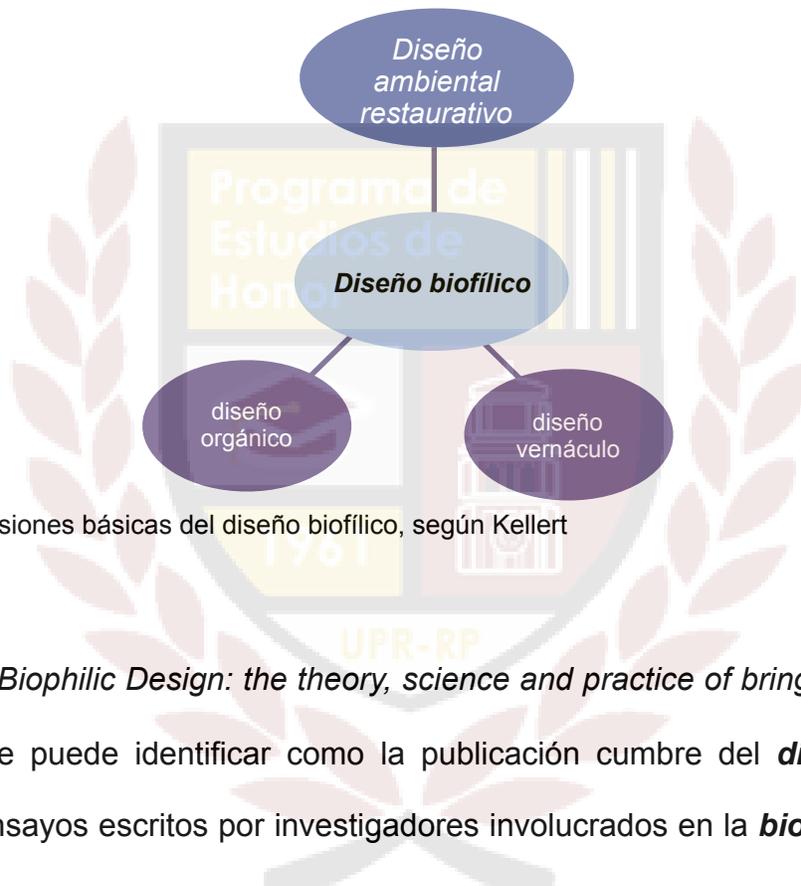


Figura 20. Dimensiones básicas del diseño biofílico, según Kellert

El libro, *Biophilic Design: the theory, science and practice of bringing buildings to life* (2008)³⁴, se puede identificar como la publicación cumbre del **diseño biofílico**, pues recoge ensayos escritos por investigadores involucrados en la **biofilia**. Es Kellert, en el primer capítulo donde explica el surgimiento del término, los elementos y los rasgos del **diseño biofílico**. Las dos dimensiones en que se divide, la orgánica y la vernácula, se fracciona en seis elementos descritos como: *características ambientales*,

³² Stephen Kellert, *Building for...*, p. 5-8

³³ Stephen Kellert, *Building for...*, p. 5

³⁴ Stephen Kellert, Judith H. Heerwagen y Martin L. Mador, *Biophilic Design: the theory, science and practice of bringing buildings to life* (New Jersey: John Wiley & Sons, 2008).

*formas naturales, formas, patrones y procesos naturales, luz y espacio, relaciones basadas en el lugar y relaciones evolucionadas de la naturaleza humana.*³⁵ Estos seis elementos luego se desglosan en más de 70 atributos del **diseño biofílico** (Figura 21).

Características ambientales	Figuras y formas naturales	Patrones y procesos naturales
Color (circulación, jerarquía, distribución)	Motivos botánicos	Variabilidad sensorial
Agua (estanques, fuentes, paisaje)	Soportes de árbol y columnares	Riqueza de la información
Aire (ventilación natural)	Motivos animales (principalmente vertebrados)	Edad, cambio y pátina del tiempo
Luz del sol	Conchas y espirales	Crecimiento y eflorescencia
Plantas (patios, techos, paredes)	Huevo, formas ovales y tubulares	Punto focal central
Animales	Arcos, bóvedas, cúpulas	Patrones estampados
Materiales naturales	Formas resistentes a líneas y ángulos rectos	Espacios delimitados
Vistas al exterior	Simulación de características naturales	Espacios transitorios
Fachada verde	Biomorfismo	Series vinculadas y cadenas
Geología y paisaje	Geomorfología	Integración de partes a totalidades
Hábitats y ecosistemas	Biomímesis	Contrastes complementarios
Fuego		Balance dinámico y tensión
Luz y espacio	Relaciones basadas en el lugar	Relaciones evolucionadas de la naturaleza humana
Luz natural	Conexión geográfica al lugar	Perspectiva y refugio
Luz filtrada y difusa	Conexión histórica al lugar	Orden y complejidad
Luz y sombra	Conexión ecológica al lugar	Curiosidad y tentación
Luz reflejada	Conexión cultural al lugar	Cambio y metamorfosis
Piscinas de luz	Materiales indígenas	Seguridad y protección
Luz cálida	Orientación al paisaje	Dominio y control
Luz como forma	Características del paisaje que definen la forma del edificio	Cariño y apego
Amplitud	Ecología del paisaje	Atracción y belleza
Variabilidad espacial	Integración de cultura y ecología	Exploración y descubrimiento
El espacio como forma	Espíritu del lugar	Información y cognición
Armonía espacial	Evitar la falta del lugar	Miedo y asombro
Espacios interiores-exteriores		Reverencia y espiritualidad

Figura 21. Elementos y atributos del diseño biofílico, según Kellert. Fuente: Stephen Kellert, Judith H. Heerwagen y Martin L. Mador, *Biophilic Design: the theory, science...*, p. 15

³⁵ Stephen Kellert, Judith H. Heerwagen y Martin L. Mador, *Biophilic Design: the theory, science...*, p. 3-20

En el 2015, el profesor Kellert junto a la arquitecta Elizabeth Calabrese, en la publicación *The Practice of Biophilic Design* (2015), especifican que la elección de las aplicaciones de diseño varía según las circunstancias y limitaciones de un proyecto, ya que hay que evaluar los usos particulares de los edificios y paisajes, el tamaño del proyecto, los diversos factores económicos, logísticos y reguladores, así como las condiciones culturales y ecológicas.³⁶ También se destaca que lo más importante es que el **diseño biofílico** nunca debe ocurrir de manera fragmentada o desconectada, sino de una manera en que las diversas aplicaciones se refuercen y se complementen mutuamente, dando como resultado un *todo ecológico integrado global*.³⁷

Otro libro más reciente de Kellert, *Nature by Design* (2018), muestra una gráfica donde se explica cómo es que la **biofilia** se relaciona con el **diseño biofílico** y critica la desconexión actual de la naturaleza (Figura 22).³⁸ Este describe que los diseños del presente, se crean en función de nuestra existencia cada vez más interior, urbana y orientada a la tecnología. También, detalla que las construcciones modernas a menudo están dominadas por el uso de materiales hechos por el hombre, luz artificial, aire procesado y ambientes privados de experiencias sensoriales.

³⁶ Stephen Kellert y Elizabeth Calabrese, *The Practice of Biophilic Design* (2015).

³⁷ Stephen Kellert y Elizabeth Calabrese, *The Practice of...*, p. 9

³⁸ Stephen Kellert, *Nature by Design* (New Haven y Londres: Yale University Press, 2018).

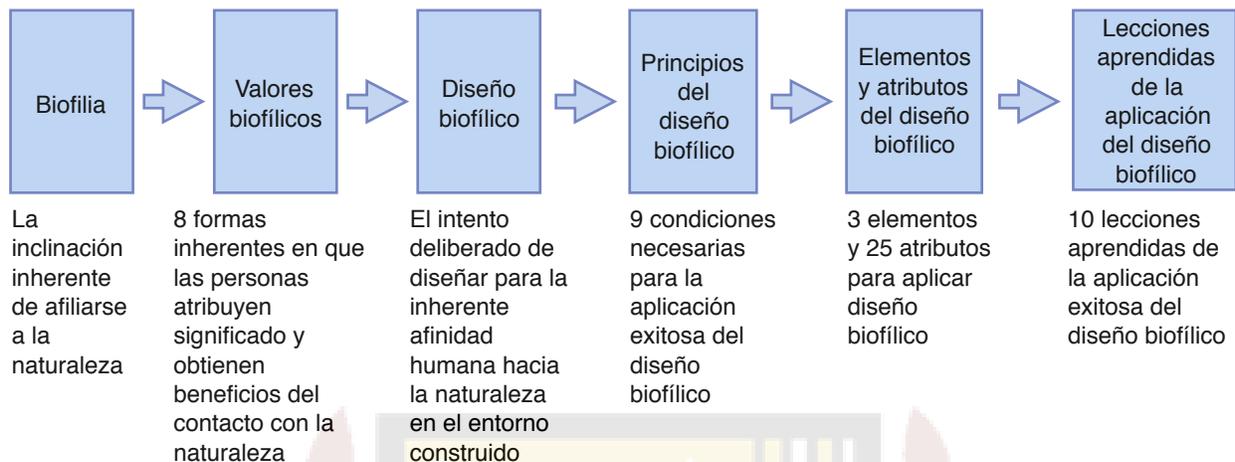


Figura 22. ¿Cómo se relaciona la biofilia con el diseño biofílico?.

Fuente: Stephen Kellert, *Nature by Design* (New Haven y Londres: Yale University Press, 2018), 15. Traducido del inglés por la autora de esta tesina.

Kellert acusa además a las estructuras que respaldan una "arquitectura internacional" global, donde precisa que el diseño y la construcción de los edificios son prácticamente los mismos, sin importar la ubicación del edificio o el fondo, los valores o la cultura de las personas involucradas. Podemos diferir ante este planteamiento de Kellert, pues no toda arquitectura de este movimiento ha estado desvinculada de la naturaleza. En Puerto Rico, hemos tenido arquitectos que han presentado una *arquitectura internacional*, sin desligarse ni pasar por alto el contexto climático. Dentro de los arquitectos que podemos mencionar se encuentran: Thomas Marvel, Osvaldo Toro, Miguel Ferrer (Toro Ferrer Arquitectos) y Henry Klumb, entre otros. Klumb, que diseñó escuelas, recintos universitarios, residencias, iglesias, edificios institucionales y hasta muebles, siempre tomando en cuenta el solar, la orientación del edificio y los materiales a utilizarse. El arquitecto Enrique Vivoni, en el artículo *La arquitectura del movimiento moderno en Puerto Rico: la obra de Toro y Ferrer y Henry Klumb* (2012),

describe que Klumb fundamentaba su modernidad en lo existente y describiría lo moderno sobre las tradiciones del lugar.³⁹ En otro artículo para el periódico El Nuevo Día, Vivoni indica que la práctica del arquitecto Klumb, se destacó por tener la planta libre sin muros interiores, el uso de quiebrasoles para permitir ventilación e iluminación natural, ventanas que cruzan las fachadas y todo un vocabulario particular en hormigón⁴⁰, todas estrategias de diseño adaptados al clima tropical (Figuras 23, 24 y 25). La Casa Klumb, residencia del arquitecto, es uno de los legados arquitectónicos más importantes de su carrera, rediseñó la casa existente para conectar los espacios interiores al gran paisaje y naturaleza que los rodeaba (Figuras 26, 27 y 28). Desde esa perspectiva, el arquitecto alemán Henry Klumb, también dirigió el Comité de Diseño y Obras Públicas y desarrolló prototipos de facilidades médicas y educativas en la Isla junto al arquitecto austriaco Richard Neutra (Figura 29). Incluso, Neutra hizo grandes aportaciones en el diseño de escuelas al aire libre con una relación directa a la naturaleza, demostrando el compromiso de crear espacios acordes al movimiento de la arquitectura moderna y a la vez con gran sensibilidad⁴¹ hacia los usuarios y entorno, en este caso, con proyectos adaptados al clima tropical.

³⁹ Enrique Vivoni Farange, *La arquitectura del movimiento moderno en Puerto rico: la obra de Toro y Ferrer y Henry Klumb* (Instituto de Arquitectura Tropical, 2012), 11.

⁴⁰ Heidee Rolón Cintrón y Enrique Vivoni Farange, *Paraíso Olvidado* (El Nuevo Día, 2015). Recuperado 10 de octubre de 2019, <https://www.pressreader.com/puerto-rico/el-nuevo-dia/20150726/283798557454055>

⁴¹ Catherine Ettinger, *Diseño desde el ser humano. Richard Neutra y su proyecto para América Latina* (Universidad Autónoma de Nuevo León, 2018). Recuperado 10 de octubre de 2019, <https://www.redalyc.org/jatsRepo/3536/353659380003/html/index.html>



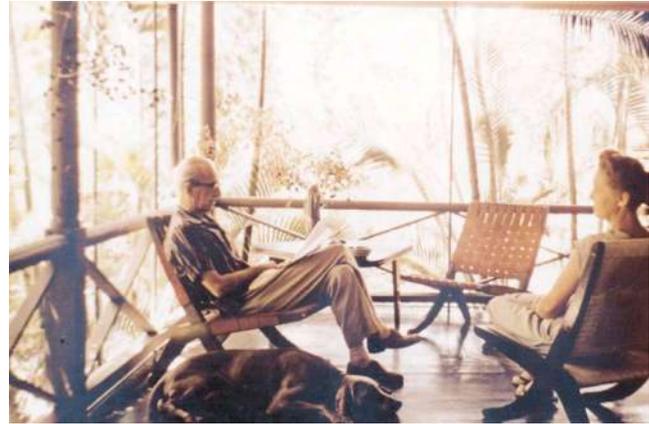
Figuras 23, 24 y 25. Obras de Henry Klumb en la Universidad de Puerto Rico, Río Piedras.

Fuentes: <https://anonymousarchitecture.co/2013/01/01/concrete-forms-brise-soleils-of-henry-klumb/>, <https://es.slideshare.net/aacupr/la-permanencia-de-lo-efimero>, <http://elisaarraizlucca.blogspot.com/2011/08/las-bolsas-se-desploman-porque-no-saben.html>

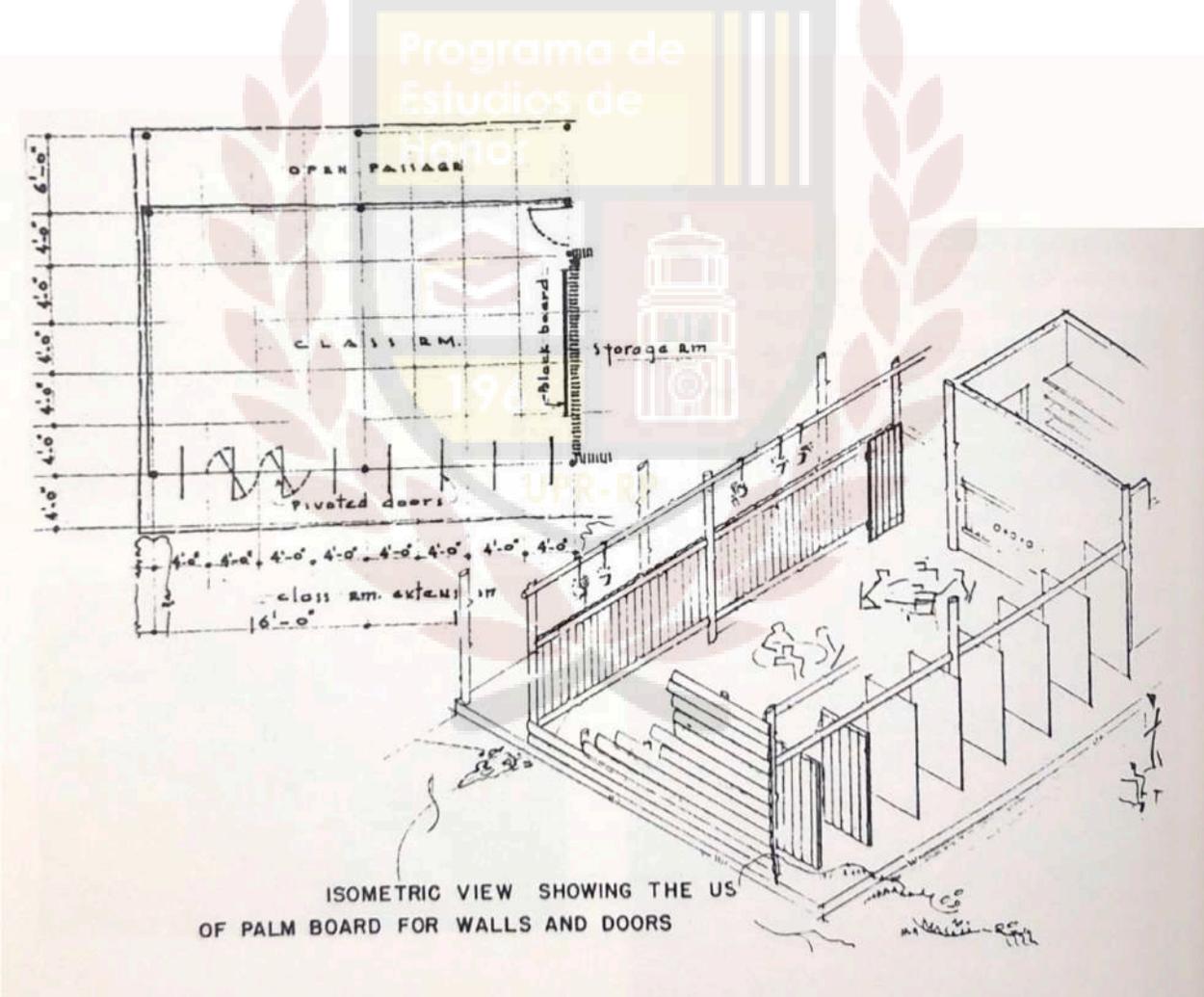


Figuras 26. Apertura al paisaje, Casa Klumb.

Fuente: <http://lapiceroverde.com/cuando-una-casa-aun-habla-2/>



Figuras 27 y 28. Henry Klumb y su esposa Else Schmitz en la Casa Klumb.
Fuente: <https://www.pressreader.com/puerto-rico/el-nuevo-dia/20150726/283798557454055>,



Figuras 29. Escuela Rural, Comité para Diseño de Obras Públicas.
Fuente: Enrique Vivoni Farange, *Klumb: Una arquitectura de impronta social* (San Juan, La Editorial Universidad de Puerto Rico, 2006), 72.

Así observamos que en nuestra revisión de literatura, las publicaciones de Kellert sobre el tema, nos acercan a cómo podemos aplicar y desarrollar más estudios sobre este concepto en los entornos construidos. No obstante, las investigaciones del tema no se han limitado al **diseño biofílico** en edificios y parques, sino que puede aplicarse a otras instancias y escalas, como la ciudad.

5. El diseño biofílico en la ciudad

Como vemos, al cambiar de escalas también podemos pensar en el **diseño biofílico**. El Dr. Timothy Beatley, en su libro *Biophilic Cities* (2011), define a una *ciudad biofílica* como una con abundante naturaleza, que busca oportunidades para reparar y restaurar, que goza de espacios al aire libre, es físicamente activa y los residentes se preocupan por la naturaleza y trabajan en su nombre a nivel local y global.⁴² En el escrito, el también profesor y urbanista, presenta una tabla de indicadores de *ciudades biofílicas*⁴³ y dentro de estos indicadores se encuentran: condiciones e infraestructura biofílica, actividades biofílicas, actitudes y conocimientos biofílicos e instituciones biofílicas y gobernanza. Al alcance de la arquitectura, el indicador que se debe considerar es el de condiciones e infraestructura biofílica, donde se toman en consideración el acceso a parques o espacios verdes de acuerdo a la población, el número de huertos, la cantidad de senderos para caminar y el número de atributos urbanos verdes tal como árboles, paredes verdes y techos verdes, entre otros (Figura 30). Igualmente, en el libro de Beatley, se encuentra otra tabla donde se presentan

⁴² Timothy Beatley, *Biophilic Cities* (Washington, D.C.: Island Press, 2011), 2.

⁴³ Timothy Beatley, *Biophilic Cities* (Washington, D.C.: Island Press, 2011), 47-49. Véase Apéndice.

elementos biofílicos de diseño urbano a través de las escalas de la ciudad⁴⁴, donde las divide en *edificio*, *calle*, *vecindario*, *comunidad* y *región* (Figura 31).

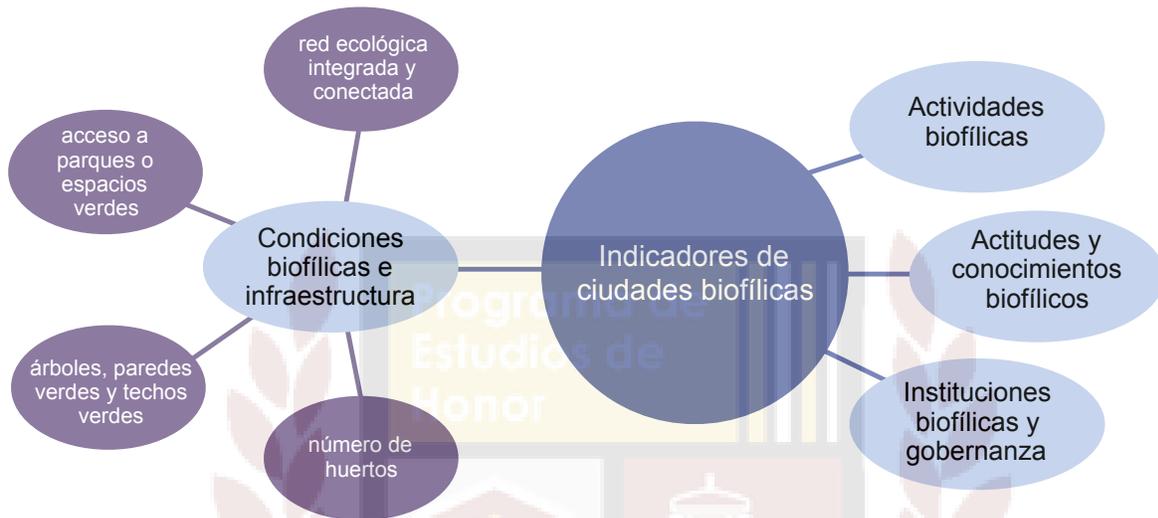


Figura 30. Indicadores de ciudades biofílicas. Fuente: Timothy Beatley, *Biophilic Cities* (Washington, D.C.: Island Press, 2011), 47-49

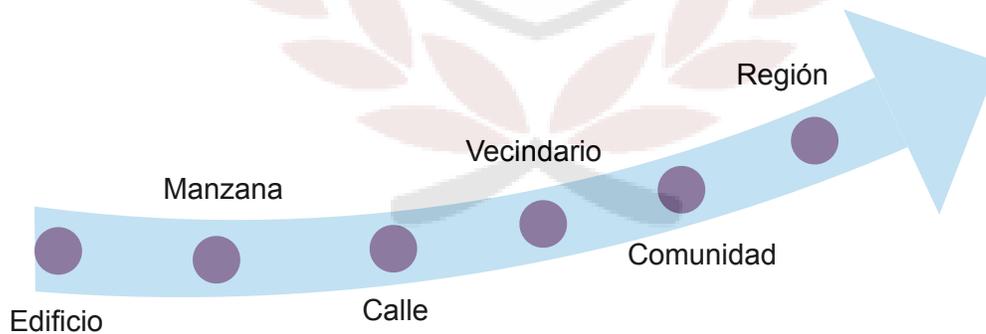


Figura 31. Escalas de la ciudad. Fuente: Timothy Beatley, *Biophilic Cities* (Washington, D.C.: Island Press, 2011), 47-49

⁴⁴ Timothy Beatley, *Biophilic Cities* (Washington, D.C.: Island Press, 2011), 84. Véase Apéndice.

En nuestra investigación encontramos otro texto de Beatley, *Handbook of Biophilic City Planning & Design* (2016), en el cual también describe las investigaciones de Rachel y Stephen Kaplan, sobre la *teoría de la restauración de la atención* (en inglés: *Attention Restoration Theory, ART*). Esta enfatiza el importante papel que juega la naturaleza para ayudarnos a recuperarnos del estrés, explicando cómo a través del tiempo existen mayores estudios y evidencia sobre los beneficios curativos de la naturaleza.⁴⁵ El libro también sirve como guía para futuras aplicaciones del **diseño biofílico** en la ciudad, pues presenta proyectos y casos que han utilizado la naturaleza como fuente principal de diseño. Dentro de los casos mencionados, es importante destacar el New York High Line en Nueva York y el Cheonggyecheon en Corea del Sur, ambos impactando zonas urbanas (Figuras 32 y 33). El New York High Line, diseñado por la firmas James Corner Field Operations y Diller Scofidio + Renfro, es un proyecto de arquitectura paisajista donde se transformaron antiguas vías del tren en un parque público a través de Manhattan. Interesantemente, las plantas utilizadas son de bajo mantenimiento y simulan a la naturaleza salvaje que creció en esos espacios mientras estuvo abandonado. De igual manera, en el Cheonggyecheon en Corea del Sur, se restauró un arroyo que había sido canalizado y cubierto por autopistas para cruzar por el centro de Seúl. Este proyecto, ha sido beneficioso para la ciudad pues ha mejorado niveles de calidad del aire, las temperaturas en la zona han mejorado (reduciendo el efecto de la isla de calor) y ha incrementado la vegetación y población de peces, aves y otros animales. Las intervenciones realizadas en ambos proyectos han sido exitosas, pues han logrado incorporar y conectar a las personas con la naturaleza en espacios

⁴⁵ Timothy Beatley, *Handbook of Biophilic City Planning & Design* (Washington, D.C.: Island Press, 2016), 5.

urbanos sin olvidar la huella que en ambos casos habían dejado los proyectos existentes. A causa de esto, se han reflejado también beneficios en el turismo y en la actividad económica de la zona.



Figura 32. New York High Line / James Corner Field Operations, Diller Scofidio + Renfro y Piet Oudolf.
Fuente: <https://www.thenatureofcities.com/2016/07/18/the-high-line-foreseen-unforeseen/>



Figura 33. Cheonggyecheon, Corea del Sur / Kee Yeon Hwang. Fuente: <https://obrasweb.mx/arquitectura/2018/02/09/asi-fue-como-seul-derribo-una-autopista-para-recuperar-un-rio>

Por otro lado, el arquitecto paisajista y horticultor Joseph Clancy, en un artículo para la revista *Horticulture Connected Magazine*, valida que el **diseño biofilico**, no solo está atado al diseño y a la arquitectura, sino que está directamente relacionado a la economía, a las ciudades, a los paisajes y al bienestar físico y emocional de cada persona.⁴⁶ También, destaca la teoría y la práctica de planificar *ciudades biofilicas*.

⁴⁶ Joseph Clancy, *Re-discovering biophilia* (Ireland: Horticulture Connected Magazine, 2014), 38-41.

6. Diseño biofílico y salud

Otro profesional que ha estado activo en las investigaciones relacionadas al **diseño biofílico** es el fundador de la compañía Terrapin Bright Green, Bill Browning. La publicación más reconocida es *14 Patterns of Biophilic Design* (Figura 34).⁴⁷

Contexto	14 patrones
Naturaleza en el espacio	1. Conexión visual con la naturaleza
	2. Conexión no visual con la naturaleza
	3. Estímulos sensoriales no rítmicos
	4. Variabilidad térmica y de flujos de aire
	5. Presencia de agua
	6. Luz dinámica y difusa
	7. Conexión con sistemas naturales
Análogos naturales	8. Formas y patrones biomórficos
	9. Conexión de los materiales con la naturaleza
	10. Complejidad y orden
Naturaleza del espacio	11. Panorama
	12. Refugio
	13. Misterio
	14. Riesgo / Peligro

Figura 34. 14 patrones del diseño biofílico.

Fuente: Bill Browning et al., *14 Patterns of Biophilic Design* (New York y Washington, D.C.: Terrapin Bright Green LLC, 2014). Traducido del inglés por la autora de esta tesina.

Browning junto a dos investigadores colaboradores, estudia el impacto directo del **diseño biofílico** en los entornos construidos. La aportación más grande de este artículo, es que luego de demostrar cómo la naturaleza mejora la salud y bienestar de las personas, concluyen con 14 patrones que sirven como guía a la hora de aplicarlo en

⁴⁷ Bill Browning et al., *14 Patterns of Biophilic Design* (New York y Washington, D.C.: Terrapin Bright Green LLC, 2014).

el diseño y la arquitectura. Los patrones se dividen en 3 grupos: *naturaleza en el espacio*, *análogos naturales* y *naturaleza del espacio*. En el artículo, Browning desglosa cada grupo con los patrones investigados y comienza por la *naturaleza en el espacio*, donde se presenta el ejemplo de los Jardines de la ciudad del Vaticano, donde el contacto con la naturaleza es directo, en este caso con la presencia de los árboles, topiarios, fuentes y estanques de agua (Figura 35). El otro grupo, *Análogos naturales*, se manifiesta en la referencia de objetos, materiales, colores, formas y patrones de la naturaleza. Estos atributos se evidencian en el edificio Suites Avenue en Barcelona, diseñado por el arquitecto Toyo Ito, donde en la fachada del proyecto se crea una piel de formas orgánicas para filtrar la entrada de luz natural (Figura 36). El tercer y último grupo, *Naturaleza del espacio*, trabaja directamente con las configuraciones espaciales del diseño, los Jardines acuáticos de Fort Worth son un ejemplo de cómo podemos alterar la topografía de un proyecto para crear una sensación de peligro, a través de los peldaños y las diversas caídas de agua (Figura 37). En el escrito, se destaca que estos patrones se enfocan en los beneficios psicológicos, sociológicos y cognitivos de las personas. Es un texto valioso, pues además de definir cada patrón, explica el trasfondo, origen y relación con otros patrones.



Jardines de la ciudad del Vaticano



Suites Avenue Aparthotel, Barcelona



Jardines acuáticos de Fort Worth, TX

Figuras 35, 36 y 37. Naturaleza en el espacio, análogos naturales y naturaleza del espacio. Fuente: Bill Browning et al., *14 Patterns of Biophilic Design* (New York y Washington, D.C.: Terrapin Bright Green LLC, 2014) pp. 9-10

También, en el libro *Healthy Environments, Healing Spaces* (2018), se presenta una colección de ensayos de investigadores que resaltan los beneficios curativos del **diseño biofílico** en los espacios.⁴⁸ En este libro además de ampliar las razones por la cual debemos incorporar la naturaleza en las ciudades, se abarcan temas del diseño y planificación de sistemas de transportación, sistema alimentario, arte y arquitectura y desarrollo de hospitales o centros de cuidado de personas. Estudios demuestran que la presencia adecuada de la naturaleza en los espacios reduce los niveles de estrés y depresión, tiene la capacidad de curar más rápido a los enfermos, ayuda al bienestar físico y emocional de las personas; igualmente, aporta a educar a las personas sobre la importancia de cuidar el medioambiente y ser más conscientes con el impacto que pueden causar nuestras acciones en el entorno natural.

De acuerdo al profesor Stephen R. Kellert, en el libro *Nature by Design* (2018), indica que una de las preocupaciones principales de nuestra época es que en promedio pasamos el noventa por ciento (90%) de nuestro tiempo en ambientes construidos que nos desvinculan de la naturaleza.⁴⁹ Es por esto que al hablar de salud, también debemos abundar sobre la importancia de los edificios saludables. Esta vez la Escuela de Salud Pública de Harvard publicó un artículo donde se describen nueve fundamentos necesarios para promover y aplicar en ambientes interiores de cualquier tipo⁵⁰. Los nueve factores (Figura 38) descritos son: ventilación, calidad del aire, confort térmico, humedad, polvo y plagas, seguridad y salud, calidad del agua, ruido e

⁴⁸ Timothy Beatley, Carla L. Jones y Reuben Rainey, ed., *Healthy Environments, Healing Spaces* (Charlottesville y Londres: University of Virginia Press, 2018).

⁴⁹ Stephen Kellert, *Nature by...*, p.14-16

⁵⁰ Harvard School of Public Health. *The 9 foundations of a healthy building* (2017). Recuperado: 30 de septiembre de 2019, <https://forhealth.org/>

iluminación y vistas, acompañados de no fumar y el diseño activo. Este estudio publicado en el 2017, nos muestra una vez más la relevancia e interdisciplinariedad del tema que actualmente investigamos, ya que tanto el diseño, la arquitectura, las ciencias y la salud están integradas con el fin de mejorar la calidad de vida y bienestar de las personas.



Figura 38. 9 fundamentos de un edificio saludable. Fuente: Harvard School of Public Health. *The 9 foundations of a healthy building* (2017) <https://forhealth.org/>

Al igual que el sistema de certificaciones LEED⁵¹, existe desde el 2016 un estándar de certificación llamado WELL Building Standard⁵² (desarrollado por el IWBI, *International Well Building Institute*), con el que se evalúan edificios que cumplan con 7 factores relacionados a la salud de las personas. Este sistema tiene como propósito

⁵¹ Véase 2. Arquitectura tropical y naturaleza, de esta tesina

⁵² International Well Building Institute. Recuperado: 30 de septiembre de 2019, <https://www.wellcertified.com/>

evaluar la relación entre el ambiente construido y los usuarios del mismo. Los requisitos señalados para este estándar son muy parecidos a los recién mencionados en el estudio de la Escuela de Salud Pública de Harvard. Entendemos que a medida que se siguen elaborando estudios que demuestren la importancia de conocer todos los factores que se deben atender a la hora de diseñar un espacio, se sigue validando lo que ya hemos examinado en este primer capítulo sobre la relevancia del **diseño biofílico** y la integración con distintas disciplinas.

7. Trastorno por Déficit de Naturaleza

Han quedado demostrados los beneficios de estar en contacto con la naturaleza y de cómo el **diseño biofílico** aporta a conectar a las personas con su entorno natural. Pero de igual manera, han surgido publicaciones que reflejan los efectos de no estar relacionado con la naturaleza. El periodista Richard Louv, escritor del libro *Last Child in the woods* (2005), presentó el término **trastorno por déficit de naturaleza**. En el libro distingue que no es un diagnóstico médico, pero es una manera de concienciar y reflexionar de este trastorno que afecta a los niños y a los adultos.⁵³ En el escrito, de igual manera se explica que el trastorno se puede detectar en individuos, familias y comunidades. Louv menciona que el **trastorno por déficit de naturaleza** describe los costos humanos de la alienación de la naturaleza, entre ellos: disminución del uso de los sentidos, dificultades de atención y tasas más altas de enfermedades físicas y emocionales. Tal como el Dr. Beatley habla en su libro *Biophilic Cities* (2011), Louv establece que el comportamiento de las personas puede impactarse con el diseño,

⁵³ Richard Louv, *Last child in...*, p.10-36

señalando que predomina la ausencia o inaccesibilidad de parques y espacios abiertos en las ciudades (Figuras 39 y 40).⁵⁴



Figura 39. El uso descontrolado de aparatos tecnológicos y el trastorno por déficit de naturaleza en niños. Fuente: <https://www.guiainfantil.com/los-ninos-telefono-movil-cuando-es-recomendable.htm>



Figura 40. Parque Luis Muñoz Marín / Arq. Andrés Mignucci. Fuente: <https://www.metro.pr/noticias/2016/02/18/reinauguran-parque-luis-munoz-marin.html>

En apoyo a lo antes escrito por Louv, la psicóloga Heike Freire en su libro *Educación Verde* (2011), hace un llamado a la necesidad de hacer un cambio profundo.⁵⁵ Explica que la naturaleza se ha convertido en un bien de consumo, como si fuera una atracción turística. Esto trae graves consecuencias, específicamente en los niños pues la relación es una inusual y eventualmente se convierte en aburrida. Como parte de las consecuencias descritas por la psicóloga, se encuentran: la falta de espontaneidad y autenticidad, una alteración de los bioritmos, sensibilidad limitada, obesidad, aumento de los problemas de concentración e incremento de los comportamientos violentos, entre otros.⁵⁶

Como hemos visto, las investigaciones relacionadas a la naturaleza y la arquitectura, específicamente del **diseño biofílico**, no se han detenido, sino que han aumentado, dejando sin embargo el clima tropical como uno no incluido en sus

⁵⁴ Timothy Beatley, *Biophilic...*, p.10-16

⁵⁵ Heike Freire, *Educación Verde* (Barcelona: Editorial GRAO de IRIF, S.L., 2011).

⁵⁶ Heike Freire, *Educación en...*, p.29-32

investigaciones. Estudiosos como Stephen Kellert, Timothy Beatley y Bill Browning, han contribuido directamente al desarrollo de nuevo conocimiento desde el campo de las ciencias y el diseño con escritos de gran aporte al desarrollo del tema. De igual manera, el arquitecto Stagno en Costa Rica, ha comenzado a implementar sistemas sostenibles que van de acuerdo a su región y clima, con la norma RESET. Ahora bien, nos falta dar un salto a la implementación y evaluación de estos nuevos estudios en nuestros contextos tropicales y caribeños. Tomando en cuenta los términos estudiados, en el segundo capítulo, enfocaremos nuestra investigación en los elementos, características y atributos que se toman en consideración a la hora de aplicar estos conceptos, dirigido a un análisis de casos de estudio vinculados al trópico y a una tipología educativa. A la luz de un examen arquitectónico comparativo, evaluaremos construcciones dedicadas a los niños, explorando cuáles son las características frecuentes y particularidades, que servirán de punto de partida para generar un catálogo de elementos a considerar por los arquitectos y diseñadores en el proceso de diseño.

Capítulo II: Análisis de Casos

En este capítulo de análisis se mostrarán diferentes obras arquitectónicas que incluyen conceptos sustentables e incorporan a la naturaleza en su diseño. Nuestra investigación está enmarcada bajo una metodología cualitativa, no interactiva, basada en un análisis de conceptos teóricos e históricos. Para recopilar los datos se estudiaron documentos (fotografías y dibujos arquitectónicos) y material audiovisual relacionado al tema y a cada proyecto. A través de *casos de estudio*, tomando en cuenta como factor principal ubicación y condiciones climáticas, se trabajará una matriz de datos para facilitar la interpretación de los elementos y atributos vinculados al *diseño biofílico* y así conocer qué elementos son más utilizados que otros.

El libro que ya hemos examinado, *Creating Biophilic Buildings*⁵⁷ escrito por la arquitecta Amanda Sturgeon, es el primero que selecciona obras arquitectónicas modernas para evaluarlas de acuerdo a los elementos del *diseño biofílico*. Los 14 casos estudiados en el libro, representan diversas tipologías, escalas y ubicación. La mayoría de casos pertenecen a países donde no predomina el clima tropical, por ejemplo, Estados Unidos, Canadá, Nueva Zelanda, China y Australia. Dentro de los casos mencionados, 1 caso en Hawaii es el que atiende el *diseño biofílico* desde el clima tropical, el resto de los casos están ubicados en climas templados. Esta fue una de las motivaciones que nos llevó a realizar una selección de casos donde el factor principal es el clima.

⁵⁷ Amanda Sturgeon, *Creating Biophilic...*, p. 190-195

Como residentes de una isla con un clima constante todo el año y con fenómenos atmosféricos particulares, entendemos que el clima es un componente indispensable para cualquier proyecto arquitectónico. De acuerdo al diseño biofílico, las intenciones y soluciones que realice cada diseñador deberían estar relacionadas directamente al ambiente natural exterior, para fortalecer así el vínculo de las personas con la naturaleza. El propósito es que mediante el estudio del rol del *diseño biofílico*, se pueda demostrar la aplicabilidad y diversidad de decisiones tomadas desde la arquitectura tropical, para crear espacios que reconecten a las personas con la naturaleza y que a la vez respondan responsablemente a la *crisis climática* que enfrentamos actualmente. Al considerar, teorías, investigaciones pasadas y obras arquitectónicas, queremos que se pueda establecer un precedente sobre la presencia del *diseño biofílico* en la arquitectura tropical.

Todos los casos seleccionados son edificios dedicados a los niños con una tipología educativa. Se seleccionaron dos casos de estudio de 4 países distintos (Figura 41), Vietnam, India, Colombia y Puerto Rico (dos del hemisferio oriental y dos del hemisferio occidental). A la vez, por cada país son 2 casos, estos son: *Chuon Chuon Kim Kindergarten (C1)* y *Jardín Infantil Farming (C2)* en Vietnam; *Escuela Ekya en Kanakapura Road (C3)* y *DPS Kindergarten School (C4)* en India; *Jardín de Niños CCB (C5)* y el *Centro de Desarrollo Infantil El Guadual (C6)* en Colombia; y, *Head Start Gruta de Lourdes (C7)* y *Escuela Niños Uniendo al Mundo (C8)* en Puerto Rico.



Figura 41. Mapa que muestra los países seleccionados dentro de la zona tropical para el estudio de casos.

Para evaluar las siguientes obras arquitectónicas utilizaremos los siguientes parámetros ya discutidos en el primer capítulo: los *10 elementos recurrentes en la arquitectura tropical*⁵⁸ designados por el arquitecto Bruno Stagno y los *elementos y atributos del diseño biofílico*⁵⁹, descritos por el ecologista social Stephen Kellert. A partir de estos dos componentes se buscará crear una matriz que sirva como herramienta de observación, clasificación, interpretación y apoyo al diseñar.

A continuación se discutirán las características de cada caso acompañadas de gráficas y diagramas que apoyen las imágenes de cada proyecto.

⁵⁸ Andrés Mignucci, *Bruno Stagno: Una arquitectura...*, p.26

⁵⁹ Stephen Kellert, Judith H. Heerwagen y Martin L. Mador, *Biophilic Design: the theory, science...*, p. 6-15

Casos de estudio

Clima tropical

8 casos

4 países

Vietnam



C1- Chuon Chuon Kim Kindergarten
C2- Jardín Infantil Farming

India



C3- Escuela Ekya - Kanakapura Road
C4- DPS Kindergarten School

Colombia



C5- Jardín de Niños CCB
C6- Centro de Desarrollo Infantil El Guadual

Puerto Rico



C7- Head Start Gruta de Lourdes
C8- Escuela Ecológica Niños Uniendo al Mundo

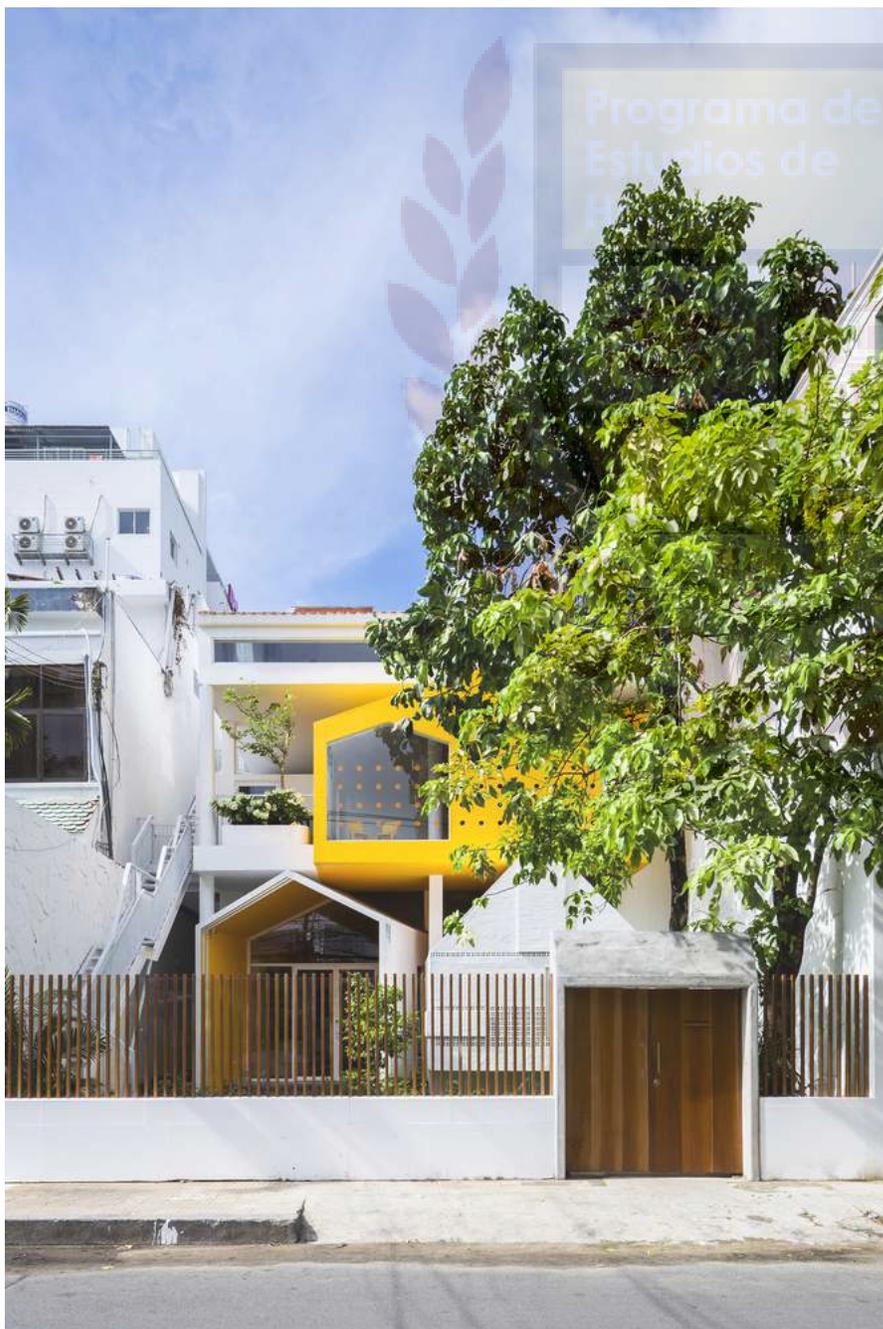
C1 Chuon Chuon Kim Kindergarten

District 1, Vietnam

KIENTRUC O

2015

El Chuon Chuon Kim Kindergarten, diseñado por la firma KIENTRUC O, es un proyecto de remodelación en un contexto urbano y entre medianeras. Se conservó la estructura de la antigua casa y se cambió la fachada, adaptándola para un preescolar privado. Al no tener espacio para crecer, el proyecto cuenta con espacios flexibles y multifuncionales que pueden ajustarse en tamaño de acuerdo a su uso. Las entradas de luz, le dan variedad y dinamismo a cada espacio. Los arquitectos destacan que lo más importante para ellos fue entender y crear espacios que los niños se sientan cómodos, seguros y libres, así que la variedad en tamaños, escalas y materiales jugaron un rol significativo para lograr lo antes mencionado. En este centro educativo, el patio y el área de juego más grande está en la parte frontal y una pequeña parte atrás.

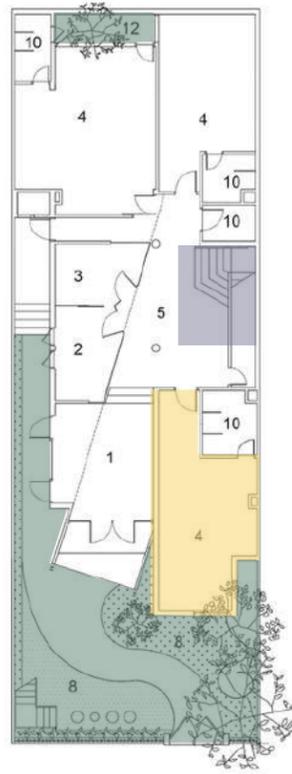


10 elementos recurrentes en la arquitectura tropical

los espacios abiertos pero contenidos	X
los techos inclinados de gran pendiente que evacuan el agua con rapidez	X
los grandes aleros que protegen de la luz directa y de la lluvia	
la fachada perforada que permite filtrar la luz y posibilitar la ventilación cruzada	X
los zócalos que protegen contra la humedad	X
los grandes drenajes necesarios para el manejo de escorrentías en el sitio	
la incorporación de la vegetación como elemento y filtro arquitectónico	X
la penumbra de los espacios interiores para matizar la potente luz tropical y combatir el deslumbramiento	X
los espacios intermedios para crear micro zonas térmicas entre el exterior y el interior	
el zaguán como conector, espacios de uso y canal de ventilación en las viviendas	

*Definidos por el Arq. Bruno Stagno. Fuente: Andrés Mignucci, *Bruno Stagno: Una arquitectura para el trópico* (San Juan, A+editores, 2019), p.26.

Características ambientales		Figuras y formas naturales		Patrones y procesos naturales	
Color (circulación, jerarquía, distribución)	X	Motivos botánicos		Variabilidad sensorial	X
Agua (estanques, fuentes, paisaje)		Soportes de árbol y columnares		Riqueza de la información	X
Aire (ventilación natural)		Motivos animales (principalmente vertebrados)		Edad, cambio y pátina del tiempo	
Luz del sol	X	Conchas y espirales		Crecimiento y eflorescencia	
Plantas (patios, techos, paredes)	X	Huevo, formas ovales y tubulares		Punto focal central	X
Animales		Arcos, bóvedas, cúpulas		Patrones estampados	X
Materiales naturales	X	Formas resistentes a líneas y ángulos rectos		Espacios delimitados	X
Vistas al exterior	X	Simulación de características naturales		Espacios transitorios	X
Fachada verde		Biomorfismo		Series vinculadas y cadenas	X
Geología y paisaje		Geomorfología		Integración de partes a totalidades	X
Hábitats y ecosistemas		Biomímesis		Contrastes complementarios	X
Fuego				Balance dinámico y tensión	X
Luz y espacio		Relaciones basadas en el lugar		Relaciones evolucionadas de la naturaleza humana	
Luz natural	X	Conexión geográfica al lugar		Perspectiva y refugio	X
Luz filtrada y difusa	X	Conexión histórica al lugar	X	Orden y complejidad	
Luz y sombra	X	Conexión ecológica al lugar	X	Curiosidad y tentación	X
Luz reflejada		Conexión cultural al lugar		Cambio y metamorfosis	
Piscinas de luz	X	Materiales indígenas		Seguridad y protección	
Luz cálida	X	Orientación al paisaje	X	Dominio y control	
Luz como forma	X	Características del paisaje que definen la forma del edificio		Cariño y apego	
Amplitud	X	Ecología del paisaje		Atracción y belleza	X
Variabilidad espacial	X	Integración de cultura y ecología		Exploración y descubrimiento	X
El espacio como forma	X	Espíritu del lugar		Información y cognición	X
Armonía espacial	X	Evitar la falta del lugar	X	Miedo y asombro	
Espacios interiores-exteriores				Reverencia y espiritualidad	

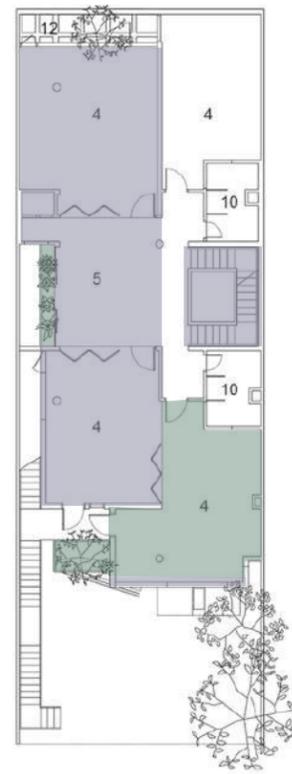


GF PLAN



- | | | |
|------------------|------------------|----------------|
| 1. RECEPTION | 5. FREE SPACE | 9. TERRACE |
| 2. STAFF | 6. ART CLASSROOM | 10. LAVATORIES |
| 3. RECOVERY ROOM | 7. KITCHEN | 11. LAUNDRY |
| 4. CLASSROOM | 8. PLAY GROUND | 12. BACK YARD |

Planta 1er Nivel



1F PLAN

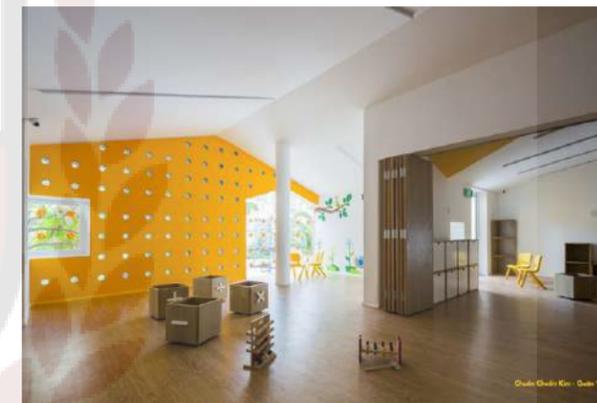


- | | | |
|------------------|------------------|----------------|
| 1. RECEPTION | 5. FREE SPACE | 9. TERRACE |
| 2. STAFF | 6. ART CLASSROOM | 10. LAVATORIES |
| 3. RECOVERY ROOM | 7. KITCHEN | 11. LAUNDRY |
| 4. CLASSROOM | 8. PLAY GROUND | 12. BACK YARD |

Planta 2do Nivel

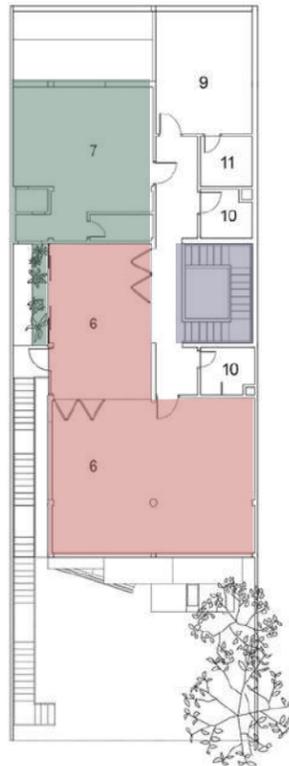


Punto focal central,
 en este proyecto podemos interpretar la escalera como el punto de referencia más importante. Además, es esta la que permite la circulación vertical a través de este centro infantil. El uso del color y de los estampados con formas circulares hacen que este espacio se destaque sobre los demás.



Materiales naturales,
 la madera es uno de los materiales más utilizados en el interior de este proyecto en los pisos, muebles, plafones y puertas.

Integración de partes a totalidades y series vinculadas y cadenas,
 al ser una antigua casa transformada en un jardín de infancia, los espacios son más limitados. En este caso, los salones cuentan con un sistema de paredes plegables que permiten que el espacio sea un gran salón o que se pueda subdividir en varios salones. Lo clasificamos bajo estos atributos, ya que son utilizados todos como salones de clase y representan los espacios más importantes para el desarrollo educativo de los niños.

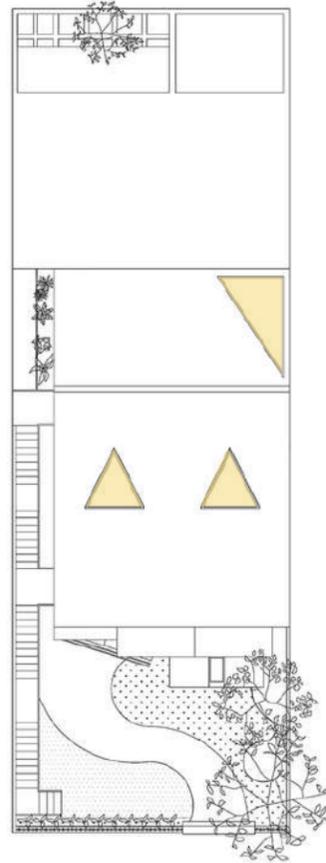


2F PLAN



- | | | |
|------------------|------------------|----------------|
| 1. RECEPTION | 5. FREE SPACE | 9. TERRACE |
| 2. STAFF | 6. ART CLASSROOM | 10. LAVATORIES |
| 3. RECOVERY ROOM | 7. KITCHEN | 11. LAUNDRY |
| 4. CLASSROOM | 8. PLAY GROUND | 12. BACK YARD |

Planta 3er Nivel



RF PLAN

Planta de Techo



Variabilidad sensorial y exploración y descubrimiento,
 como parte esencial del desarrollo de los niños, los sentidos deben despertarse a través de la luz, la vista, el tacto y la audición, entre otros. En este proyecto, desde su exterior se presenta materiales con texturas, colores y formas que fomentan la curiosidad y percepción de los espacios. La variación de alturas en los plafones interiores también enriquecen la experiencia desde la perspectiva del niño.

Vistas al exterior,
 el tener acceso a ventanas que dan hacia los patios con vista a las plantas y los árboles fomenta un espacio más familiar, cómodo y relajante. Además, desde la perspectiva educativa, el poder contar con vistas a la naturaleza desde los salones de clase promueve un mejor aprendizaje para los niños.

Luz natural,
 a través del proyecto, la luz siempre está presente, pero en el 3er nivel la luz es el elemento principal del espacio. Grandes ventanas y tragaluces permiten que los espacios sean más acogedores, sin tener que utilizar luz artificial para iluminar el proyecto.



Incorporación de la vegetación, diversas estaciones donde se añaden árboles y plantas que son parte de áreas de juego y vistas desde ventanas. También hay grandes árboles (existentes en el solar) que filtran la entrada de luz a los espacios.

Techo inclinado de gran pendiente, permite la entrada luz natural a través de tragaluces triangulares y mover el agua de lluvia con rapidez

Fachada perforada y patrones estampados, en este caso solo permite filtrar la luz, pues no está abierta para que también haya flujo de ventilación natural.



Elementos recurrentes de la arquitectura tropical*

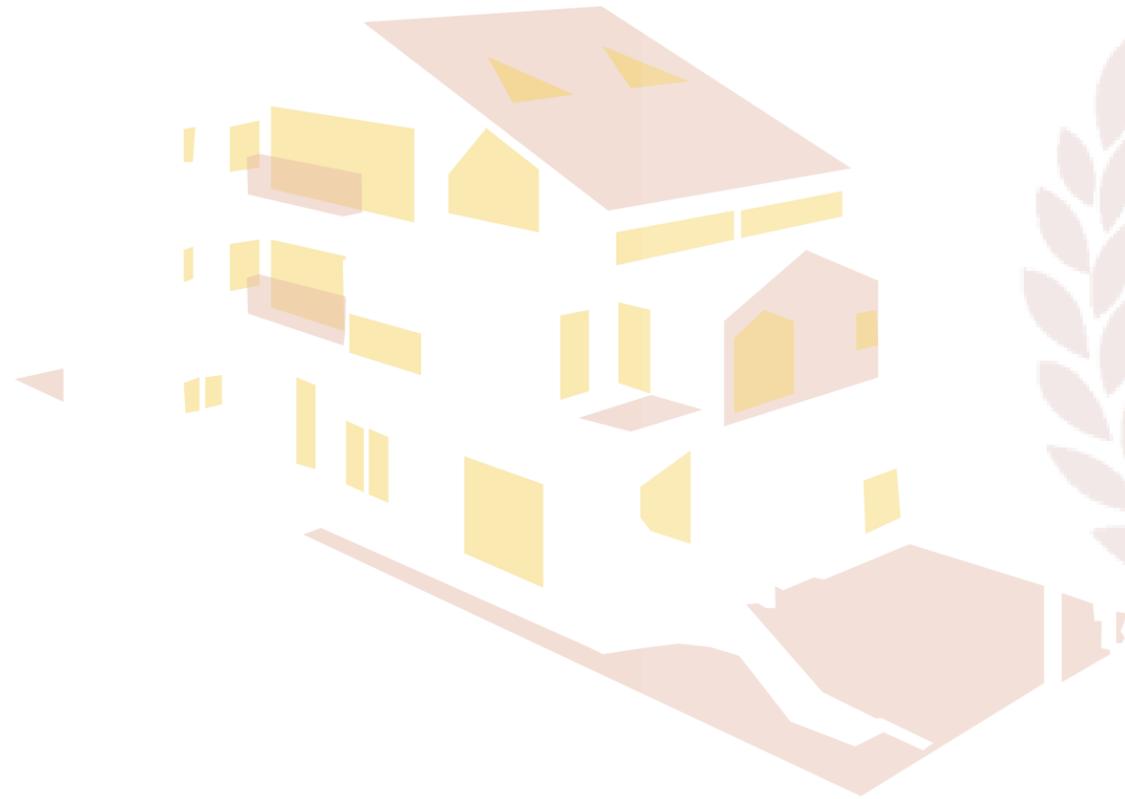
*Definidos por el Arq. Bruno Stagno. Fuente: Andrés Mignucci, *Bruno Stagno: Una arquitectura para el trópico* (San Juan, A+editores, 2019), p.26.



Elementos y atributos del diseño biofílico*
Luz y espacio

*Según Stephen Kellert. Stephen Kellert, Judith H. Heerwagen y Martin L. Mador, *Biophilic Design: the theory, science and practice of bringing buildings to life* (New Jersey: John Wiley & Sons, 2008), p.6-15

Luz y espacio, a través de la luz este centro infantil convierte todos sus espacios en lugares particulares y dinámicos, gracias a las diversas experiencias que la luz fomenta. En este proyecto, la luz está presente en los salones, escaleras, áreas comunes y baños, en todas desde diferentes aplicaciones. La luz se presenta filtrada, cálida, intensa y brillante en ciertos lugares y hasta matizada con los mismos colores utilizados en el proyecto.



Elementos recurrentes de la arquitectura tropical*

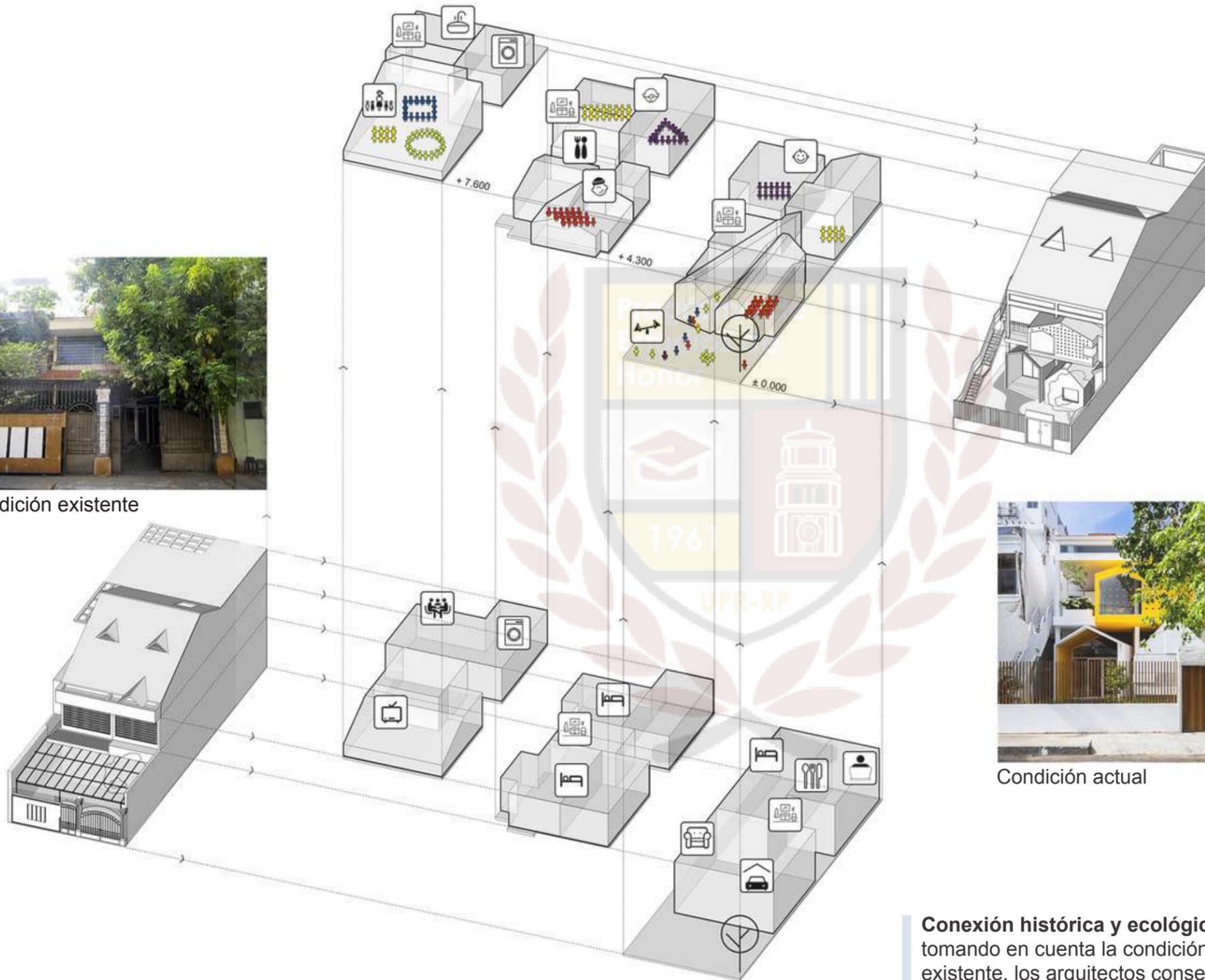
*Definidos por el Arq. Bruno Stagno. Fuente: Andrés Mignucci, *Bruno Stagno: Una arquitectura para el trópico* (San Juan, A+editores, 2019), p.26.

Elementos y atributos del diseño biofílico Luz y espacio

*Según Stephen Kellert. Stephen Kellert, Judith H. Heerwagen y Martin L. Mador, *Biophilic Design: the theory, science and practice of bringing buildings to life* (New Jersey: John Wiley & Sons, 2008), p.6-15



Condición existente



Condición actual

Conexión histórica y ecológica al lugar,

tomando en cuenta la condición en medianeras del solar, junto a la antigua casa existente, los arquitectos conservaron su sistema estructural y la transformaron en esta guardería. A pesar de ser tipologías tan distintas, los arquitectos lograron organizar los espacios efectivamente, sin tener que comprometer el acceso a luz natural y vistas a los patios. Ecológicamente, se preservaron los grandes árboles existentes, respetando así su valor histórico y ambiental, tanto para la comunidad como para los estudiantes que asistan a este centro.

Jardín Infantil Farming

Biên Hòa, Vietnam

Vo Trong Nghia Architects

2013

El Jardín Infantil Farming, es un proyecto innovador en Vietnam, ya que a pesar de tener un presupuesto limitado, logra atender las necesidades de los estudiantes y del clima. El proyecto se presenta como un techo verde continuo que rodea 3 grandes patios interiores. La naturaleza se integra a este proyecto desde varios recursos. El techo verde, que también es patio de juego, promueve la educación agrícola, donde los niños aprenden la importancia de la agricultura y la buena alimentación. De igual modo, el techo está equipado con paneles solares para enseñar conceptos de sustentabilidad y ahorro de energía y agua. Debajo del gran techo, están organizados los salones y otros espacios de actividad escolar. Cabe destacar, que este proyecto opera sin aire acondicionado, funcionando con grandes aleros, quiebrasoles y ventanas operables que permiten la entrada de ventilación natural y luz filtrada.



10 elementos recurrentes en la arquitectura tropical

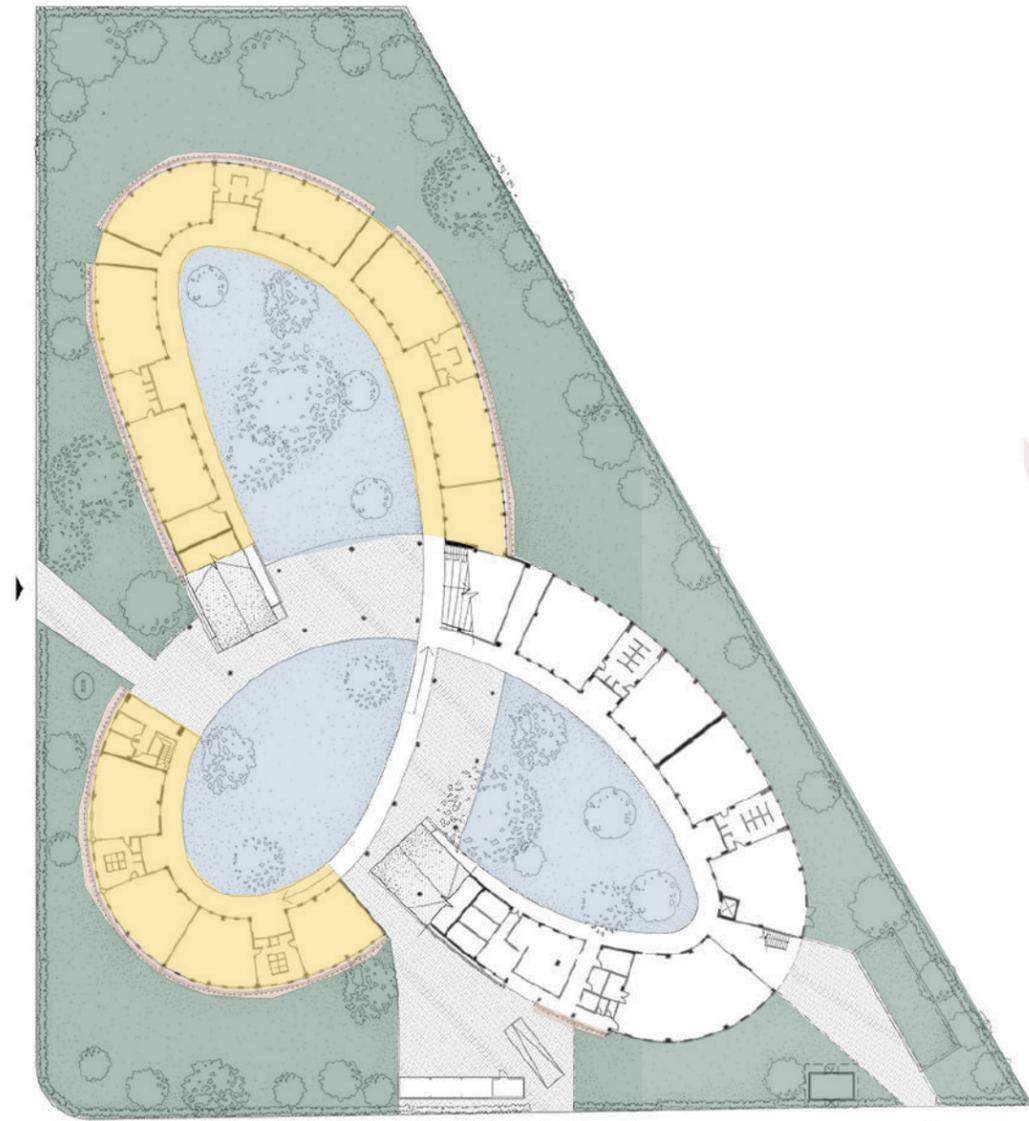
los espacios abiertos pero contenidos	X
los techos inclinados de gran pendiente que evacuan el agua con rapidez	X
los grandes aleros que protegen de la luz directa y de la lluvia	X
la fachada perforada que permite filtrar la luz y posibilitar la ventilación cruzada	X
los zócalos que protegen contra la humedad	
los grandes drenajes necesarios para el manejo de escorrentías en el sitio	X
la incorporación de la vegetación como elemento y filtro arquitectónico	X
la penumbra de los espacios interiores para matizar la potente luz tropical y combatir el deslumbramiento	X
los espacios intermedios para crear micro zonas térmicas entre el exterior y el interior	
el zaguán como conector, espacios de uso y canal de ventilación en las viviendas	

*Definidos por el Arq. Bruno Stagno. Fuente: Andrés Mignucci, *Bruno Stagno: Una arquitectura para el trópico* (San Juan, A+editores, 2019), p.26.

Características ambientales		Figuras y formas naturales		Patrones y procesos naturales	
Color (circulación, jerarquía, distribución)		Motivos botánicos		Variabilidad sensorial	X
Agua (estanques, fuentes, paisaje)		Soportes de árbol y columnares	X	Riqueza de la información	X
Aire (ventilación natural)	X	Motivos animales (principalmente vertebrados)		Edad, cambio y pátina del tiempo	
Luz del sol	X	Conchas y espirales	X	Crecimiento y eflorescencia	X
Plantas (patios, techos, paredes)	X	Huevo, formas ovales y tubulares		Punto focal central	
Animales		Arcos, bóvedas, cúpulas		Patrones estampados	X
Materiales naturales		Formas resistentes a líneas y ángulos rectos	X	Espacios delimitados	X
Vistas al exterior	X	Simulación de características naturales	X	Espacios transitorios	X
Fachada verde	X	Biomorfismo		Series vinculadas y cadenas	
Geología y paisaje		Geomorfología		Integración de partes a totalidades	X
Hábitats y ecosistemas		Biomímesis		Contrastes complementarios	X
Fuego				Balance dinámico y tensión	
Luz y espacio		Relaciones basadas en el lugar		Relaciones evolucionadas de la naturaleza humana	
Luz natural	X	Conexión geográfica al lugar		Perspectiva y refugio	X
Luz filtrada y difusa	X	Conexión histórica al lugar	X	Orden y complejidad	X
Luz y sombra	X	Conexión ecológica al lugar	X	Curiosidad y tentación	X
Luz reflejada		Conexión cultural al lugar	X	Cambio y metamorfosis	
Piscinas de luz		Materiales indígenas		Seguridad y protección	
Luz cálida	X	Orientación al paisaje	X	Dominio y control	X
Luz como forma		Características del paisaje que definen la forma del edificio		Cariño y apego	X
Amplitud	X	Ecología del paisaje		Atracción y belleza	X
Variabilidad espacial	X	Integración de cultura y ecología	X	Exploración y descubrimiento	X
El espacio como forma	X	Espíritu del lugar	X	Información y cognición	X
Armonía espacial	X	Evitar la falta del lugar	X	Miedo y asombro	X
Espacios interiores-exteriores	X			Reverencia y espiritualidad	

C2 Dibujos arquitectónicos

Jardín Infantil Farming
Biên Hòa, Vietnam
Vo Trong Nghia Architects

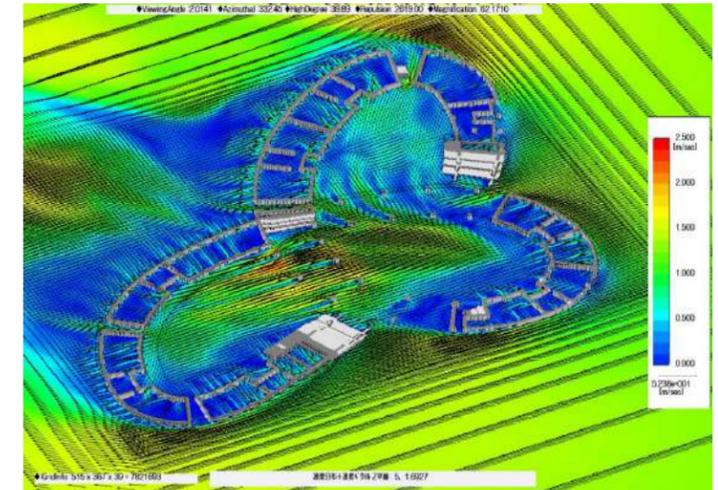


Planta 1er Nivel



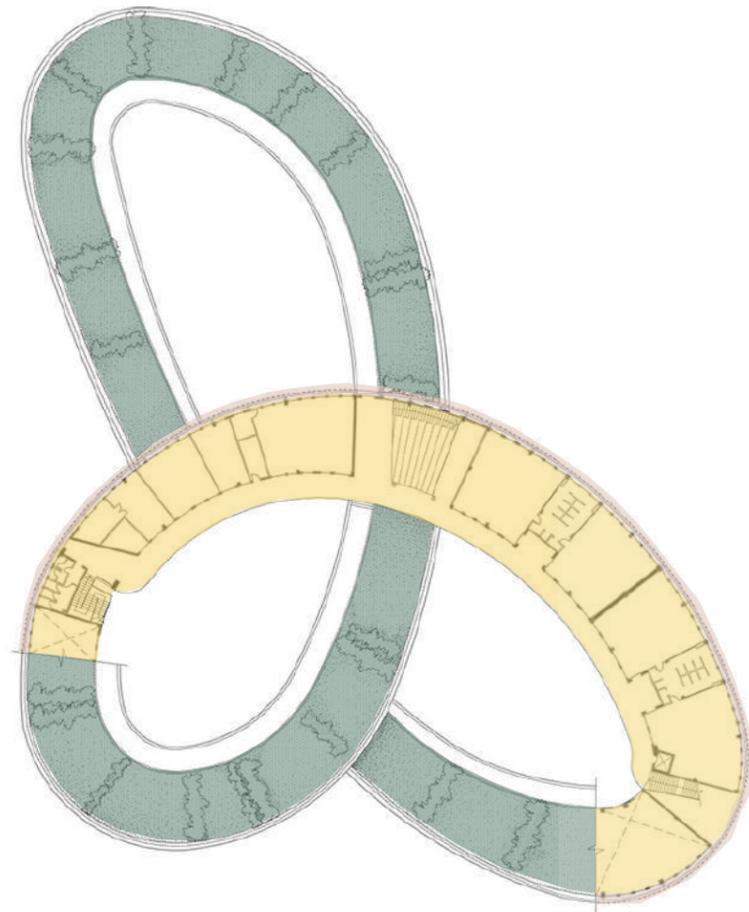
Conexión histórica, cultural y ecológica,

los estudiantes de este jardín infantil son hijos de los empleados de una fábrica que está ubicada justo al lado del solar, por ende, los arquitectos de este proyecto tomaron en consideración la población y comunidad que se atendería. Además, la particular forma de este proyecto respeta los árboles existentes que se encontraban en el solar antes de intervenir, esto le añade un mayor valor ambiental y ecológico.



Fachada perforada, luz y ventilación natural,

para poder lograr este proyecto con un bajo presupuesto, el equipo de arquitectos que trabajaron con el diseño, quisieron maximizar las condiciones ambientales que el solar les podría brindar. Para esto utilizan un quebrasol que funcione como la piel del edificio y permita la entrada de luz difusa y ventilación natural. Otras estrategias aplicadas para que el proyecto ventilara naturalmente fueron: los patios interiores, las fachadas verdes para filtrar la entrada de luz y el techo verde para disminuir la incidencia solar y reducir las temperaturas interiores de los salones. Durante el proceso de diseño se hicieron estudios computarizados relacionados al grado de las aperturas y la posición de las ventanas, para así lograr operar sin aire acondicionado.



Planta 2do Nivel



Incorporación de la vegetación,

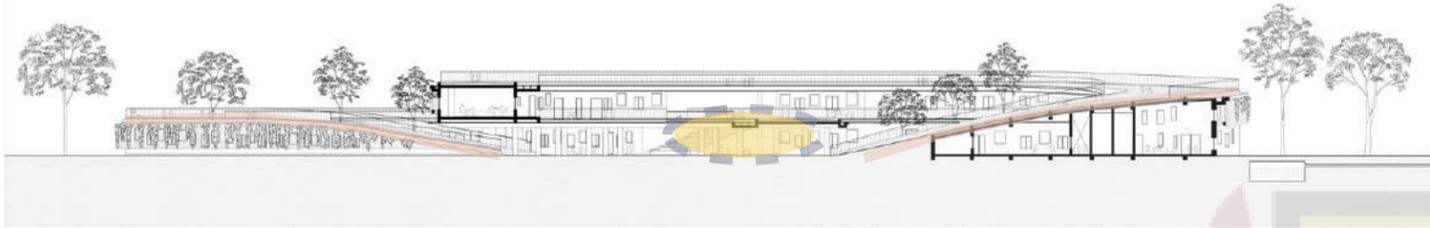
este centro infantil se distingue por los 3 patios interiores encerrados por la forma curva del edificio que a su vez es el gran techo verde que lo cubre. Este espacio curvo es área de juego para los niños pero también es salón de clases. Ciertas partes de este techo habitable se convierten en huerto escolar, donde se le da gran énfasis a la educación agrícola y la seguridad alimentaria. También en el techo hay paneles solares para calentar el agua de una manera más sustentable y aprender sobre energías renovables.

Cariño y apego, exploración y descubrimiento,

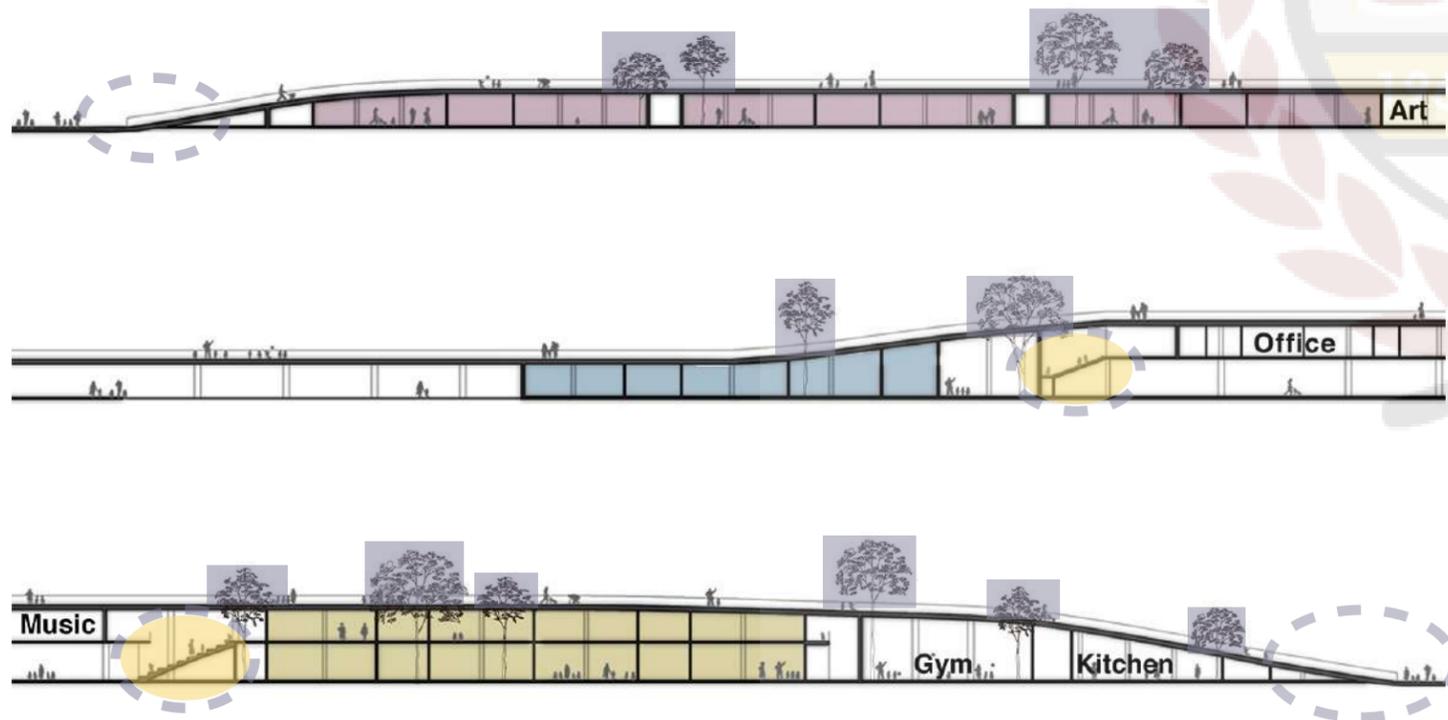
el cariño por la naturaleza debe promoverse desde las etapas más pequeñas y es clave en el desarrollo de la niñez. El respeto y admiración por la naturaleza es uno de los valores que se buscan reforzar a través del diseño biofílico y en este proyecto podemos ver cómo exitosamente se logra una reconexión de los niños con la naturaleza. El huerto escolar, además de cumplir su propósito educativo, amplía los sentidos y fomenta la curiosidad, imaginación, creatividad y resolución de problemas.

C2 Dibujos arquitectónicos

Jardín Infantil Farming
Biên Hòa, Vietnam
Vo Trong Nghia Architects



Sección



Sección continua



Espacios interiores-exteriores y espacios transitorios,

además de crear espacios con vistas directas a la naturaleza, este proyecto cuenta con espacios interiores-exteriores que están conectados con las áreas verdes. Un ejemplo de este espacio transitorio lo podemos ver en las escaleras que permiten subir al segundo nivel del jardín infantil, pero a su vez también sirven como área de reunión y estar. Estos espacios entre el entorno construido y el ambiente natural son importantes para los usuarios, ya que permiten diversificar la experiencia educativa de los niños en la escuela. Los estudiantes desarrollan un sentido de sensibilidad que se consigue estando expuestos a espacios como estos.



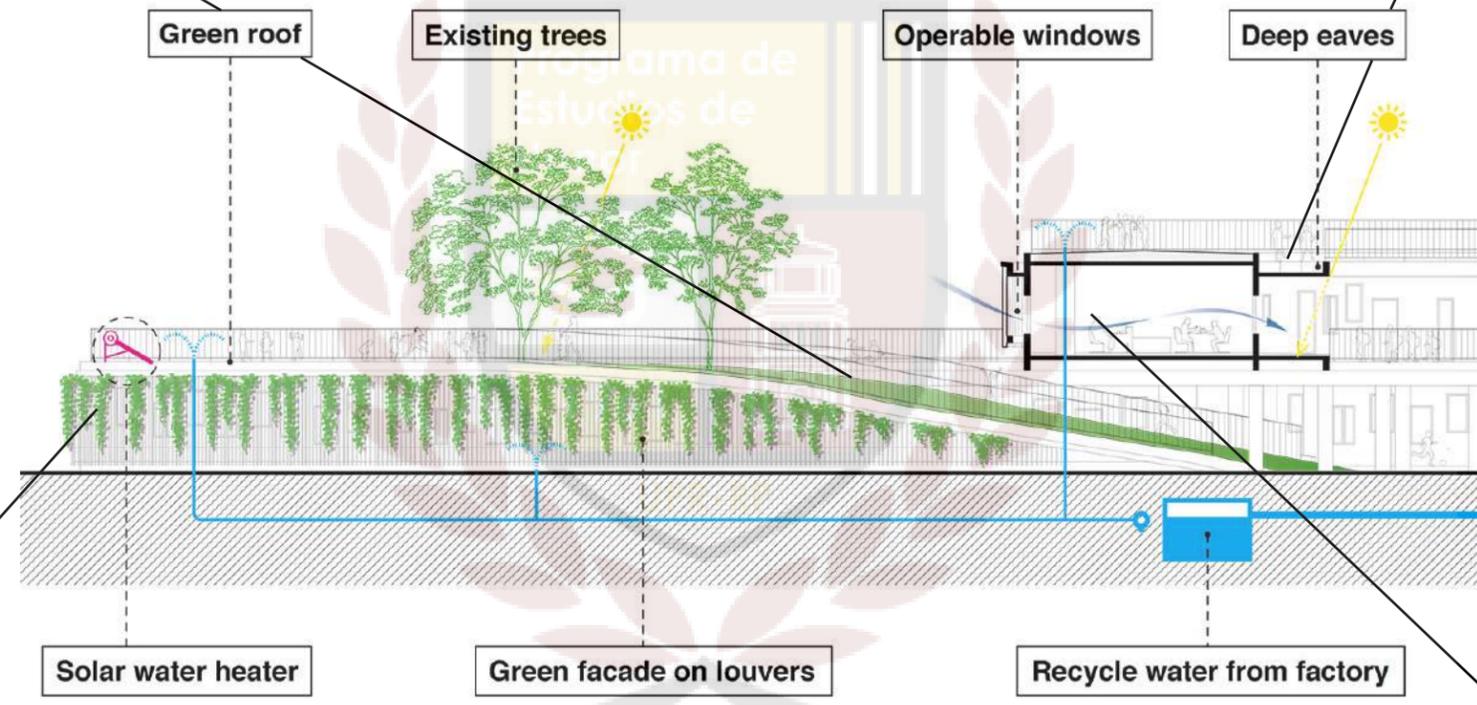
Crecimiento y eflorescencia,

como una analogía, podemos interpretar que al igual que en el solar habían árboles maduros, también se plantaron árboles jóvenes que seguirán desarrollándose y creciendo, haciendo que el proyecto envejezca junto a la naturaleza. De igual manera, este centro infantil recibe y atiende a niños que en unos cuantos años habrán completado su ciclo en este jardín y vendrán otros a crecer. Este patrón refleja las similitudes entre los procesos naturales y humanos.

C2 Dibujos arquitectónicos

Jardín Infantil Farming
Biên Hòa, Vietnam
Vo Trong Nghia Architects

Techos inclinados de gran pendiente, en este edificio el techo es el corazón del proyecto. A diferencia de otros casos, este techo habitable funciona también como rampa de acceso. Al tener partes inclinadas se facilita la recolección de agua de lluvia.



Fachada verde, desde el 1er nivel hasta el 2do nivel. Los quebrasoles verticales de hormigón funcionan como jardines verticales con enredaderas.



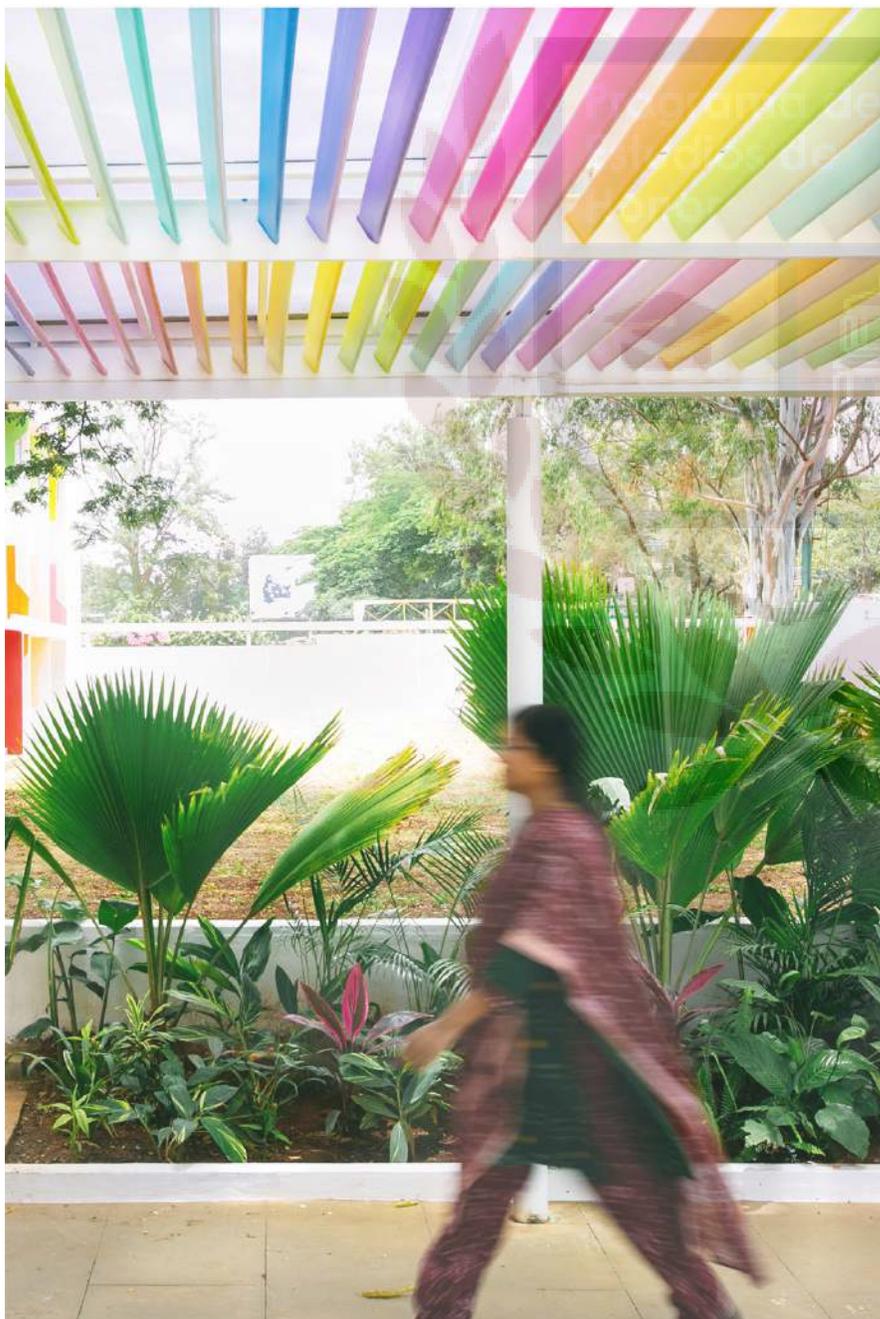
Grandes aleros, permiten la circulación por el centro infantil y protegen la luz directa y de la lluvia.



Vistas al exterior, todos los salones cuentan con ventanas que permiten vistas a los patios interiores y al techo verde.



La Escuela Ekya en Kanakapura Road diseñada por la firma de arquitectura CollectiveProject e inaugurada en el 2014, es un proyecto de restauración y remodelación. El edificio existente era una antigua fábrica de relojes que ya estaba abandonada y fue transformada en un centro educativo Montessori. El proyecto tiene como propósito crear una interacción constante de los niños con la naturaleza, así que el centro de esta escuela es el patio interior rodeado por pasillos cubiertos que permiten la entrada a los salones de clase. La escuela cuenta con 13 aulas con ventanas que promueven las vistas al exterior, además de brindar luz y ventilación natural. Otros elementos característicos de este proyecto son los quebrasones y pérgolas de colores que filtran la luz del sol y crean ambientes más dinámicos, atractivos y divertidos para los niños.



10 elementos recurrentes en la arquitectura tropical

los espacios abiertos pero contenidos	X
los techos inclinados de gran pendiente que evacuan el agua con rapidez	
los grandes aleros que protegen de la luz directa y de la lluvia	X
la fachada perforada que permite filtrar la luz y posibilitar la ventilación cruzada	X
los zócalos que protegen contra la humedad	
los grandes drenajes necesarios para el manejo de escorrentías en el sitio	
la incorporación de la vegetación como elemento y filtro arquitectónico	X
la penumbra de los espacios interiores para matizar la potente luz tropical y combatir el deslumbramiento	X
los espacios intermedios para crear micro zonas térmicas entre el exterior y el interior	X
el zaguán como conector, espacios de uso y canal de ventilación en las viviendas	

*Definidos por el Arq. Bruno Stagno. Fuente: Andrés Mignucci, *Bruno Stagno: Una arquitectura para el trópico* (San Juan, A+editores, 2019), p.26.

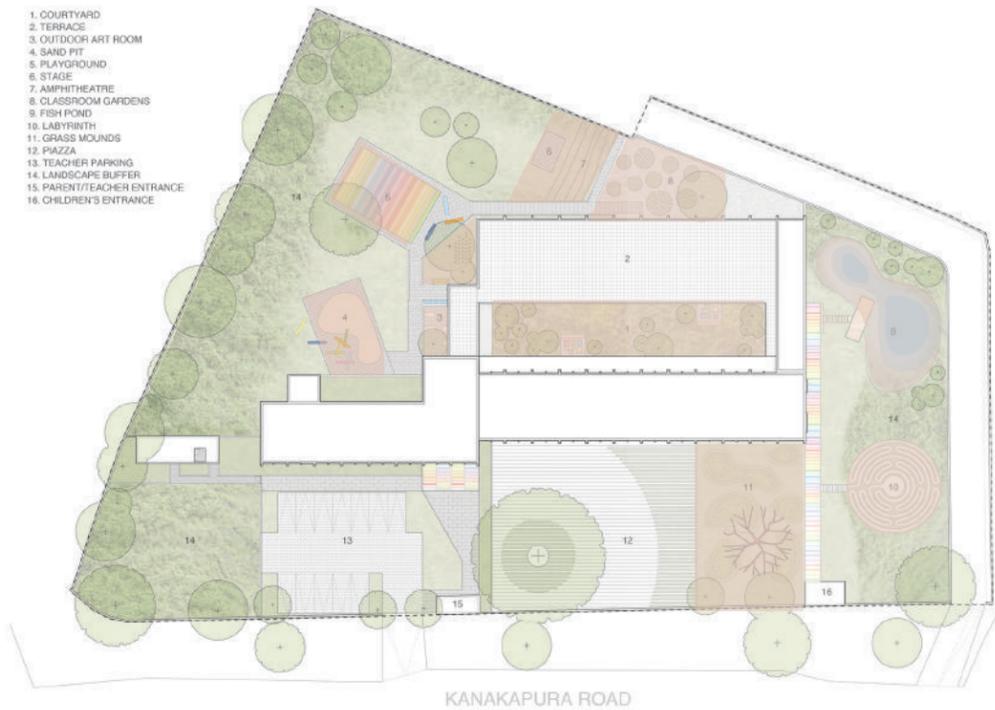
Características ambientales	
Color (circulación, jerarquía, distribución)	X
Agua (estanques, fuentes, paisaje)	X
Aire (ventilación natural)	X
Luz del sol	X
Plantas (patios, techos, paredes)	X
Animales	X
Materiales naturales	
Vistas al exterior	X
Fachada verde	
Geología y paisaje	
Hábitats y ecosistemas	
Fuego	
Luz y espacio	
Luz natural	X
Luz filtrada y difusa	X
Luz y sombra	X
Luz reflejada	
Piscinas de luz	
Luz cálida	X
Luz como forma	
Amplitud	X
Variabilidad espacial	X
El espacio como forma	X
Armonía espacial	X
Espacios interiores-exteriores	X

Figuras y formas naturales	
Motivos botánicos	
Soportes de árbol y columnares	
Motivos animales (principalmente vertebrados)	X
Conchas y espirales	
Huevo, formas ovales y tubulares	
Arcos, bóvedas, cúpulas	
Formas resistentes a líneas y ángulos rectos	
Simulación de características naturales	
Biomorfismo	
Geomorfología	
Biomímesis	
Relaciones basadas en el lugar	
Conexión geográfica al lugar	
Conexión histórica al lugar	X
Conexión ecológica al lugar	
Conexión cultural al lugar	
Materiales indígenas	
Orientación al paisaje	
Características del paisaje que definen la forma del edificio	
Ecología del paisaje	
Integración de cultura y ecología	
Espíritu del lugar	
Evitar la falta del lugar	X

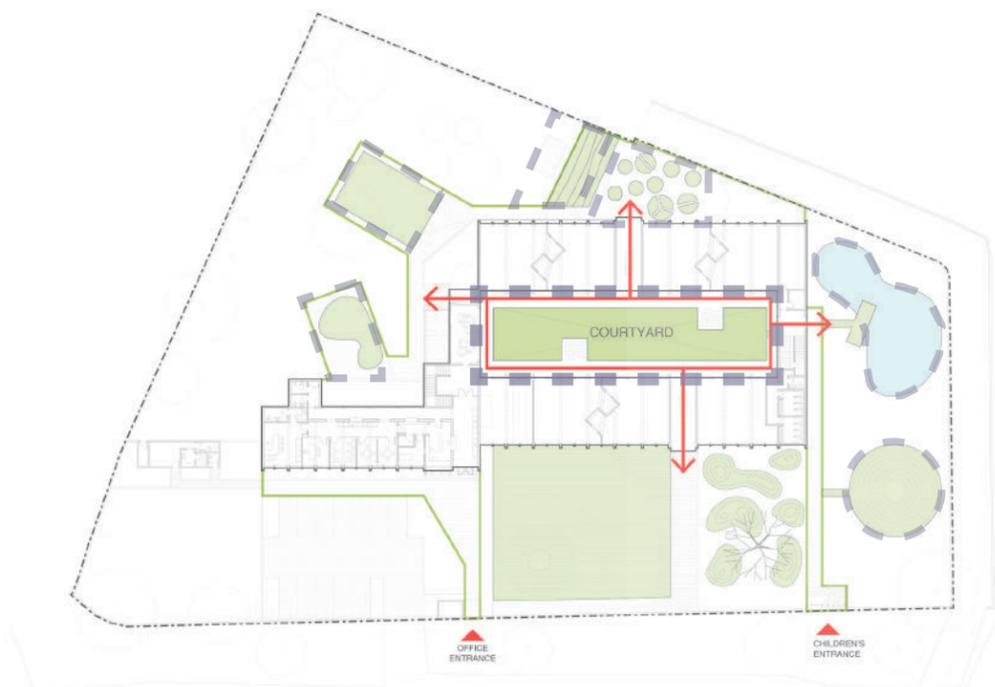
Patrones y procesos naturales	
Variabilidad sensorial	X
Riqueza de la información	X
Edad, cambio y pátina del tiempo	
Crecimiento y eflorescencia	X
Punto focal central	
Patrones estampados	X
Espacios delimitados	X
Espacios transitorios	X
Series vinculadas y cadenas	X
Integración de partes a totalidades	X
Contrastes complementarios	X
Balance dinámico y tensión	X
Fractales	
Relaciones y escalas organizadas jerárquicamente	X
Relaciones evolucionadas de la naturaleza humana	
Perspectiva y refugio	X
Orden y complejidad	
Curiosidad y tentación	X
Cambio y metamorfosis	
Seguridad y protección	
Dominio y control	
Cariño y apego	X
Atracción y belleza	X
Exploración y descubrimiento	X
Información y cognición	X
Miedo y asombro	
Reverencia y espiritualidad	

Dibujos arquitectónicos

Escuela Ekya en Kanakapura Road
Bangalore, India
CollectiveProject



Planta de Sitio



Diagrama



Incorporación de vegetación,

en este proyecto la vegetación es parte esencial de la escuela. A través de diversos patios alrededor o en el centro (patio interior) podemos encontrar árboles, palmas y otras plantas de distintos tamaños y colores. Los arquitectos destacan que, al ser requisito por el método Montessori, el objetivo principal de este proyecto fue proporcionar espacios de interacción constante de los niños con la naturaleza. Además, el patio central distribuye la circulación a otros 4 puntos de actividades recreativas en el exterior.

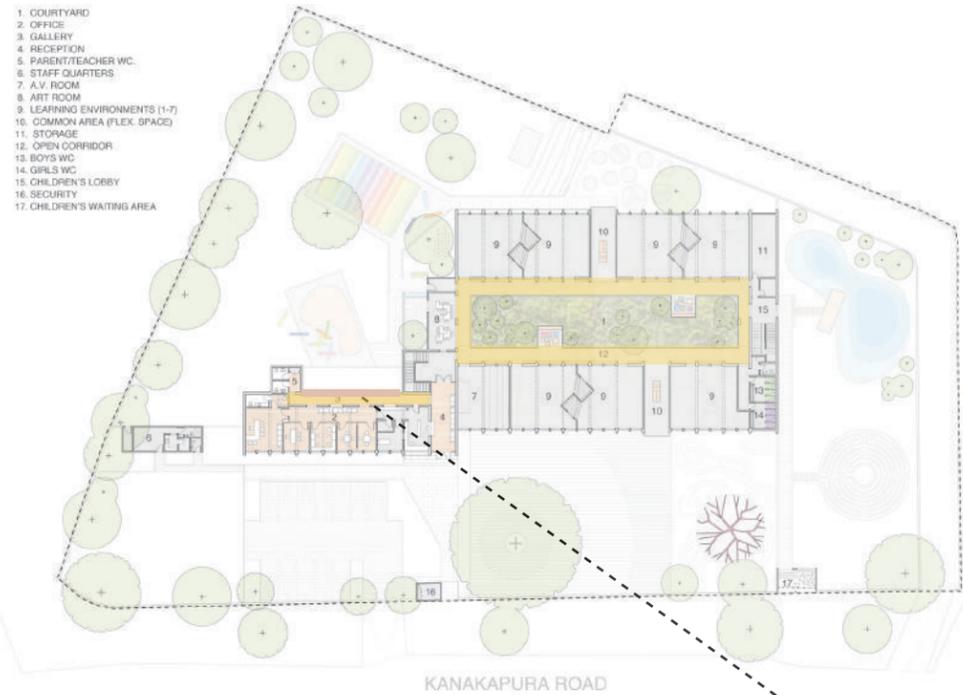


Variabilidad sensorial,

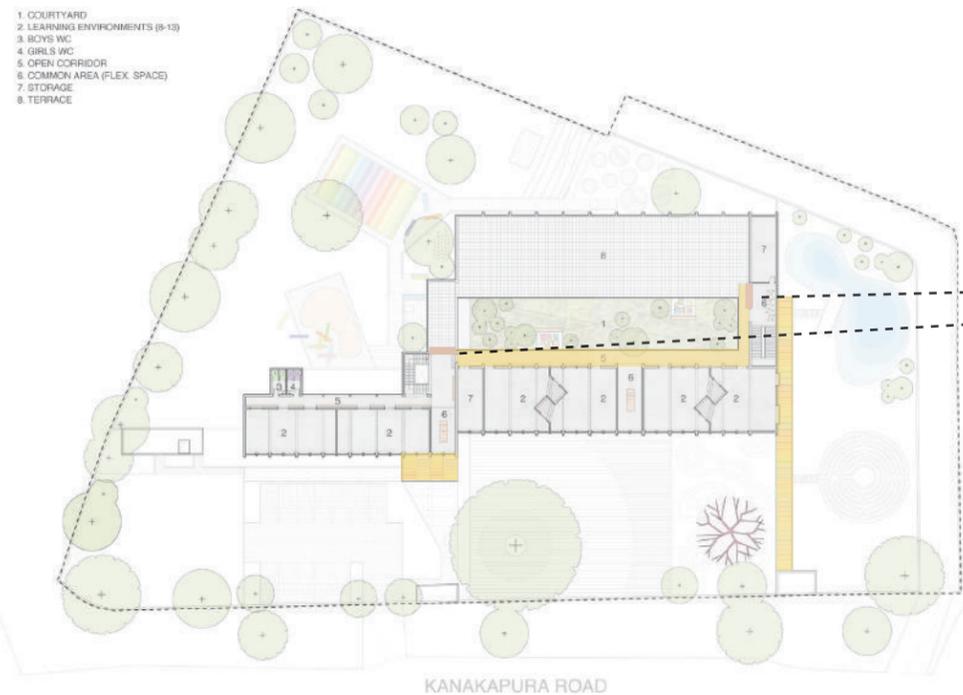
este atributo está reflejado de diversas maneras en esta escuela. Todos los salones de clase del 1er nivel tienen un acceso directo al patio interior cubierto de plantas, conectándose visual y físicamente a la naturaleza y ampliando los espacios de aprendizaje. También, esta escuela cuenta con una sala de arte y anfiteatro al aire libre, un arenero, un estanque de peces, un laberinto y montículos de grama que además de ser parte del paisaje, son área de juego para los niños. Cabe destacar, que en estas etapas, una de las misiones del método Montessori, es que el estudiante fortalezca sus capacidades de observación y admiración por su entorno, y que a la vez aprenda a través de sus sentidos.

■ Relaciones y escalas organizadas jerárquicamente,

■ cómo ya se ha mencionado, el patio interior es el elemento principal de este proyecto, pues es el que une y conecta a todos los espacios (accesos, áreas recreativas, salones, etc.)



Planta 1er Nivel

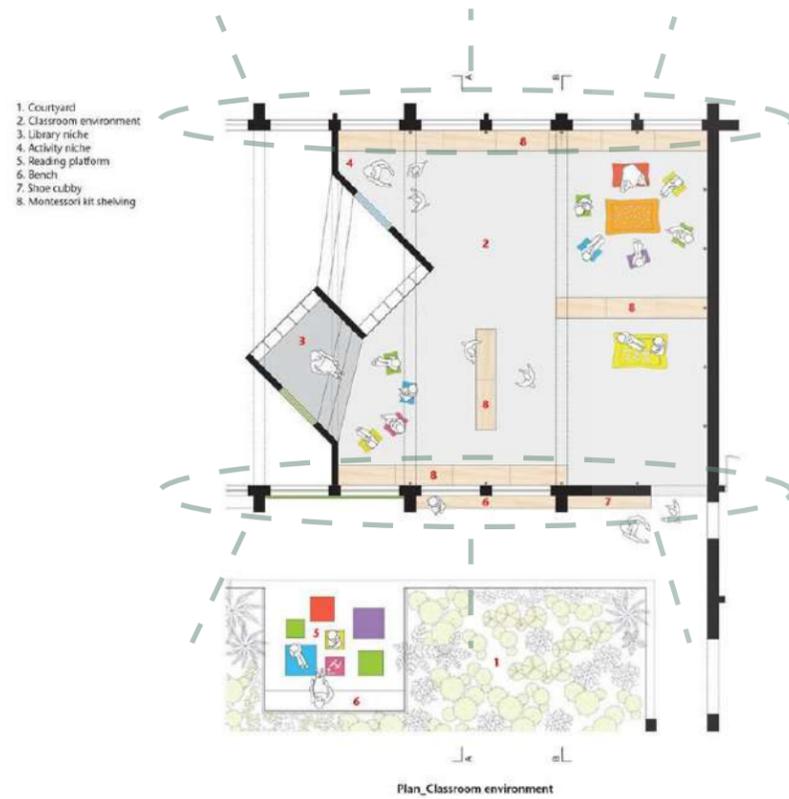


Planta 2do Nivel



Fachada perforada, distribuida en diversas partes de la escuela, los quebrasoles verticales de colores son utilizados como elementos de transición entre el interior y el exterior, filtrando la luz natural y permitiendo la entrada de ventilación natural. El color es una característica particular de este proyecto, próximamente se explicará en detalle su propósito.

Ventilación e iluminación natural, el uso de ventanas, quebrasoles y pérgolas, junto al patio interior, logra que los espacios mantengan temperaturas agradables por el flujo del viento. También estos elementos utilizados en el proyecto promueven espacios de confort y calidez, a través de la iluminación natural.



Planta salón de clases



Secciones salones de clases



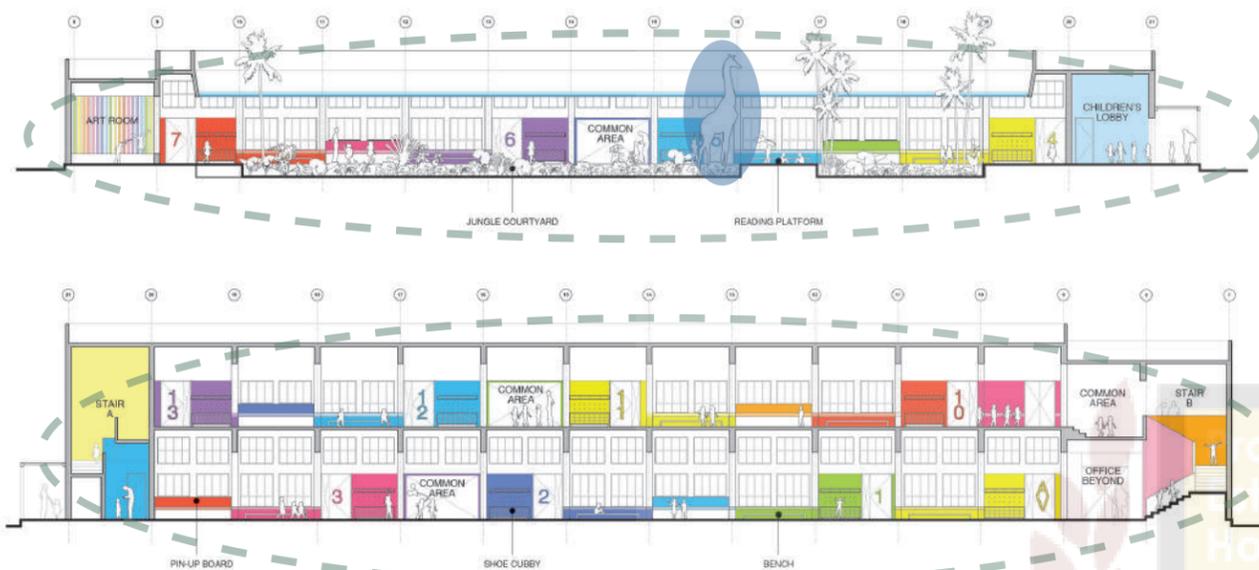
Vistas al exterior,
 los salones de clase de esta escuela son flexibles, pues de acuerdo a las dinámicas que se estén realizando, el salón se adapta. Cada salón cuenta con área de trabajo, cúbiculo de lectura y zona de actividades. También al tener un acceso directo al patio interior, también cuentan con una zona de lectura en el exterior. Este es uno de los elementos con mayor relevancia en centros educativos, ya que varios estudios han demostrado que la disponibilidad de vistas al exterior en salones de clase, aumenta los niveles de productividad y concentración en los estudiantes.



Espacios interiores-exteriores,
 como parte de la experiencia educativa, este caso nos permite conocer las diversas maneras empleadas para que los niños estén más conectados con la naturaleza, el clima y los alrededores. Los elementos más claros que destacan las cualidades de este proyecto son los salones de clase, ya que estos invitan a salir de la sala tradicional y presentan al patio como una extensión del salón.

Dibujos arquitectónicos

Escuela Ekya en Kanakapura Road
Bangalore, India
CollectiveProject



Secciones



Antigua fábrica existente / Condición actual



Color,

este es un tema esencial para esta escuela y el método Montessori. El color es uno de los recursos que se estudian en estas etapas educativas. A través del mismo se van refinando los sentidos, en especial, la visión. Para las pérgolas y los quebrasoles se utiliza un gradiente de colores suave, pero alrededor del patio interior, el color es utilizado como código para identificar los salones de acuerdo al grado, las áreas de lectura y espacios de usos particulares.

Motivos animales,

además de contar con un estanque de peces en una de las 4 áreas fuera del patio interior, esta escuela cuenta con esculturas de animales en las áreas verdes. Este atributo persigue despertar la imaginación y curiosidad de los estudiantes por estos seres vivos. Lo más interesante de este aspecto es que las esculturas de estos animales son a escala real, así que de igual manera promueve la exploración y descubrimiento de especies que tal vez nunca han visto en realidad.

Conexión histórica al lugar,

una característica valiosa de este proyecto es que remodela un edificio existente y abandonado y lo convierte un centro de cuidado infantil. La estructura original se conservó y se utilizó como punto de partida para crear el nuevo diseño. A pesar de ser usos tan distintos, los arquitectos lograron adaptar el edificio a una escuela, sin perder la identidad que presentaba esta antigua fábrica.

El DPS Kindergarten School se diseñó pensando en un proyecto replicable en otras partes de India, con un sistema modular pero flexible, sin perder la esencia de cada lugar en que se construya. Tal como mencionan los arquitectos, en una época de aire acondicionado, esta es una escuela sustentable sensitiva al clima, orientada adecuadamente. El elemento principal que permite una ventilación e iluminación natural exitosa es el bloque perforado de terracota, tradicionalmente utilizado desde la arquitectura vernácula en India (terracota jaalis). Otro elemento utilizado son las pérgolas horizontales y verticales, que a su vez, crean espacios interesantes para los niños. De igual manera, esta escuela añade colores típicos utilizados en la arquitectura de India. Además, en el centro hay un gran patio interior que contribuye a crear espacios intermedios y promueve zonas de aprendizaje fuera del salón de clases.



10 elementos recurrentes en la arquitectura tropical

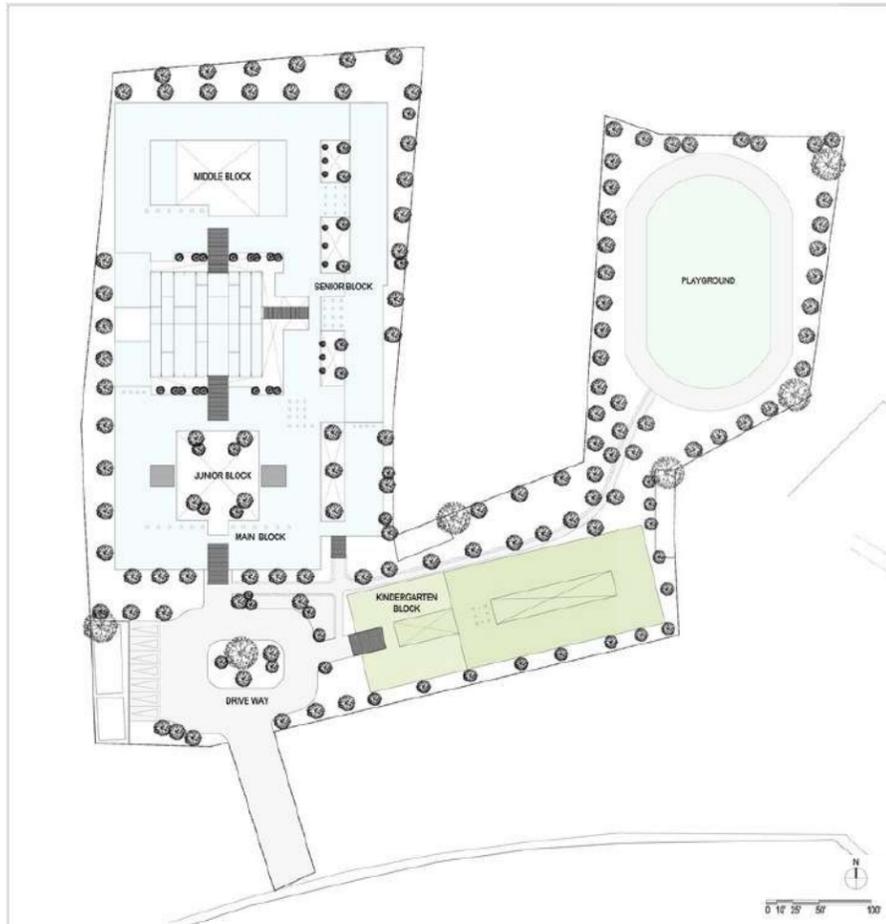
los espacios abiertos pero contenidos	X
los techos inclinados de gran pendiente que evacuan el agua con rapidez	
los grandes aleros que protegen de la luz directa y de la lluvia	X
la fachada perforada que permite filtrar la luz y posibilitar la ventilación cruzada	X
los zócalos que protegen contra la humedad	X
los grandes drenajes necesarios para el manejo de escorrentías en el sitio	
la incorporación de la vegetación como elemento y filtro arquitectónico	X
la penumbra de los espacios interiores para matizar la potente luz tropical y combatir el deslumbramiento	X
los espacios intermedios para crear micro zonas térmicas entre el exterior y el interior	X
el zaguán como conector, espacios de uso y canal de ventilación en las viviendas	

*Definidos por el Arq. Bruno Stagno. Fuente: Andrés Mignucci, *Bruno Stagno: Una arquitectura para el trópico* (San Juan, A+editores, 2019), p.26.

Características ambientales		Figuras y formas naturales		Patrones y procesos naturales	
Color (circulación, jerarquía, distribución)	X	Motivos botánicos		Variabilidad sensorial	X
Agua (estanques, fuentes, paisaje)		Soportes de árbol y columnares		Riqueza de la información	
Aire (ventilación natural)	X	Motivos animales (principalmente vertebrados)		Edad, cambio y pátina del tiempo	X
Luz del sol	X	Conchas y espirales		Crecimiento y eflorescencia	X
Plantas (patios, techos, paredes)	X	Huevo, formas ovales y tubulares		Punto focal central	X
Animales		Arcos, bóvedas, cúpulas		Patrones estampados	X
Materiales naturales	X	Formas resistentes a líneas y ángulos rectos		Espacios delimitados	X
Vistas al exterior	X	Simulación de características naturales		Espacios transitorios	X
Fachada verde		Biomorfismo		Series vinculadas y cadenas	X
Geología y paisaje		Geomorfología		Integración de partes a totalidades	
Hábitats y ecosistemas		Biomímesis		Contrastes complementarios	X
Fuego				Balance dinámico y tensión	X
Luz y espacio		Relaciones basadas en el lugar		Fractales	X
Luz natural	X	Conexión geográfica al lugar		Relaciones y escalas organizadas jerárquicamente	X
Luz filtrada y difusa	X	Conexión histórica al lugar	X	Relaciones evolucionadas de la naturaleza humana	
Luz y sombra	X	Conexión ecológica al lugar		Perspectiva y refugio	
Luz reflejada		Conexión cultural al lugar	X	Orden y complejidad	
Piscinas de luz		Materiales indígenas	X	Curiosidad y tentación	X
Luz cálida	X	Orientación al paisaje	X	Cambio y metamorfosis	
Luz como forma		Características del paisaje que definen la forma del edificio		Seguridad y protección	
Amplitud	X	Ecología del paisaje		Dominio y control	X
Variabilidad espacial	X	Integración de cultura y ecología		Cariño y apego	X
El espacio como forma	X	Espíritu del lugar		Atracción y belleza	X
Armonía espacial	X	Evitar la falta del lugar	X	Exploración y descubrimiento	X
Espacios interiores-exteriores	X			Información y cognición	X
				Miedo y asombro	
				Reverencia y espiritualidad	

C4 Dibujos arquitectónicos

DPS Kindergarten School
Bangalore, India
Khosla Associates



Planta Escuela Pública de Delhi



Planta 1er Nivel y 2do Nivel



Programa de Estudios de Honor

Espacios abiertos,

los dos patios interiores en el centro de este proyecto contribuyen a crear espacios abiertos y amplios pero contenidos. Entre otros beneficios, estos espacios permiten organizar y jerarquizar áreas específicas.

Punto focal central,

en este caso, la escalera es el punto central que se destaca por estar rodeada de quebrasoles verticales de un lado y bloques perforados del otro. Además, el espacio de doble altura, los tragaluces y el color rojo en la escalera, hacen que este espacio pueda identificarse desde cualquier espacio de la escuela.



Incorporación de vegetación,

de una manera más controlada y limitada, en el patio interior de este proyecto utilizan muebles en hormigón que también tienen área de siembra con árboles y arbustos. Alrededor de la escuela, en la periferia, podemos identificar una mayor cantidad de árboles, palmas y plantas.

C4 Dibujos arquitectónicos

DPS Kindergarten School
Bangalore, India
Khosla Associates

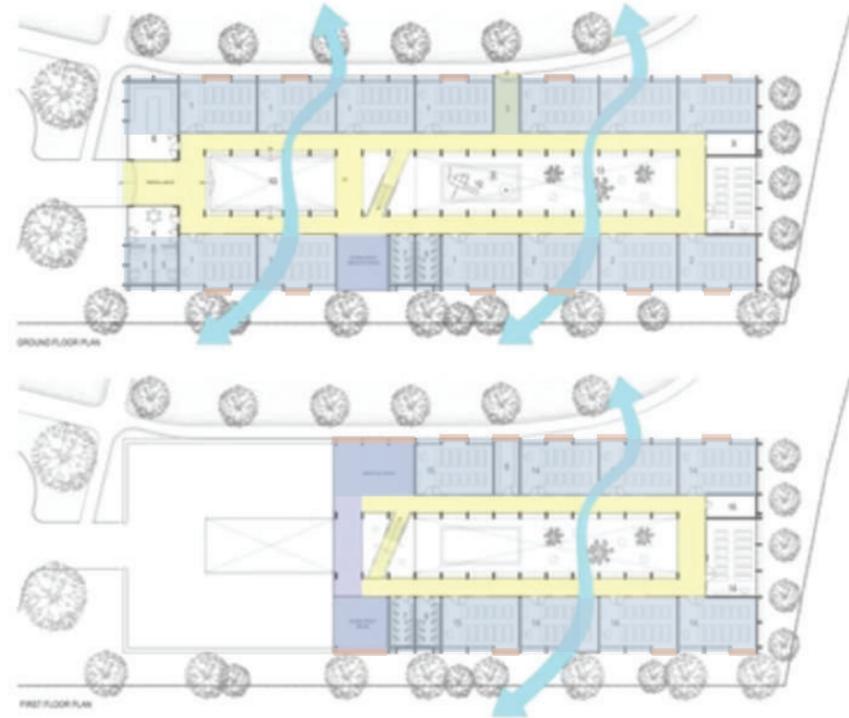


Diagrama de ventilación en planta

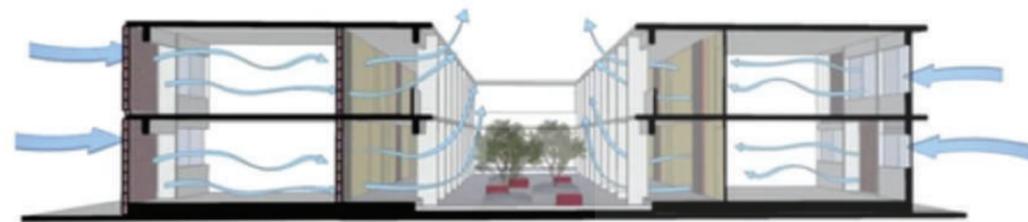


Diagrama de ventilación en sección



- LEGEND
- 100 HALLWAY
- 101 LMS
- 102 FIRE EXIT
- 103 ADMINISTRATION
- 104 OFFICE
- 105 COMPUTER LAB
- 106 BOYS TOILET
- 107 GIRLS TOILET
- 108 ELECTRICAL ROOM
- 109 ASSEMBLY AREA
- 110 STAGE
- 111 SHOPIST
- 112 COURTYARD
- 113 LMS
- 114 CLASS ROOM
- 115 STAFF ROOM

Programa de Estudios de Honor



Fachada perforada,

varios patrones utilizados son los que permiten que este centro escolar tenga una ventilación e iluminación adecuada. La fachada perforada se logra con quiebrasoles verticales y bloques en terracota con dos patrones distintos, uno ortogonal y otro más orgánico.

Orientación al paisaje y ventilación natural,

la ventilación natural no puede lograrse sin tomar en cuenta la orientación del proyecto y las aperturas que permitirán el flujo del aire. Este proyecto está orientado noreste - suroeste para facilitar la ventilación cruzada. Además de trabajar con la fachada perforada y la orientación, el patio interior juega un rol esencial, ya que a través de este es que sale el aire caliente que se queda en la zona.

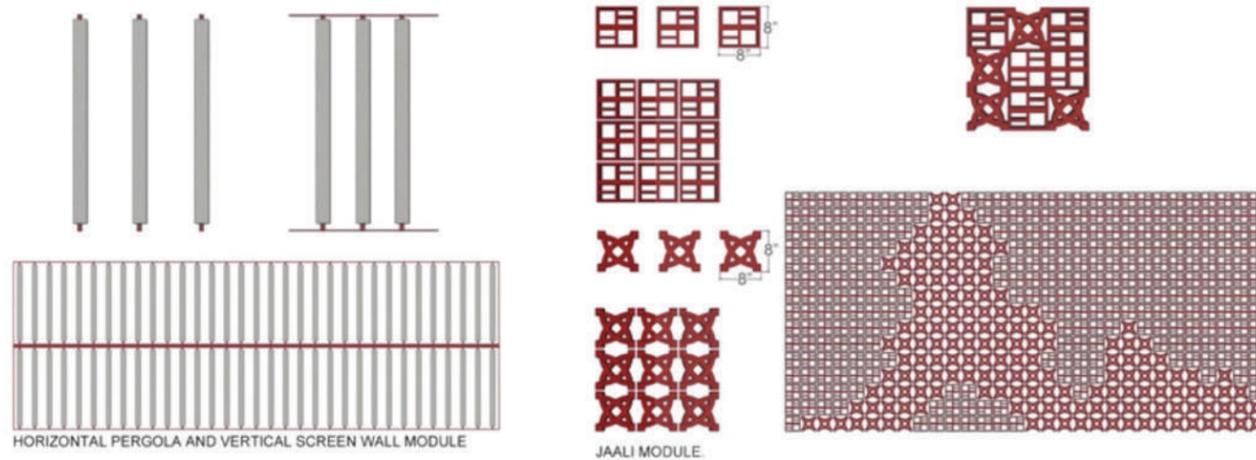
C4 Dibujos arquitectónicos

DPS Kindergarten School
Bangalore, India
Khosla Associates

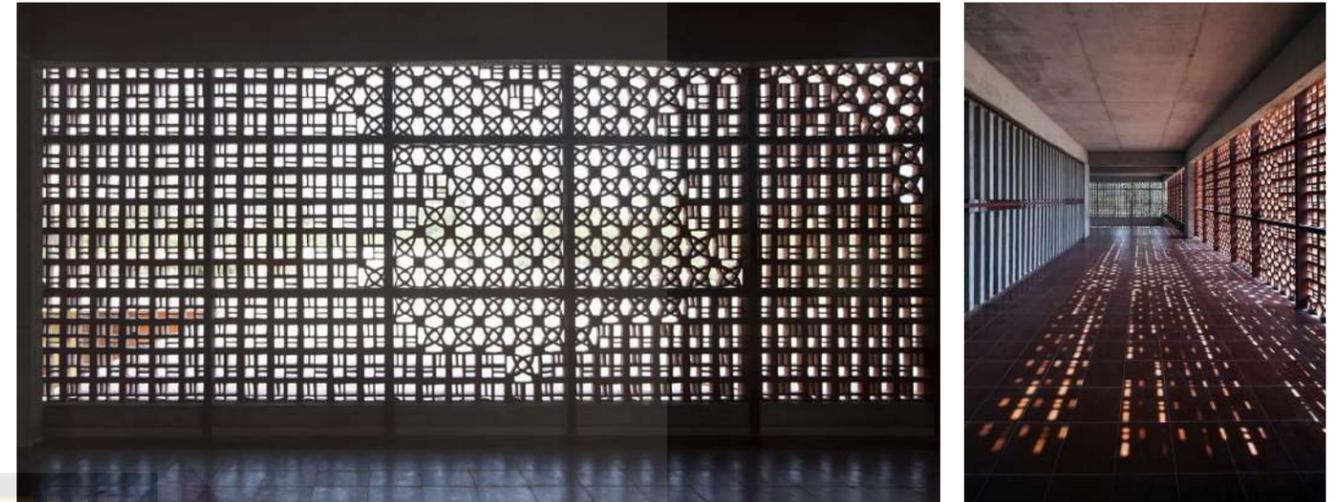


KG BLOCK
DELHI PUBLIC SCHOOL, WHITEFIELD, BANGALORE

Elevaciones y secciones



Diagramas pérgola y bloques jaali



Materiales indígenas y conexión cultural al lugar,

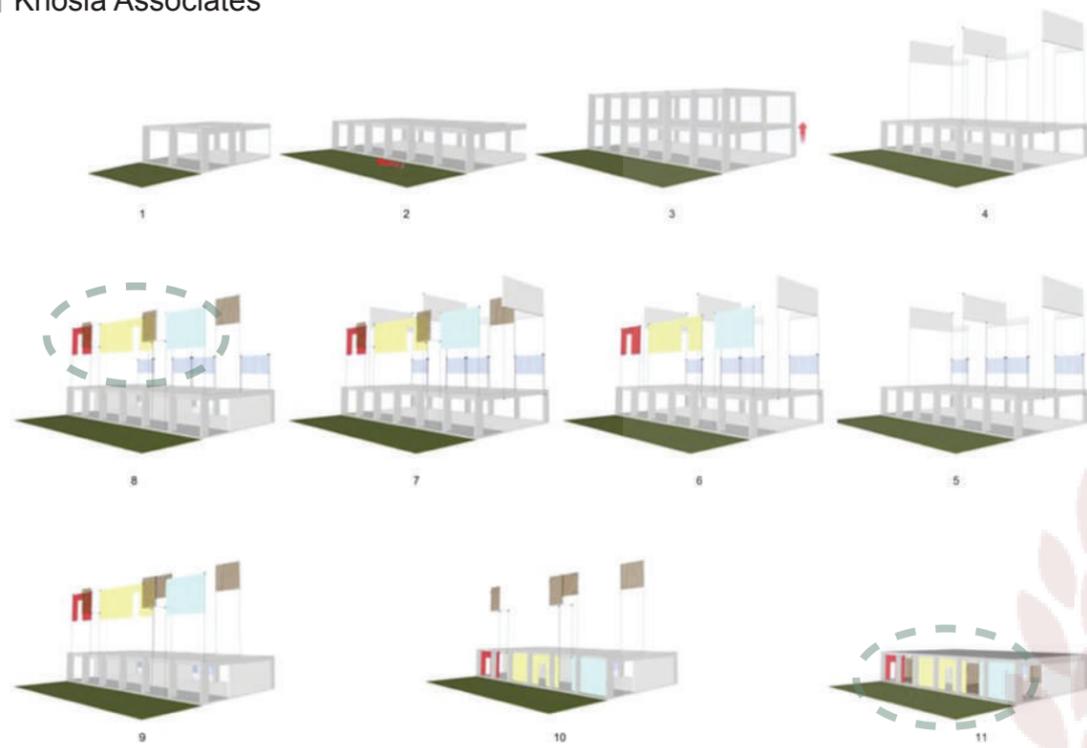
la identidad cultural de India está representada a través de los bloques perforados de terracota, conocidos como *jaalis*. Este material, utilizado desde la arquitectura vernácula, sirve como referencia al contexto del lugar, además de ser utilizado eficientemente para permitir la entrada de luz difusa y ventilación natural. Parte de la belleza de este elemento es el color particular del material y el juego de luz y sombra que refleja en el piso y paredes de la escuela, incorporando cierto dinamismo y movimiento dependiendo de la hora del día.

Luz natural,

ya hemos descrito diferentes estrategias utilizadas para conseguir la entrada de luz natural a los espacios. Cabe destacar que además de la fachada perforada, las pérgolas horizontales contribuyen a que los espacios puedan funcionar sin utilizar luz artificial. Desde este punto de vista, mientras más provecho podamos sacar de la luz natural, se reduce el impacto al medio ambiente y se logra menos consumo y dependencia de energía eléctrica.

Dibujos arquitectónicos

DPS Kindergarten School
Bangalore, India
Khosla Associates



KG BLOCK

Sistema modular



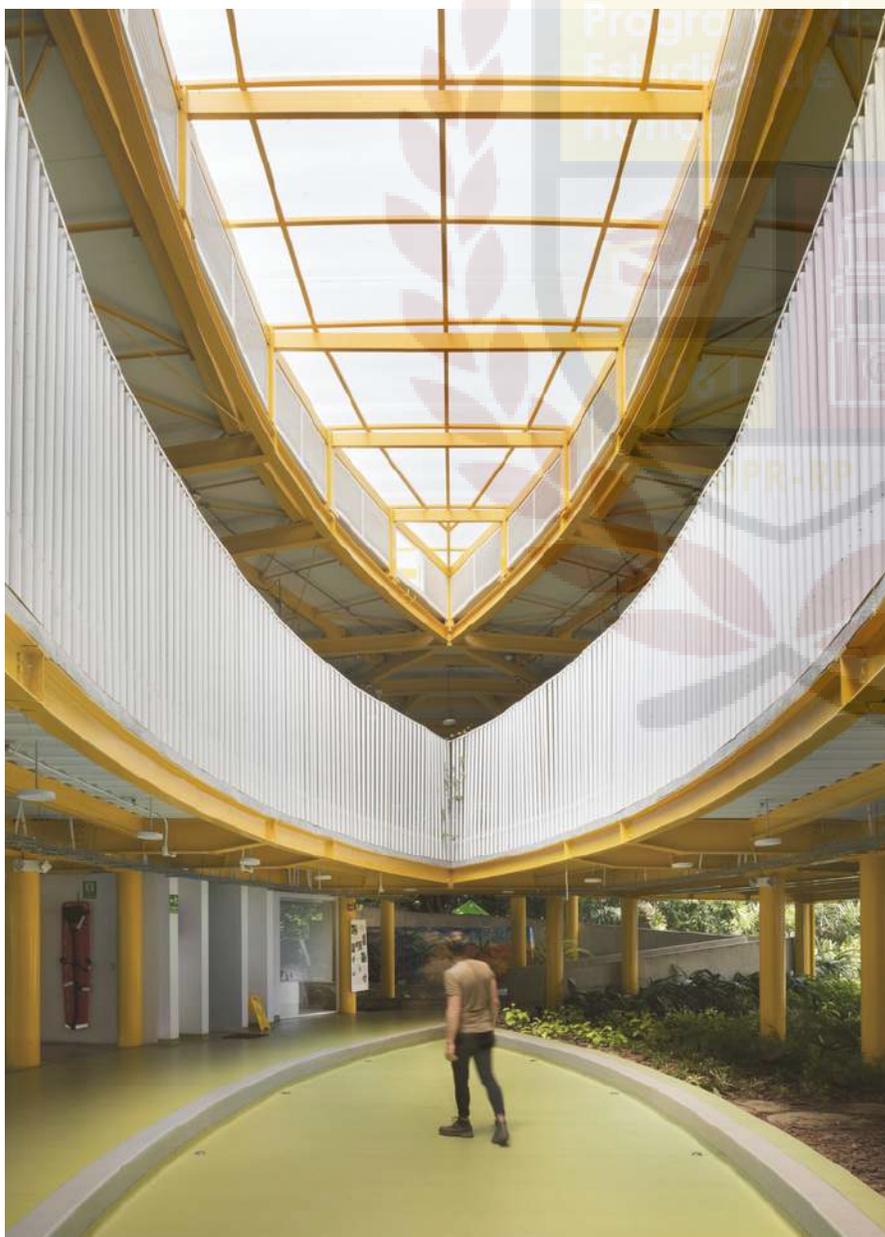
Programa de
Estudios de
Honor



Color,

- además de contar con los bloques de terracota que de alguna manera añaden color al proyecto, el color en este proyecto es utilizado para hacer referencia a los tonos vivos de los textiles indios tradicionales en la vestimenta. En el sistema de modular de construcción, las láminas de metal corrugado son las que tienen los 3 colores utilizados, anaranjado, amarillo y azul.

El Jardín de Niños CCB, construido en el 2016, con el método pedagógico “Reggio Emilia” y consta de 2 niveles. La forma particular de este proyecto hace referencia a una hoja o un caracol (biomorfismo), además de reinterpretar la primera casa “Maloca”, parte de la arquitectura vernácula en Colombia. La orientación del proyecto y la planta abierta, acompañada de un atrio central y quiebrasoles en las fachadas, permite recorridos fluidos, transparencias entre espacios, ventilación e ilumina natural. En el primer piso se encuentra la zona de juegos, áreas verdes, una fuente, un triciclo ruta exterior y espacios comunes y en el segundo nivel están todos los salones de clase. Los árboles pre-existentes y la luz y la sombra son recursos claves que contribuyen a una mejor conexión con el entorno. El centro de este proyecto, cubierto como un gran atrio, sirve de sifón térmico para que el aire caliente salga fuera del edificio.



10 elementos recurrentes en la arquitectura tropical

los espacios abiertos pero contenidos	X
los techos inclinados de gran pendiente que evacuan el agua con rapidez	X
los grandes aleros que protegen de la luz directa y de la lluvia	X
la fachada perforada que permite filtrar la luz y posibilitar la ventilación cruzada	X
los zócalos que protegen contra la humedad	X
los grandes drenajes necesarios para el manejo de escorrentías en el sitio	
la incorporación de la vegetación como elemento y filtro arquitectónico	X
la penumbra de los espacios interiores para matizar la potente luz tropical y combatir el deslumbramiento	X
los espacios intermedios para crear micro zonas térmicas entre el exterior y el interior	X
el zaguán como conector, espacios de uso y canal de ventilación en las viviendas	

*Definidos por el Arq. Bruno Stagno. Fuente: Andrés Mignucci, *Bruno Stagno: Una arquitectura para el trópico* (San Juan, A+editores, 2019), p.26.

C5 Elementos y atributos del diseño biofílico*

Jardín de Niños CCB
Cali, Colombia
MRV Arquitectos

Características ambientales	
Color (circulación, jerarquía, distribución)	X
Agua (estanques, fuentes, paisaje)	X
Aire (ventilación natural)	X
Luz del sol	X
Plantas (patios, techos, paredes)	X
Animales	
Materiales naturales	
Vistas al exterior	X
Fachada verde	X
Geología y paisaje	
Hábitats y ecosistemas	
Fuego	
Luz y espacio	
Luz natural	X
Luz filtrada y difusa	X
Luz y sombra	X
Luz reflejada	
Piscinas de luz	X
Luz cálida	X
Luz como forma	X
Amplitud	X
Variabilidad espacial	X
El espacio como forma	X
Armonía espacial	X
Espacios interiores-exteriores	X

Figuras y formas naturales	
Motivos botánicos	
Soportes de árbol y columnares	X
Motivos animales (principalmente vertebrados)	
Conchas y espirales	X
Huevo, formas ovales y tubulares	X
Arcos, bóvedas, cúpulas	
Formas resistentes a líneas y ángulos rectos	X
Simulación de características naturales	
Biomorfismo	X
Geomorfología	
Biomímesis	
Relaciones basadas en el lugar	
Conexión geográfica al lugar	
Conexión histórica al lugar	X
Conexión ecológica al lugar	
Conexión cultural al lugar	X
Materiales indígenas	
Orientación al paisaje	X
Características del paisaje que definen la forma del edificio	
Ecología del paisaje	X
Integración de cultura y ecología	X
Espíritu del lugar	
Evitar la falta del lugar	X

Patrones y procesos naturales	
Variabilidad sensorial	X
Riqueza de la información	
Edad, cambio y pátina del tiempo	
Crecimiento y eflorescencia	X
Punto focal central	X
Patrones estampados	X
Espacios delimitados	X
Espacios transitorios	X
Series vinculadas y cadenas	X
Integración de partes a totalidades	X
Contrastes complementarios	X
Balance dinámico y tensión	
Fractales	X
Relaciones y escalas organizadas jerárquicamente	X
Relaciones evolucionadas de la naturaleza humana	
Perspectiva y refugio	X
Orden y complejidad	
Curiosidad y tentación	X
Cambio y metamorfosis	
Seguridad y protección	
Dominio y control	
Cariño y apego	X
Atracción y belleza	X
Exploración y descubrimiento	X
Información y cognición	
Miedo y asombro	X
Reverencia y espiritualidad	X

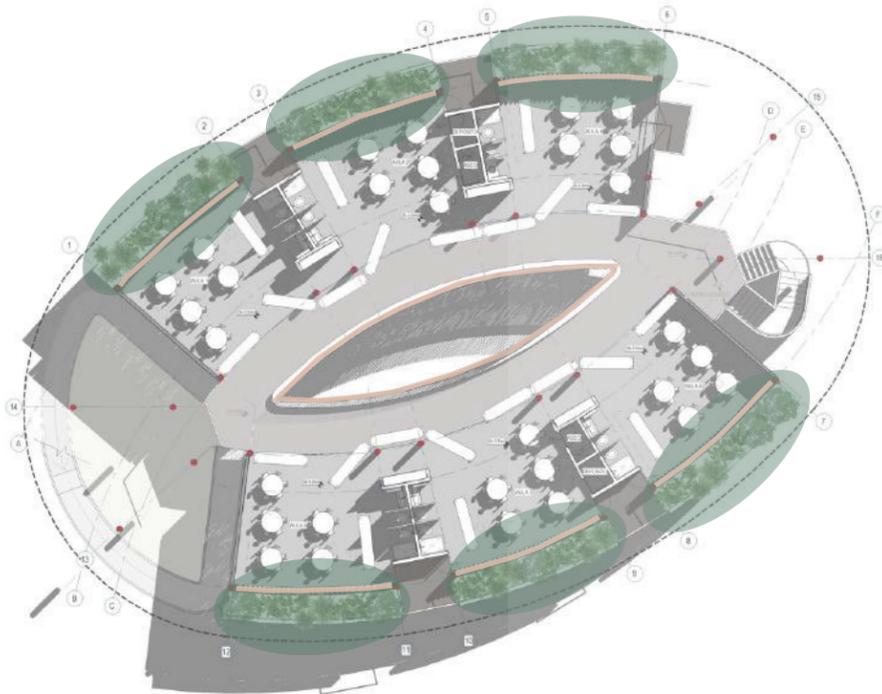
*Según Stephen Kellert. Stephen Kellert, Judith H. Heerwagen y Martin L. Mador, *Biophilic Design: the theory, science and practice of bringing buildings to life* (New Jersey: John Wiley & Sons, 2008), p.6-15

C5 Dibujos arquitectónicos

Jardín de Niños CCB
Cali, Colombia
MRV Arquitectos



Planta 1er Nivel



Planta 2do Nivel



Programa de
Estudios de
Honor



1961

UPR-R



Incorporación de la vegetación,

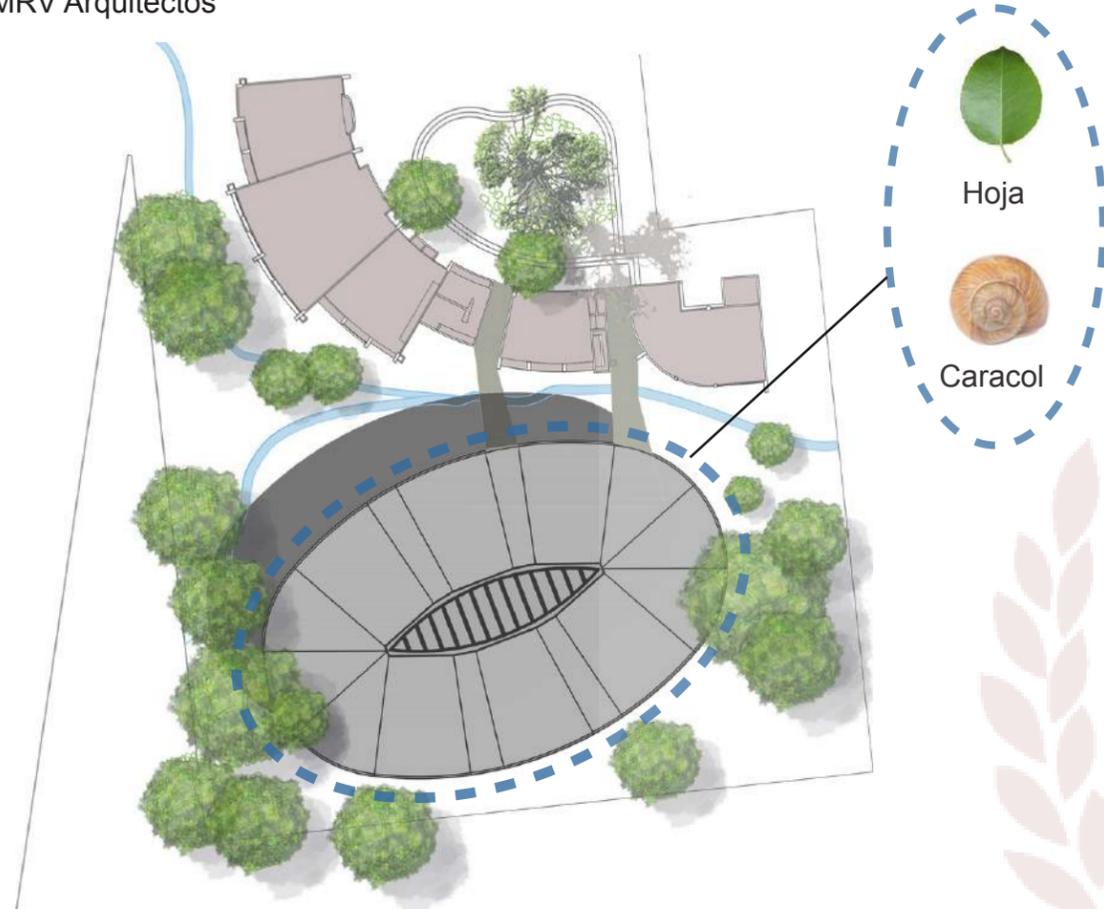
uno de los elementos más vistosos de las fachadas de este proyecto, son las plantas que cuelgan desde el segundo nivel. Sin embargo, este centro infantil también está rodeado por árboles existentes, que de cierto modo cubren partes del edificio y contribuyen a tener espacios más frescos. Otro lugar importante donde la vegetación es el elemento principal, es en el primer piso, a lo que los arquitectos destacan como juegos de tierra. Esta zona está cubierta pero aún así queda como un espacio amplio por el que los niños pueden jugar y cruzar entre las plantas.

Fachada perforada,

la estructura de este proyecto al ser en pilotis, permite espacios amplios en ambos niveles. Esto también queda reflejado en las fachadas, donde predominan las áreas abiertas y otras con quebrasoles verticales que filtran la luz que entra a los espacios. Estos quebrasoles están ubicados principalmente en el segundo nivel, donde se encuentran los salones.

Dibujos arquitectónicos

Jardín de Niños CCB
Cali, Colombia
MRV Arquitectos



Planta del Sitio



Elevaciones



Programa de
Estudios de
Honor



1961

UPR-RP

Biomorfismo,

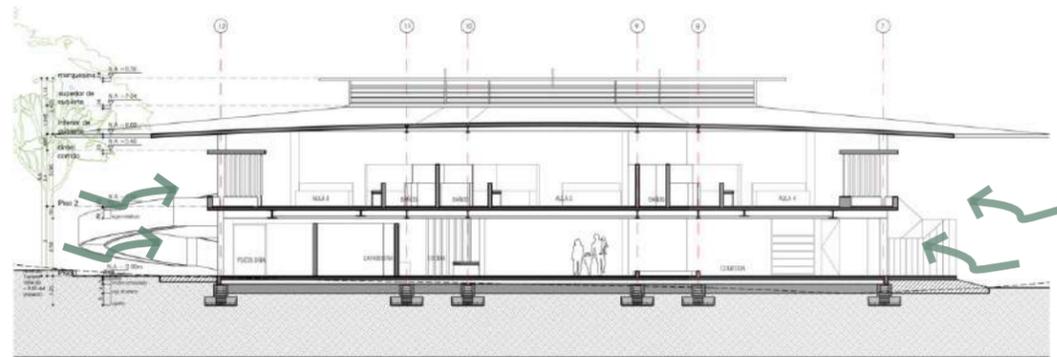
una manera de hacer referencia a la naturaleza es a través del biomorfismo y no se debe confundir con la biomímesis. El biomorfismo utiliza a la naturaleza como inspiración para imitar formas o patrones específicos y en este caso, los arquitectos destacan que las hojas y los caracoles fueron parte de las figuras biológicas que exploraron en el proceso de diseño.

Luz natural,

la fachada perforada, la estructura en pilotis, las alturas, la vegetación adyantes y el gran atrio central que funciona como un tragaluz, permiten que este espacio quede iluminado naturalmente por completo. Este elemento es uno de los temas con mayor fuerza en el proyecto, pues en las áreas públicas, salones y otros espacios, podemos identificar la presencia de luz natural.

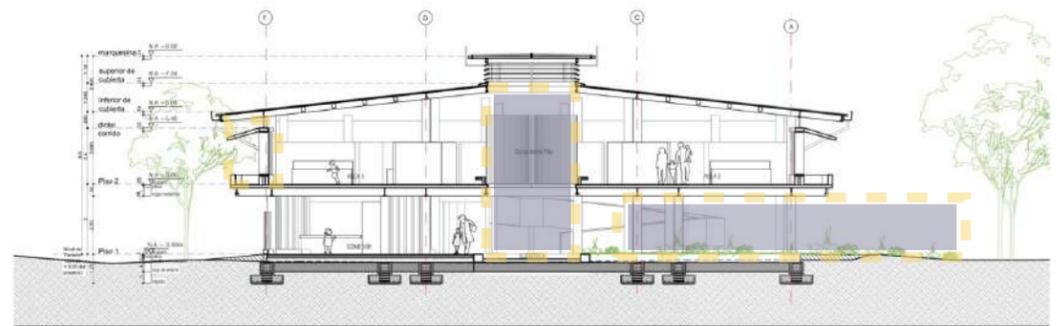
C5 Dibujos arquitectónicos

Jardín de Niños CCB
Cali, Colombia
MRV Arquitectos



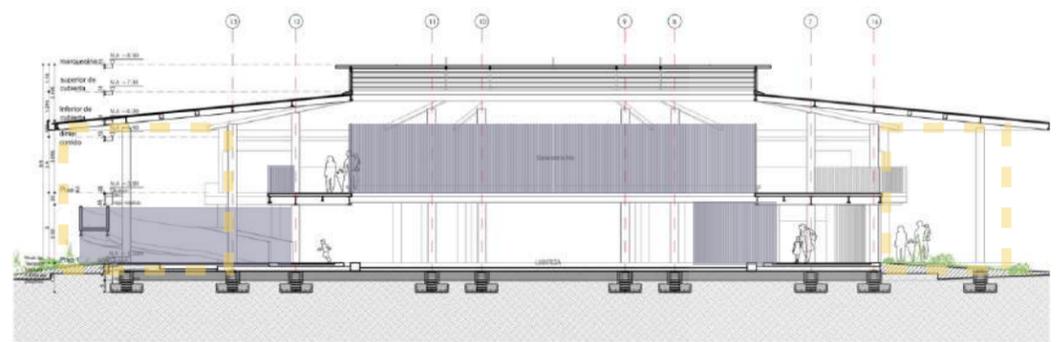
CORTE A-A'

0 1 5 10



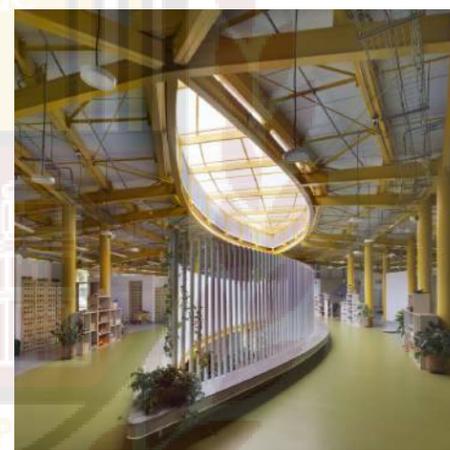
CORTE B-B'

0 1 5 10



CORTE C-C'

0 1 5 10



Programa de
Estudios de
Honor



1961

UPR-RP

Ventilación natural,

al igual que con la iluminación natural, la ventilación es exitosa gracias a los quebrasoles que son parte de la fachada y los corredores interiores. También los espacios amplios, sin paredes que interrumpen el flujo del aire, contribuyen a que se mantenga una temperatura constante y agradable. El atrio central de la escuela, es el más importante dentro de este ciclo, pues funciona como un sifón térmico y se encarga de sacar el aire caliente, por succión.

Variabilidad espacial y sensorial,

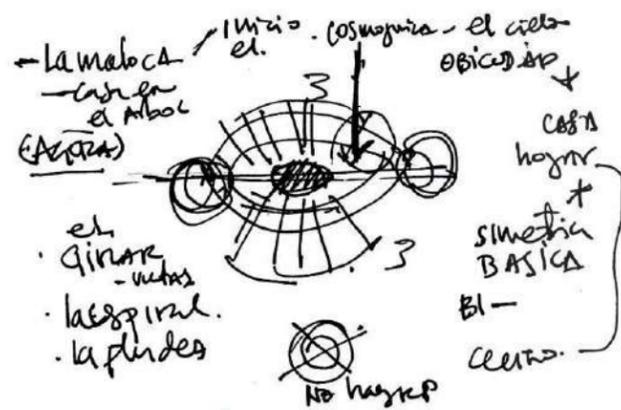
como parte de la intención de crear espacios amplios, en este proyecto podemos ver cómo hay un continuo cambio de alturas en los espacios, juego de luz y sombra y distintas zonas designadas para jugar. La diversidad espacial y sensorial contribuyen a la estimulación de las emociones y el intelecto. En este caso, desde el juego, los niños desarrollan sus sentidos habitando y descubriendo estos elementos en el edificio.

C5 Dibujos arquitectónicos

Jardín de Niños CCB
Cali, Colombia
MRV Arquitectos



paisajismo jardín CCB / MRV arqs.



Bocetos realizados por los arquitectos en el proceso de diseño



Exterior casa Maloca



Interior casa Maloca



Conexión histórica, ecológica y cultural,

los arquitectos encargados de este proyecto describen que su proyecto reinterpreta la primera "casa Maloca" (especie de choza primitiva, parte de la arquitectura vernácula en Colombia). Esta referencia a la casa podemos compararla con el diseño de este centro infantil, desde el sistema estructural utilizado en el pasado, hasta el hueco que tenían estas antiguas chozas en el tope de su techo para poder mantener una temperatura cómoda. También, en la casa Maloca utilizaban la paja y el bambú para crear paredes que filtraran la luz y permitieran una ventilación adecuada. En este proyecto, los quebrasoles verticales y los grandes aleros funcionan de la misma manera.

Color,

el color en este proyecto es utilizado en ambos niveles, verde claro, para marcar la zona de circulación pública. Por otro lado, el color amarillo, que es el que predomina en la estructura, podemos interpretarlo como otra referencia directa a la casa Maloca. El material de construcción es completamente distinto, pero el tono particular del amarillo pudiera estar estrechamente relacionado al color del bambú y de la paja.

C6

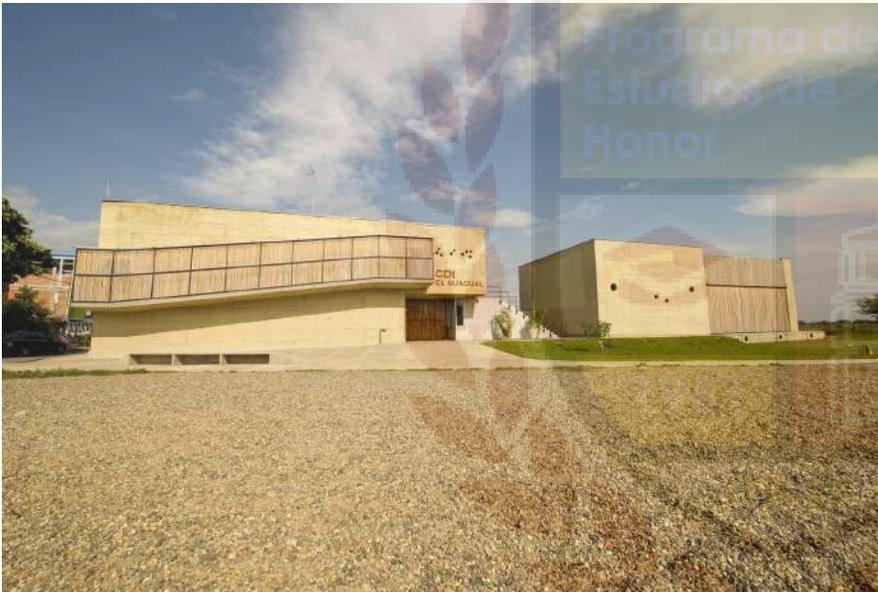
Centro de Desarrollo Infantil El Guadual

Puerto Tejada, Colombia

Daniel Joseph Feldman Moverman + Ivan Dario Quiñones Sánchez

2013

El Centro de Desarrollo Infantil El Guadual construido en el 2013, recibe su nombre por el material de construcción principal, la guadua (bambú). Este centro integra espacios de aprendizaje, recreación y servicios a la comunidad. El diseño de este proyecto, constó de un proceso colaborativo ente la comunidad y los arquitectos, persiguiendo el método pedagógico de “Reggio Emilia”. El proyecto está compuesto de módulos de salones de clases que rodean un gran patio interior. Dentro de los recursos sustentables en el proyecto, se puede destacar la recolección de agua de lluvia, el uso de luz y ventilación natural, la orientación del proyecto de acuerdo a la incidencia solar y el uso de materiales locales y reciclables. Otro elemento utilizado para relaciona a la comunidad con el proyecto es la textura que se le da a las paredes de concreto, simulando las construcciones del pasado en tapia pisada. El bambú es el material estrella en este proyecto, pues se utiliza de diversas maneras y en distintas escalas.



10 elementos recurrentes en la arquitectura tropical

los espacios abiertos pero contenidos	X
los techos inclinados de gran pendiente que evacuan el agua con rapidez	X
los grandes aleros que protegen de la luz directa y de la lluvia	X
la fachada perforada que permite filtrar la luz y posibilitar la ventilación cruzada	X
los zócalos que protegen contra la humedad	X
los grandes drenajes necesarios para el manejo de escorrentías en el sitio	X
la incorporación de la vegetación como elemento y filtro arquitectónico	X
la penumbra de los espacios interiores para matizar la potente luz tropical y combatir el deslumbramiento	X
los espacios intermedios para crear micro zonas térmicas entre el exterior y el interior	X
el zaguán como conector, espacios de uso y canal de ventilación en las viviendas	

*Definidos por el Arq. Bruno Stagno. Fuente: Andrés Mignucci, *Bruno Stagno: Una arquitectura para el trópico* (San Juan, A+editores, 2019), p.26.

Características ambientales	
Color (circulación, jerarquía, distribución)	
Agua (estanques, fuentes, paisaje)	X
Aire (ventilación natural)	X
Luz del sol	X
Plantas (patios, techos, paredes)	X
Animales	
Materiales naturales	X
Vistas al exterior	X
Fachada verde	
Geología y paisaje	
Hábitats y ecosistemas	
Fuego	
Luz y espacio	
Luz natural	X
Luz filtrada y difusa	X
Luz y sombra	X
Luz reflejada	
Piscinas de luz	
Luz cálida	X
Luz como forma	X
Amplitud	X
Variabilidad espacial	X
El espacio como forma	X
Armonía espacial	X
Espacios interiores-exteriores	X

Figuras y formas naturales	
Motivos botánicos	
Soportes de árbol y columnares	
Motivos animales (principalmente vertebrados)	
Conchas y espirales	
Huevo, formas ovales y tubulares	
Arcos, bóvedas, cúpulas	
Formas resistentes a líneas y ángulos rectos	
Simulación de características naturales	
Biomorfismo	
Geomorfología	
Biomímesis	
Relaciones basadas en el lugar	
Conexión geográfica al lugar	X
Conexión histórica al lugar	X
Conexión ecológica al lugar	X
Conexión cultural al lugar	X
Materiales indígenas	X
Orientación al paisaje	
Características del paisaje que definen la forma del edificio	
Ecología del paisaje	X
Integración de cultura y ecología	X
Espíritu del lugar	X
Evitar la falta del lugar	X

Patrones y procesos naturales	
Variabilidad sensorial	X
Riqueza de la información	
Edad, cambio y pátina del tiempo	X
Crecimiento y eflorescencia	X
Punto focal central	
Patrones estampados	X
Espacios delimitados	X
Espacios transitorios	X
Series vinculadas y cadenas	X
Integración de partes a totalidades	X
Contrastes complementarios	X
Balance dinámico y tensión	X
Fractales	X
Relaciones y escalas organizadas jerárquicamente	X
Relaciones evolucionadas de la naturaleza humana	
Perspectiva y refugio	X
Orden y complejidad	X
Curiosidad y tentación	X
Cambio y metamorfosis	
Seguridad y protección	
Dominio y control	X
Cariño y apego	X
Atracción y belleza	X
Exploración y descubrimiento	X
Información y cognición	X
Miedo y asombro	X
Reverencia y espiritualidad	

Dibujos arquitectónicos

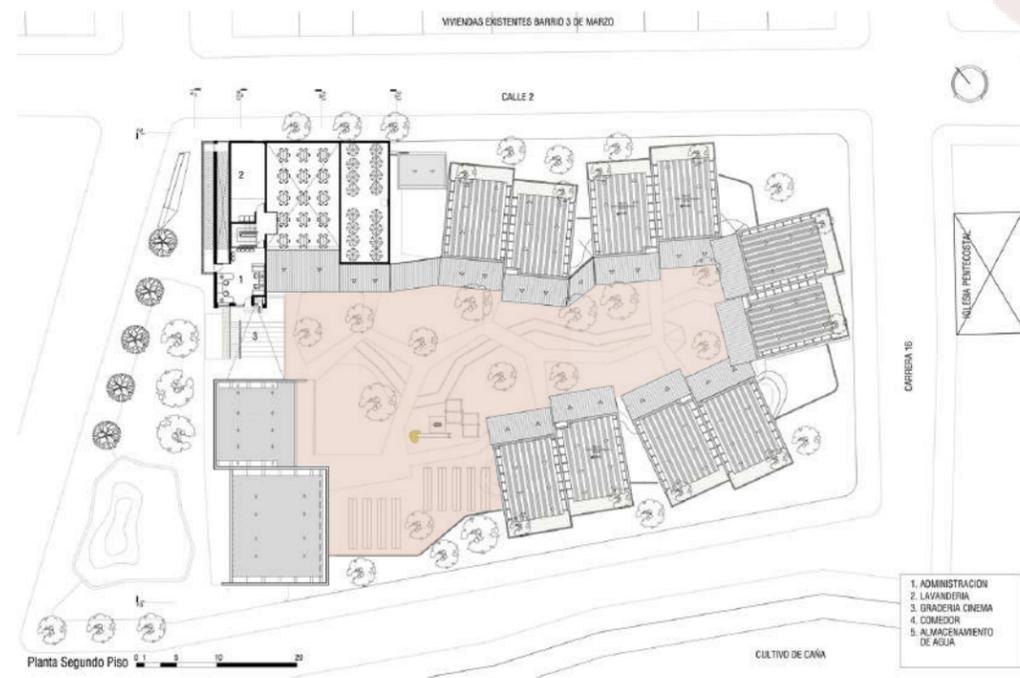
Centro de Desarrollo Infantil El Guadual

Puerto Tejada, Colombia

Daniel Joseph Feldman Moverman + Ivan Dario Quiñones Sánchez



Planta 1er Nivel



Planta 2do Nivel



Programa de
Estudios de
Honor



1961

UPR-RP

Integración de partes a totalidades,

este centro de desarrollo infantil está organizado alrededor de un patio interior que todos los niños comparten, pero cada salón de clases funciona independientemente. Como parte del concepto de este proyecto, todos los salones cuentan con diversas entradas, baños y patios apartes, para promover la autonomía de tomar sus propias decisiones. La suma de los salones y espacios comunes, como el comedor, la ludoteca, las gradas del cine al aire libre y el salón de usos múltiples, encierran el gran patio interior.

Espacios abiertos,

cada espacio tiene una programación específica, por lo tanto, cada una responde a su uso con variaciones en las alturas y manteniendo amplitud en los espacios. De igual manera, las aperturas circulares a través del proyecto y el bambú utilizado como pared y como techo, contribuyen a crear espacios interiores-exteriores. Estos están contenidos pero a la vez difumina y cuestiona los límites entre lo que consideramos interior o exterior.

Dibujos arquitectónicos

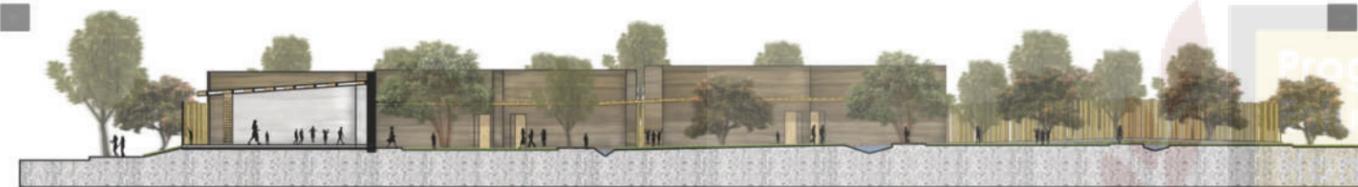
Centro de Desarrollo Infantil El Guadual

Puerto Tejada, Colombia

Daniel Joseph Feldman Moverman + Ivan Dario Quiñones Sánchez



Fachada Lateral



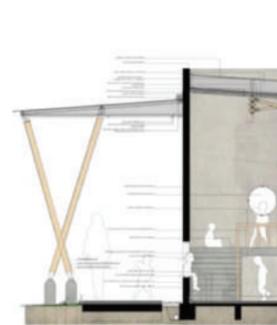
Corte Longitudinal



Fachada Principal



Corte Transversal



Corte del Aula Materiales-Uso



Sistema Ventilación Pasiva



Fachada perforada, luz y ventilación natural,

la entrada de luz y ventilación natural es imprescindible en este proyecto. Al ser una obra de impacto social, y con un bajo presupuesto, este centro infantil debe operar sin depender de la energía eléctrica y busca ser lo más autónomo y sustentable posible. La fachada perforada se logra con el uso del bambú acomodado de diversas maneras y con variedad de tamaños y distanciamientos de acuerdo al lugar en que se utilice. El corredor principal, proyectado como un gran alero hecho también de bambú contribuyé a que la luz que entre a los espacios sea una cálida y filtrada. De igual manera, utilizando un sistema de ventilación pasiva, los techos de los salones están cubiertos de bambú, permitiendo que el aire caliente salga y se mantenga una temperatura cómoda.



Materiales naturales,

tomando en cuenta el presupuesto, los materiales accesibles localmente y los que tengan menor impacto ambiental, el equipo de arquitectos utiliza la guadua (bambú) y el concreto ocre con formaleta de esterilla. El bambú porque es un material disponible en la zona y el concreto ocre con textura para recordar y hacer referencia a la estructuras antiguas típicas de la comunidad hechas con tapia pisada.

Contrastes complementarios y balance dinámico y tensión,

un atributo que podemos destacar de este proyecto es la maestría y delicadeza de cómo se trabajan los materiales y las terminaciones. Es muy valioso cómo se logra representar un proyecto, resistente y seguro pero a la vez efímero y liviano. El contraste de los materiales, el concreto (sólido) y el bambú (ligero), crean un balance y armonía notable. La tensión podemos encontrarla en el corredor que rodea el patio interior, el bambú está sobre el concreto pero solamente sostenido por una fina punta de acero.

Dibujos arquitectónicos

Centro de Desarrollo Infantil El Guadual

Puerto Tejada, Colombia

Daniel Joseph Feldman Moverman + Ivan Dario Quiñones Sánchez

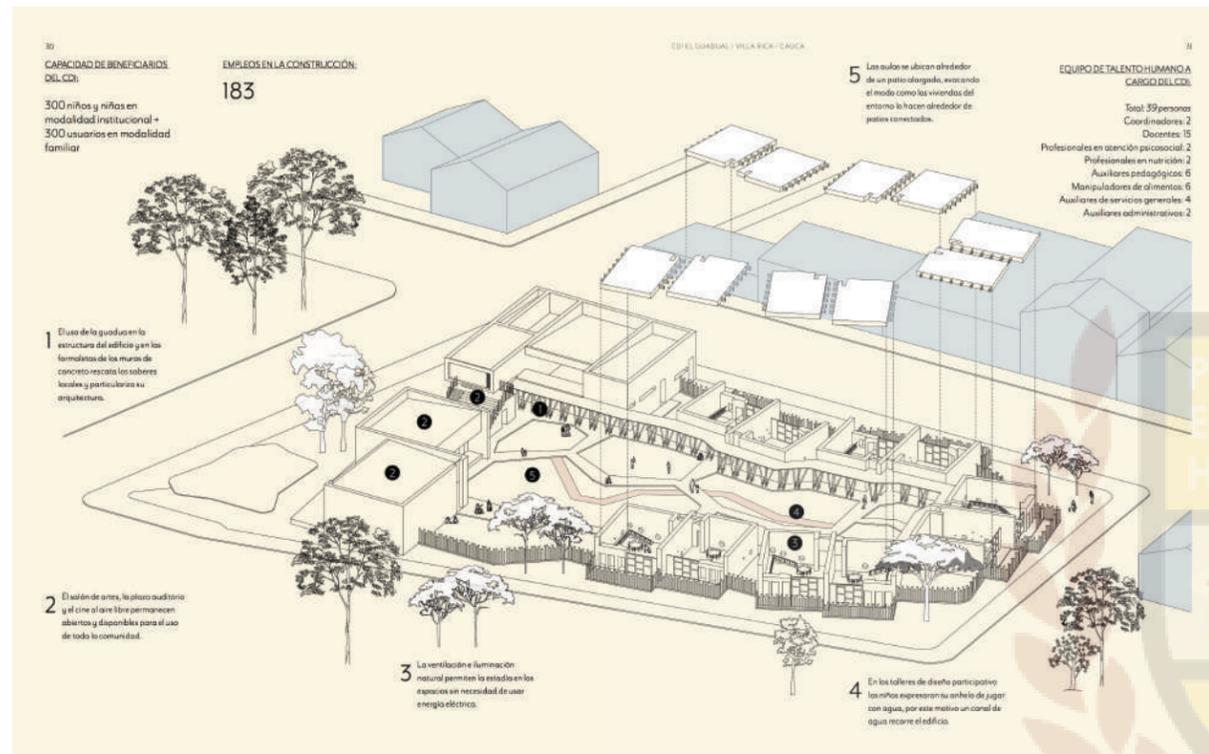


Diagrama de características



Diagramas recolección de agua

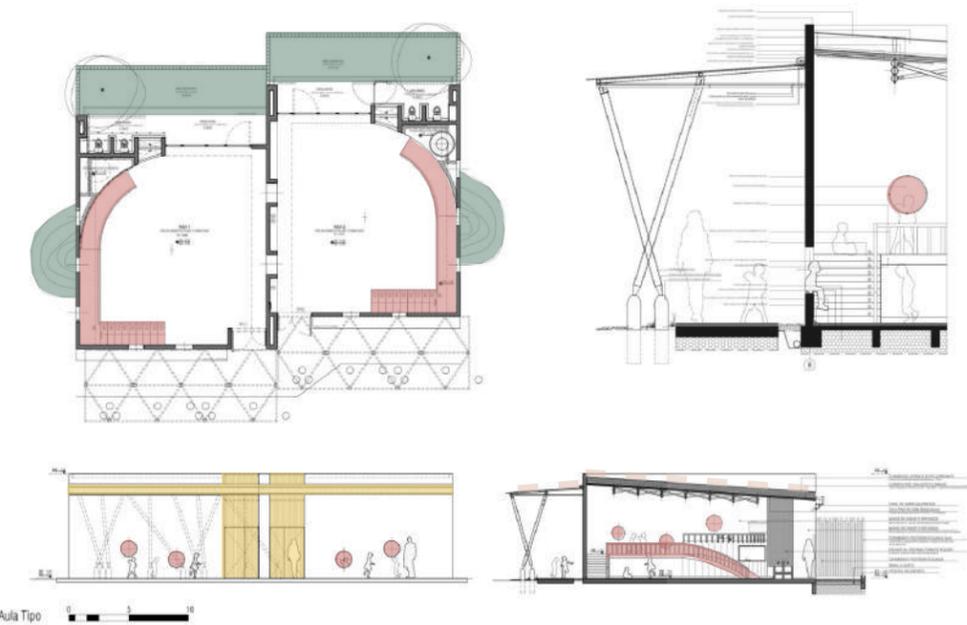
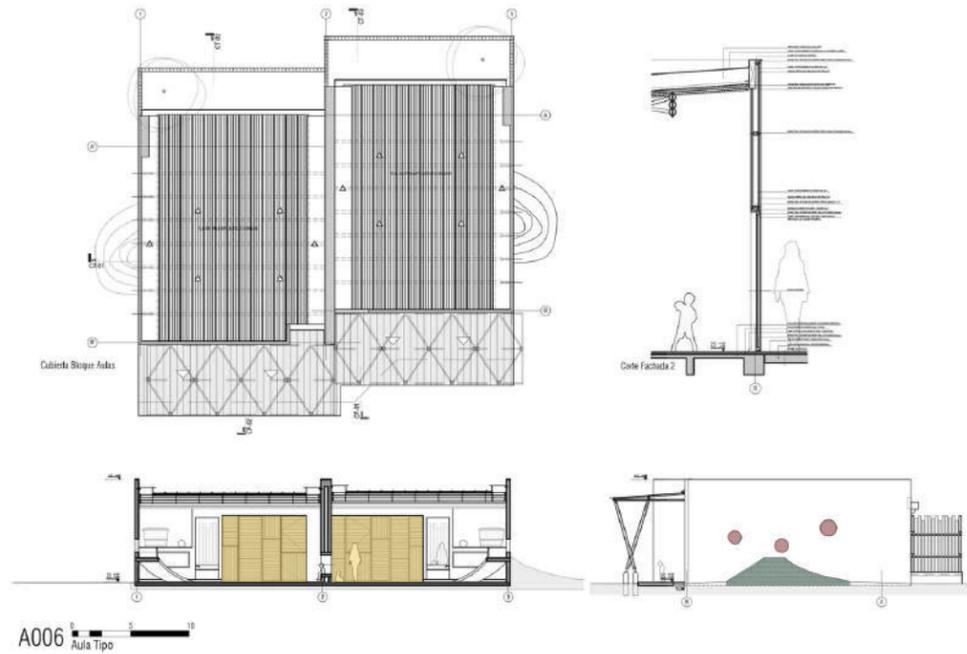


Conexión histórica y cultural al lugar,

desde la concepción del diseño hasta la construcción y operación del proyecto, la comunidad ha estado envuelta y colaborando en todo el proceso. Este centro se describe como uno participativo con sentido de pertenencia, ya que los mismos residentes de la comunidad aportaron ideas de lo que visualizaban para este proyecto. Su diseño ha sido tan efectivo, que se está transformando en un centro de desarrollo municipal, por lo tanto, pueden participar residentes de todas las edades en actividades durante el día y en la noche.

Techos inclinados y grandes drenajes,

otra estrategia sustentable aplicada en este centro es el recogido de agua de lluvia. Un gran "drenaje expuesto", como un río, cruza por el centro del patio interior, evitando que el terreno adyacente se inunde, permitiendo almacenar agua de lluvia e integrado al paisaje del proyecto.



Plantas, secciones y elevaciones de los salones de clase



Programa de
Estudios de
Honor



1961

UPR-RP

Exploración y descubrimiento,

las aperturas en forma circular distribuidas a lo largo de todo el proyecto invitan a los niños a explorar nuevas maneras de acceder los salones de clases, opciones de diferentes experiencia de juego y hasta ventanas a distintas alturas para mirar al exterior. En este caso, el edificio brinda flexibilidad a los usuarios para que sean estos los que decidan cómo actuar ante los elementos incorporados.



Atracción y belleza y exploración y descubrimiento,

los materiales utilizados, la variabilidad espacial y sensorial, las texturas, el huerto y el pequeño río que cruza a través del gran patio, proporcionan diversas experiencias a los niños que contribuyen a que disfruten, cuestionen, investiguen y valoren las actividades realizadas. Todos los elementos antes mencionados están relacionados de alguna manera con la naturaleza, ya sea por el bambú, la luz y la sombra, la ventilación natural, la vegetación y el agua.

C7

Head Start Gruta de Lourdes

Trujillo Alto, Puerto Rico

Agrait Betancourt Arquitectos

2002

El Head Start Gruta de Lourdes, fue diseñado por la firma Agrait Betancourt Arquitectos para el 2002. No obstante, el proyecto localizado en los terrenos del Santuario de la Gruta de Lourdes en Trujillo Alto, no se logró construir. Sin embargo, el propósito de este centro infantil educativo era acercar a los niños a la naturaleza, integrando el complejo a un bosque de densa vegetación adyacente al proyecto. La forma del proyecto, como un diapasón o una “u”, buscaba crear una gran apertura al exterior del solar, para propiciar una mayor interacción con el entorno ambiental. Este Head Start cuenta con un patio interior central con corredores abiertos que permiten acceder de un lado todos los salones y del otro lado una barra exclusiva de servicio e instalaciones de apoyo.



10 elementos recurrentes en la arquitectura tropical

los espacios abiertos pero contenidos	X
los techos inclinados de gran pendiente que evacuan el agua con rapidez	X
los grandes aleros que protegen de la luz directa y de la lluvia	X
la fachada perforada que permite filtrar la luz y posibilitar la ventilación cruzada	X
los zócalos que protegen contra la humedad	
los grandes drenajes necesarios para el manejo de escorrentías en el sitio	
la incorporación de la vegetación como elemento y filtro arquitectónico	X
la penumbra de los espacios interiores para matizar la potente luz tropical y combatir el deslumbramiento	
los espacios intermedios para crear micro zonas térmicas entre el exterior y el interior	X
el zaguán como conector, espacios de uso y canal de ventilación en las viviendas	

*Definidos por el Arq. Bruno Stagno. Fuente: Andrés Mignucci, *Bruno Stagno: Una arquitectura para el trópico* (San Juan, A+editores, 2019), p.26.

C7 Elementos y atributos del diseño biofílico*

Head Start Gruta de Lourdes

Trujillo Alto, Puerto Rico

Agrait Betancourt Arquitectos

Características ambientales	
Color (circulación, jerarquía, distribución)	X
Agua (estanques, fuentes, paisaje)	
Aire (ventilación natural)	
Luz del sol	X
Plantas (patios, techos, paredes)	X
Animales	
Materiales naturales	
Vistas al exterior	X
Fachada verde	
Geología y paisaje	
Hábitats y ecosistemas	
Fuego	
Luz y espacio	
Luz natural	X
Luz filtrada y difusa	X
Luz y sombra	X
Luz reflejada	
Piscinas de luz	
Luz cálida	X
Luz como forma	
Amplitud	X
Variabilidad espacial	X
El espacio como forma	X
Armonía espacial	X
Espacios interiores-exteriores	X

Figuras y formas naturales	
Motivos botánicos	
Soportes de árbol y columnares	X
Motivos animales (principalmente vertebrados)	
Conchas y espirales	
Huevo, formas ovales y tubulares	
Arcos, bóvedas, cúpulas	
Formas resistentes a líneas y ángulos rectos	
Simulación de características naturales	
Biomorfismo	
Geomorfología	
Biomímesis	
Relaciones basadas en el lugar	
Conexión geográfica al lugar	
Conexión histórica al lugar	
Conexión ecológica al lugar	X
Conexión cultural al lugar	X
Materiales indígenas	
Orientación al paisaje	X
Características del paisaje que definen la forma del edificio	
Ecología del paisaje	X
Integración de cultura y ecología	
Espíritu del lugar	
Evitar la falta del lugar	X

Patrones y procesos naturales	
Variabilidad sensorial	X
Riqueza de la información	X
Edad, cambio y pátina del tiempo	
Crecimiento y eflorescencia	X
Punto focal central	
Patrones estampados	
Espacios delimitados	X
Espacios transitorios	X
Series vinculadas y cadenas	X
Integración de partes a totalidades	X
Contrastes complementarios	X
Balance dinámico y tensión	
Fractales	
Relaciones y escalas organizadas jerárquicamente	
Relaciones evolucionadas de la naturaleza humana	
Perspectiva y refugio	
Orden y complejidad	
Curiosidad y tentación	X
Cambio y metamorfosis	
Seguridad y protección	
Dominio y control	
Cariño y apego	X
Atracción y belleza	
Exploración y descubrimiento	X
Información y cognición	X
Miedo y asombro	
Reverencia y espiritualidad	

*Según Stephen Kellert. Stephen Kellert, Judith H. Heerwagen y Martin L. Mador, *Biophilic Design: the theory, science and practice of bringing buildings to life* (New Jersey: John Wiley & Sons, 2008), p.6-15



Planta 1er Nivel



Vista patio interior



Axonométrico de piezas

Incorporación de la vegetación y conexión ecológica al lugar,
 este centro Head Start está localizado en un solar donde la naturaleza rodea el edificio, pero de la misma manera, se crea un patio interior que permite una circulación más cercana al contexto. Demostrando la importancia de la naturaleza para el proyecto, se conservó un árbol existente, que es parte del patio interior y brinda sombra a los niños que jueguen en el área.

Integración de partes a totalidades,

la barra educativa, dirigida a los niños está diseñada de manera modular. Los 6 salones de cuidado son los que componen esta barra, percibida por los niños como bloques separados, pero en realidad están interconectados. Es importante destacar que cada dos salones comparten un techo, creando partes que pueden tener doble lectura, individual y colectiva.

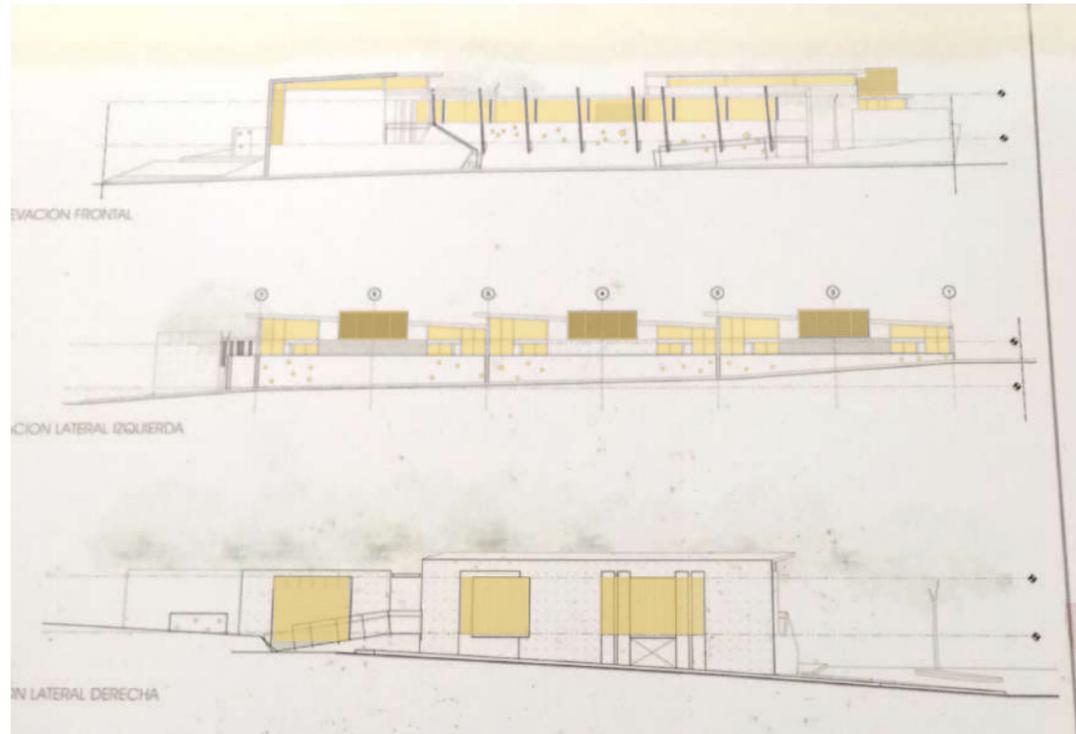
Espacios interiores-exteriores y espacios transitorios,

la forma de este proyecto, propicia la creación de espacios intermedios y transitorios que conectan y son parte de la circulación principal. El patio interior cuenta con corredores cubiertos pero abiertos, dando la oportunidad de que los niños interactúen con el entorno natural. Al utilizar un sistema estructural de columnas, se promueve una mejor visibilidad y amplitud de los espacios.

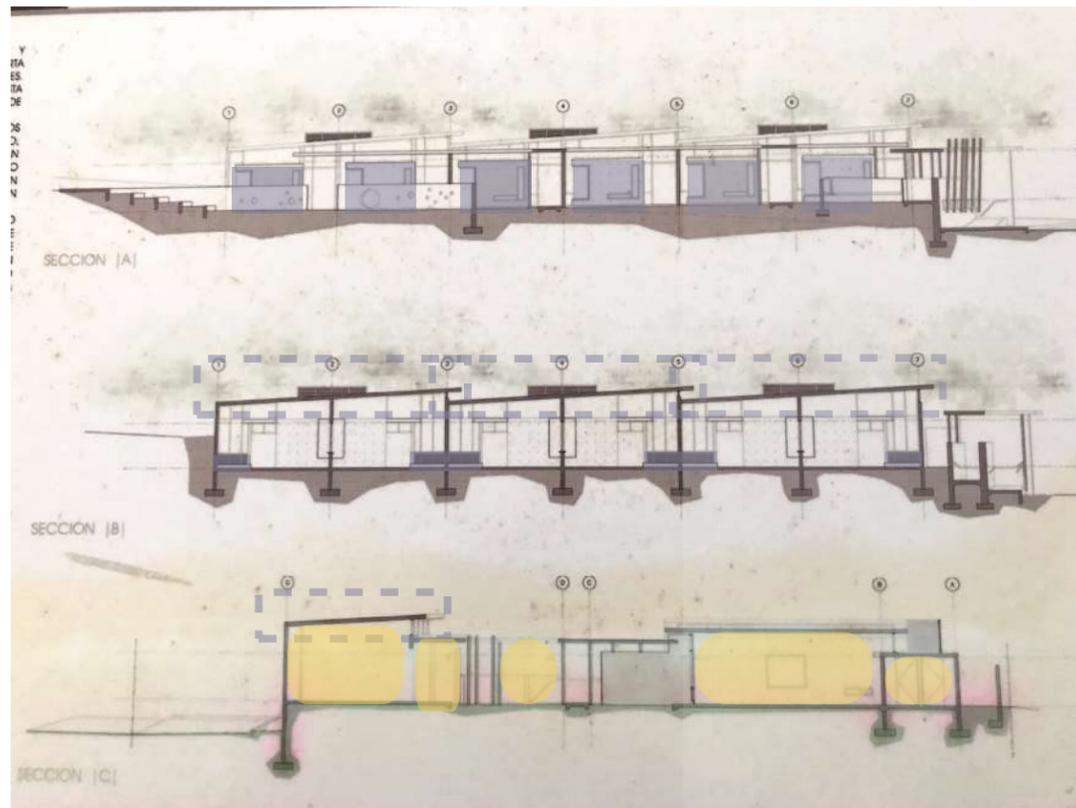


C7 Dibujos arquitectónicos

Head Start Gruta de Lourdes
Trujillo Alto, Puerto Rico
Agrait Betancourt Arquitectos



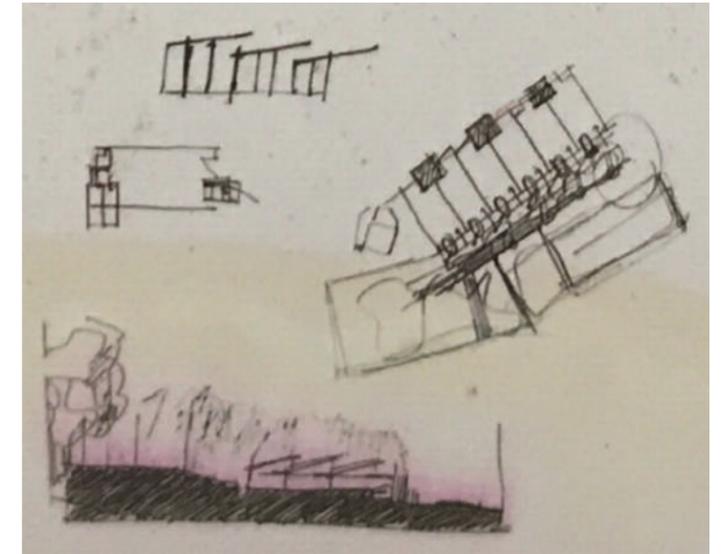
Elevaciones



Secciones



Corte en perspectiva



Bocetos por el arquitecto

Programa de
Estudios de
Honor



1961

UPR

Techos inclinados de gran pendiente,

los techos que están sobre los módulos de cuidado de niños son inclinados para poder crear entradas de luz natural con ventanas. A la vez, la inclinación en los techos facilita el movimiento de agua de lluvia, para evitar filtraciones por quedarse en la superficie.

Luz natural,

en este proyecto el patio interior, las grandes ventanas, que rodean el proyecto en las fachadas, los cambios de altura de los techos y con ventanas incluidas, contribuyen a que durante el día los espacios puedan estar alumbrados naturalmente y con una luz cálida. También, en varias partes de la fachada se crean pequeñas perforaciones en los muros de hormigón, que permiten la entrada de ventilación natural y luz filtrada a espacios abiertos como el patio interior.

Variabilidad sensorial y espacial,

se proyectó utilizar hormigón armado y bloque empaquetado y pintado, pero también se designaron "cajas de juego" para cada salón, donde se utilizarían otros materiales como madera, hormigón expuesto, piedra y vidrio para promover la curiosidad y descubrimiento entre los niños. Además, los diversos niveles que se crean en los techos, ayudan a identificar espacios jerárquicos de los espacios comunes.

C8 Escuela Ecológica Niños Uniendo al Mundo

Caguas, Puerto Rico

Abruña & Musgrave Architects

1999

La Escuela Ecológica Niños Uniendo al Mundo, es una escuela elemental Montessori diseñada por el Arq. Fernando Abruña en el Barrio Río Cañas en Caguas. El arquitecto destaca que como parte del desarrollo del proyecto, tuvo la oportunidad de seleccionar junto a los dueños el terreno deseado, en este caso una finca de plantas ornamentales. El proyecto ocupa aproximadamente una cuerda de las 7.5 cuerdas existentes de la finca, las cuales se mantuvieron en su estado original, conservando la abundante flora y fauna del lugar. La escuela, que recibe niños de 3 a 12 años, cuenta con 3 ambientes de estudio (salones), biblioteca, cafetería y grandes áreas abiertas de recreo, juego y siembra. También, el solar contaba con una estructura existente de dos niveles que se restauró y actualmente es parte de las áreas de administración y servicio del proyecto. Este centro educativo se diseñó utilizando estrategias pasivas de iluminación y ventilación natural, conservación de energía y agua. Las geometrías simples del proyecto contribuyeron a reducir costos de construcción y a su vez simulan la forma tradicional de una casa, para hacer que los niños se sientan más cómodos con el espacio.

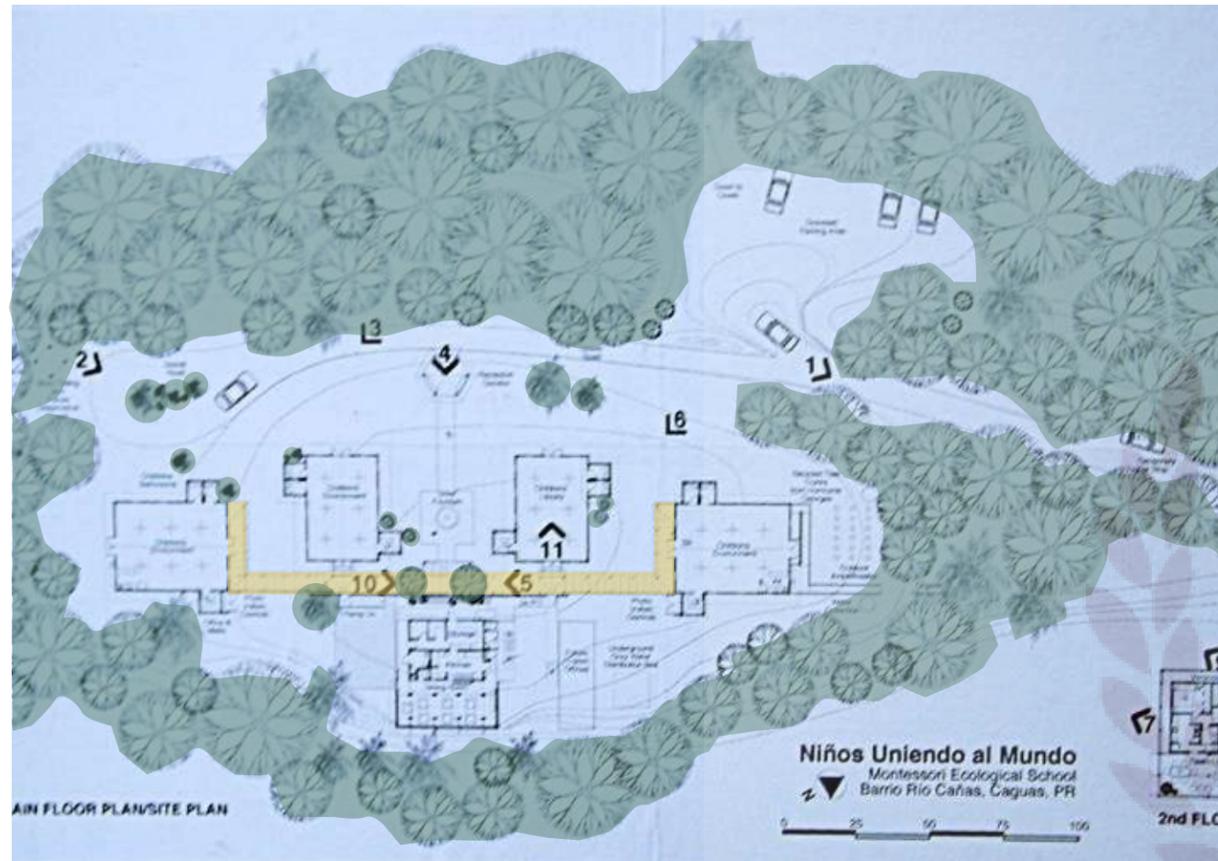


10 elementos recurrentes en la arquitectura tropical

los espacios abiertos pero contenidos	X
los techos inclinados de gran pendiente que evacuan el agua con rapidez	X
los grandes aleros que protegen de la luz directa y de la lluvia	
la fachada perforada que permite filtrar la luz y posibilitar la ventilación cruzada	X
los zócalos que protegen contra la humedad	X
los grandes drenajes necesarios para el manejo de escorrentías en el sitio	X
la incorporación de la vegetación como elemento y filtro arquitectónico	X
la penumbra de los espacios interiores para matizar la potente luz tropical y combatir el deslumbramiento	
los espacios intermedios para crear micro zonas térmicas entre el exterior y el interior	X
el zaguán como conector, espacios de uso y canal de ventilación en las viviendas	

*Definidos por el Arq. Bruno Stagno. Fuente: Andrés Mignucci, *Bruno Stagno: Una arquitectura para el trópico* (San Juan, A+editores, 2019), p.26.

Características ambientales		Figuras y formas naturales		Patrones y procesos naturales	
Color (circulación, jerarquía, distribución)	X	Motivos botánicos		Variabilidad sensorial	X
Agua (estanques, fuentes, paisaje)		Soportes de árbol y columnares		Riqueza de la información	
Aire (ventilación natural)	X	Motivos animales (principalmente vertebrados)		Edad, cambio y pátina del tiempo	
Luz del sol	X	Conchas y espirales		Crecimiento y eflorescencia	X
Plantas (patios, techos, paredes)	X	Huevo, formas ovales y tubulares		Punto focal central	
Animales		Arcos, bóvedas, cúpulas		Patrones estampados	
Materiales naturales		Formas resistentes a líneas y ángulos rectos		Espacios delimitados	X
Vistas al exterior	X	Simulación de características naturales		Espacios transitorios	X
Fachada verde		Biomorfismo		Series vinculadas y cadenas	
Geología y paisaje	X	Geomorfología		Integración de partes a totalidades	X
Hábitats y ecosistemas	X	Biomímesis		Contrastes complementarios	X
Fuego				Balance dinámico y tensión	
Luz y espacio		Relaciones basadas en el lugar		Relaciones evolucionadas de la naturaleza humana	
Luz natural	X	Conexión geográfica al lugar	X	Perspectiva y refugio	
Luz filtrada y difusa	X	Conexión histórica al lugar	X	Orden y complejidad	
Luz y sombra	X	Conexión ecológica al lugar	X	Curiosidad y tentación	X
Luz reflejada		Conexión cultural al lugar		Cambio y metamorfosis	
Piscinas de luz		Materiales indígenas		Seguridad y protección	
Luz cálida	X	Orientación al paisaje	X	Dominio y control	
Luz como forma		Características del paisaje que definen la forma del edificio		Cariño y apego	X
Amplitud	X	Ecología del paisaje	X	Atracción y belleza	
Variabilidad espacial	X	Integración de cultura y ecología		Exploración y descubrimiento	X
El espacio como forma		Espíritu del lugar	X	Información y cognición	X
Armonía espacial	X	Evitar la falta del lugar	X	Miedo y asombro	
Espacios interiores-exteriores	X			Reverencia y espiritualidad	



Programa
Estudios de
Honor

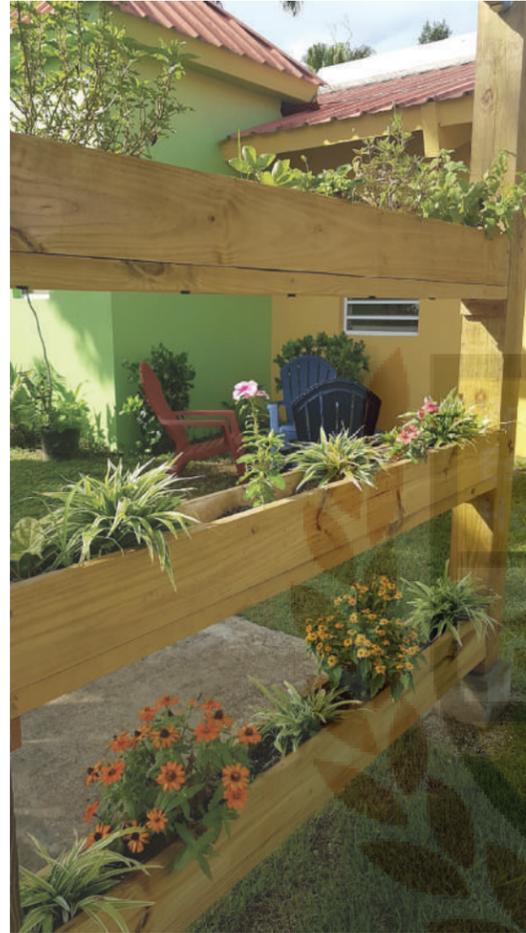


UPR-PP

Incorporación de la vegetación y conexión ecológica del lugar, la escuela está adentrada en el bosque, así que la naturaleza juega un rol esencial en la educación de los niños. Este proyecto ha respetado la biodiversidad (flora y fauna) que habita en las casi 7.5 cuerdas de terreno, por lo que su huella en el solar es menor de una cuerda.

Cariño y apego, los estudiantes aprenden a respetar y a valorar la naturaleza pasando largas horas en contacto directo con ella. El bosque y el huerto escolar, junto a otras áreas recreativas, se convierten en salón de clases, promoviendo un sentido de pertenencia hacia su escuela. Parte de lo que cosechan los estudiantes, se utiliza en el comedor escolar a la hora de preparar el almuerzo, promoviendo también la importancia de la seguridad alimentaria. Cabe destacar que los niños participaron del proceso de diseño de esta escuela, un gesto que jamás olvidarán pues fueron parte de este significativo evento.

Espacios interiores-exteriores, los ambientes de estudio o salones están conectados por un corredor cubierto pero a la vez abierto a ambos lados, permitiendo que los niños tengan la libertad de moverse sin restricciones entre el interior de la escuela y el entorno exterior.



Condición original en centro comercial

Condición existente en finca

Vistas al exterior,

la Escuela Niños Uniendo al Mundo antes de estar ubicada en el Barrio Río Cañas, estaba localizado en el Centro Comercial Consolidated Mall en un espacio comercial. No habían ventanas al exterior y todo el espacio estaba cubierto por plafones acústicos y lamparas fluorescentes de 2'x4', creando un ambiente frío y hostil para los niños. Actualmente, eso cambió drásticamente, pues los todos los salones cuentan con varias ventanas y puertas que se mantienen abiertas durante el día para mantener una conexión visual con la vegetación.

Luz natural y ventilación natural,

los salones de esta escuela están orientados adecuadamente para permitir la entrada de iluminación y ventilación natural. Además de utilizar ventanas y grandes puertas, el proyecto cuenta con bloques de vidrio que permiten la entrada de luz difusa al espacio. Además, al estar rodeados por árboles, siempre se goza de temperaturas frescas en los espacios interiores.

		Capítulo 1: Arquitectura, naturaleza y otros conceptos teóricos				Capítulo 2: Análisis			
						VN	IN	CO	PR
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
10 elementos recurrentes en la arquitectura tropical*	los espacios abiertos pero contenidos	X	X	X	X	X	X	X	X
	los techos inclinados de gran pendiente que evacúan el agua con rapidez	X	X			X	X	X	X
	los grandes aleros que protegen de la luz directa y de la lluvia		X	X	X	X	X	X	
	la fachada perforada que permite filtrar la luz y posibilitar la ventilación cruzada	X	X	X	X	X	X	X	X
	los zócalos que protegen contra la humedad	X			X	X	X		X
	los grandes drenajes necesarios para el manejo de escorrentías en el sitio		X				X		X
	la incorporación de la vegetación como elemento y filtro arquitectónico	X	X	X	X	X	X	X	X
	la penumbra de los espacios interiores para matizar la potente luz tropical y combatir el deslumbramiento	X	X	X	X	X	X		
	los espacios intermedios para crear micro zonas térmicas entre el exterior y el interior			X	X	X	X	X	X
	el zaguán como conector, espacios de uso y canal de ventilación en las viviendas								
Características ambientales	Color (circulación, jerarquía, distribución)	X		X	X	X		X	X
	Agua (estanques, fuentes, paisaje)			X		X	X		
	Aire (ventilación natural)		X	X	X	X	X		X
	Luz del sol	X	X	X	X	X	X	X	X
	Plantas (patios, techos, paredes)	X	X	X	X	X	X	X	X
	Animales			X					
	Materiales naturales	X			X		X		
	Vistas al exterior	X	X	X	X	X	X	X	X
	Fachada verde		X			X			
	Geología y paisaje								X
	Hábitats y ecosistemas								X
	Fuego								
Luz y espacio	Luz natural	X	X	X	X	X	X	X	X
	Luz filtrada y difusa	X	X	X	X	X	X	X	X
	Luz y sombra	X	X	X	X	X	X	X	X
	Luz reflejada								
	Piscinas de luz	X				X			
	Luz cálida	X	X	X	X	X	X	X	X
	Luz como forma	X				X	X		
	Amplitud	X	X	X	X	X	X	X	X
	Variabilidad espacial	X	X	X	X	X	X	X	X
	El espacio como forma	X	X	X	X	X	X	X	
	Armonía espacial		X	X	X	X	X	X	X
	Espacios interiores-exteriores		X	X	X	X	X	X	X
Figuras y formas naturales	Motivos botánicos								
	Soportes de árbol y columnares		X			X		X	
	Motivos animales (principalmente vertebrados)			X					
	Conchas y espirales		X			X			
	Huevo, formas ovales y tubulares					X			
	Arcos, bóvedas, cúpulas								
	Formas resistentes a líneas y ángulos rectos		X			X			
	Simulación de características naturales		X						
	Biomorfismo					X			
	Geomorfología								
	Biomimesis								
	Relaciones basadas en el lugar	Conexión geográfica al lugar						X	X
Conexión histórica al lugar		X	X	X	X	X	X	X	
Conexión ecológica al lugar		X	X				X	X	X
Conexión cultural al lugar			X		X	X	X	X	
Materiales indígenas					X		X		
Orientación al paisaje		X	X		X	X		X	X
Características del paisaje que definen la forma del edificio									
Ecología del paisaje						X	X	X	X
Integración de cultura y ecología			X			X	X		
Espíritu del lugar			X				X		X
Evitar la falta del lugar		X	X	X	X	X	X	X	X
Variabilidad sensorial		X	X	X	X	X	X	X	X
Patrones y procesos naturales	Riqueza de la información	X	X	X				X	
	Edad, cambio y pátina del tiempo				X		X		
	Crecimiento y eflorescencia		X	X	X	X	X	X	X
	Punto focal central	X			X	X			
	Patrones estampados	X	X	X	X	X	X		
	Espacios delimitados	X	X	X	X	X	X	X	X
	Espacios transitorios	X	X	X	X	X	X	X	X
	Serías vinculadas y cadenas	X		X	X	X	X	X	
	Integración de partes a totalidades	X	X	X		X	X	X	X
	Contrastes complementarios	X	X	X	X	X	X	X	X
	Balance dinámico y tensión	X		X	X		X		
	Fractales				X	X	X		
Relaciones evolucionadas de la naturaleza humana	Relaciones y escalas organizadas jerárquicamente		X	X	X	X	X		
	Perspectiva y refugio	X	X	X		X	X		
	Orden y complejidad		X				X		
	Curiosidad y tentación	X	X	X	X	X	X	X	X
	Cambio y metamorfosis								
	Seguridad y protección								
	Dominio y control		X		X		X		
	Cariño y apego		X	X	X	X	X	X	X
	Atracción y belleza	X	X	X	X	X	X		
	Exploración y descubrimiento	X	X	X	X	X	X	X	X
	Información y cognición	X	X	X	X		X	X	X
	Miedo y asombro		X			X	X		
Reverencia y espiritualidad					X				

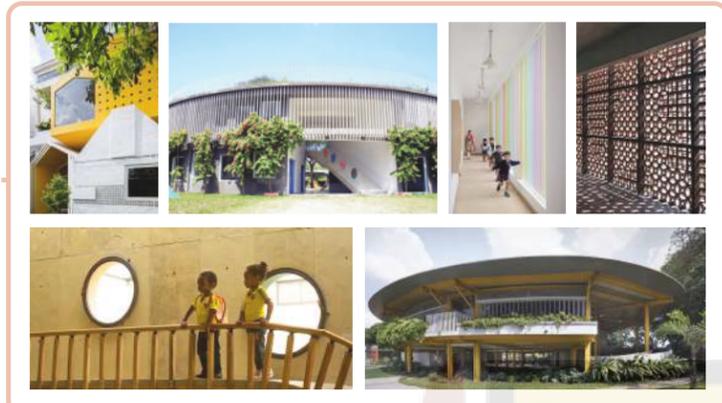
*Definidos por el Arq. Bruno Stagno. Fuente: Andrés Mignucci, *Bruno Stagno: Una arquitectura para el trópico* (San Juan, A+ editores, 2019), p.26.

**Según Stephen Kellert, Stephen Kellert, Judith H. Heerwagen y Martin L. Mador, *Biophilic Design: the theory, science and practice of bringing buildings to life* (New Jersey: John Wiley & Sons, 2008), p.6-15

El diseño biofílico, la biomimesis y otros conceptos sustentables para la arquitectura tropical

Conclusiones y hallazgos
Casos de Estudio

Capítulo 1: Arquitectura, naturaleza y otros conceptos teóricos		Capítulo 2: Análisis											
		VN	IN	CO	PR	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
10 elementos recurrentes en la arquitectura tropical*	los espacios abiertos pero contenidos	X	X	X	X	X	X	X	X				
	los techos inclinados de gran pendiente que evacúan el agua con rapidez	X	X			X	X	X	X				
	los grandes aleros que protegen de la luz directa y de la lluvia		X	X	X	X	X	X					
	la fachada perforada que permite filtrar la luz y posibilitar la ventilación cruzada	X	X	X	X	X	X	X	X				
	los zócalos que protegen contra la humedad	X			X	X	X						
	los grandes drenajes necesarios para el manejo de escorrentías en el sitio		X						X				
	la incorporación de la vegetación como elemento y filtro arquitectónico	X	X	X	X	X	X	X	X				
	la penumbra de los espacios interiores para matizar la potente luz tropical y combatir el deslumbramiento	X	X	X	X	X	X						
	los espacios intermedios para crear micro zonas térmicas entre el exterior y el interior			X	X	X	X	X	X				
	el zaguán como conector, espacios de uso y canal de ventilación en las viviendas												
Características ambientales	Color (circulación, jerarquía, distribución)	X		X	X	X	X	X	X				
	Agua (estanques, fuentes, paisaje)			X	X	X	X						
	Aire (ventilación natural)			X	X	X	X	X					
	Luz del sol	X	X	X	X	X	X	X	X				
	Plantas (patios, techos, paredes)	X	X	X	X	X	X	X	X				
	Animales			X									
	Materiales naturales	X		X		X							
	Vistas al exterior	X	X	X	X	X	X	X	X				
	Fachada verde		X			X							
	Geología y paisaje											X	
Luz y espacio	Hábitats y ecosistemas											X	
	Fuego											X	
	Luz natural	X	X	X	X	X	X	X	X				
	Luz filtrada y difusa	X	X	X	X	X	X	X	X				
	Luz y sombra	X	X	X	X	X	X	X	X				
	Luz reflejada												
	Piscinas de luz	X				X							
	Luz cálida	X	X	X	X	X	X	X	X				
	Luz como forma	X				X							
	Amplitud	X	X	X	X	X	X	X	X				
Elementos y atributos del diseño biofílico**	Variabilidad espacial	X	X	X	X	X	X	X	X				
	El espacio como forma	X	X	X	X	X	X	X	X				
	Armonía espacial	X	X	X	X	X	X	X	X				
	Espacios interiores-exteriores	X	X	X	X	X	X	X	X				
	Motivos botánicos												
	Soportes de árbol y columnares		X			X							
	Motivos animales (principalmente vertebrados)			X									
	Conchas y espirales		X				X						
	Huevo, formas ovales y tubulares						X						
	Arcos, bóvedas, cúpulas							X					
Relaciones basadas en el lugar	Formas resistentes a líneas y ángulos rectos		X				X						
	Simulación de características naturales		X										
	Biomorfismo							X					
	Geomorfología												
	Biomimesis												
	Conexión geográfica al lugar										X		
	Conexión histórica al lugar	X	X	X	X	X	X	X	X				
	Conexión ecológica al lugar	X	X			X	X	X					
	Conexión cultural al lugar	X	X			X	X	X					
	Materiales indígenas					X		X					
Relaciones basadas en el lugar	Orientación al paisaje	X	X	X	X	X	X	X					
	Características del paisaje que definen la forma del edificio												
	Ecología del paisaje						X	X	X				
	Integración de cultura y ecología		X				X	X					
	Espíritu del lugar		X				X	X					
	Evitar la falta del lugar	X	X	X	X	X	X	X					
	Variabilidad sensorial	X	X	X	X	X	X	X					
	Riqueza de la información	X	X	X			X	X					
	Edad, cambio y pátina del tiempo					X	X						
	Crecimiento y eflorescencia		X	X	X	X	X	X					
Patrones y procesos naturales	Punto focal central	X				X	X						
	Patrones estampados	X	X	X	X	X	X						
	Espacios delimitados	X	X	X	X	X	X	X					
	Espacios transitorios	X	X	X	X	X	X	X					
	Serie vinculadas y cadenas	X	X	X	X	X	X						
	Integración de partes a totalidades	X	X	X	X	X	X	X					
	Contrastes complementarios	X	X	X	X	X	X	X					
	Balace dinámico y tensión	X		X	X	X							
	Fractales					X	X						
	Relaciones y escalas organizadas jerárquicamente		X	X	X	X							
Relaciones evolucionadas de la naturaleza humana	Perspectiva y refugio	X	X	X		X							
	Orden y complejidad		X				X						
	Curiosidad y tentación	X	X	X	X	X	X	X					
	Cambio y metamorfosis												
	Seguridad y protección												
	Dominio y control		X	X			X						
	Cariño y apego		X	X	X	X	X	X					
	Atracción y belleza	X	X	X	X	X	X						
	Exploración y descubrimiento	X	X	X	X	X	X	X					
	Información y cognición	X	X	X	X	X	X	X					
Miedo y asombro		X				X	X						
Reverencia y espiritualidad						X							



*Definidos por el Arq. Bruno Stagno. Fuente: Andriá Mignuzzi, Bruno Stagno. Una arquitectura para el futuro. San Juan, Arvestores, 2019, p. 22.
**Según Stephen Kellert, Stephen Kellert, Judith H. Heerwagen y Martin L. Mador, Biophilic Design: the theory, science and practice of bringing buildings to life (New Jersey: John Wiley & Sons, 2008), p. 6-15

Capítulo III: Hallazgos y conclusiones

Dice el arquitecto Henry Klumb que: “(La arquitectura) ...debe proveer, dentro de nuestras limitaciones eco-sociales, un entorno físico que estimule los anhelos más profundos del hombre de alcanzar la plenitud espiritual a través del goce de vivir y trabajar.”⁶⁰ De igual manera, en la actualidad, podemos interpretar esta cita como una de las definiciones del **diseño biofílico**, ya que esta nueva tendencia busca que a través de la conexión y acercamiento de las personas con la naturaleza se mejore su *calidad de vida*. Al mencionar “*calidad de vida*”, hacemos referencia a los beneficios físicos, emocionales, psicológicos, cognitivos, culturales, sociales, ambientales y económicos que se lograrían al vincularnos más con el entorno natural.

La naturaleza incorporada en el entorno construido, en esta época, ha tenido un resurgir y ha cobrado una mayor importancia dentro de la arquitectura. Con los más recientes eventos ligados al cambio climático, los cuales atentan contra la naturaleza y el medio ambiente, debemos estar más conscientes del rol y la responsabilidad que tenemos como arquitectos o futuros arquitectos, para crear espacios donde se propicie estar en conexión con la naturaleza. El estudio que llevamos acabo y que hemos puesto a la luz de diversos conceptos sustentables: **arquitectura vernácula**, **arquitectura bioclimática** y **biomímesis**, nos ha puesto a cuestionar la nueva aportación del **diseño biofílico** desde la arquitectura (Figura 43).

⁶⁰ Heidee Rolón Cintrón y Enrique Vivoni Farange, *Paraíso Olvidado* (El Nuevo Día, 2015). Recuperado 10 de octubre de 2019, <https://www.pressreader.com/puerto-rico/el-nuevo-dia/20150726/283798557454055>

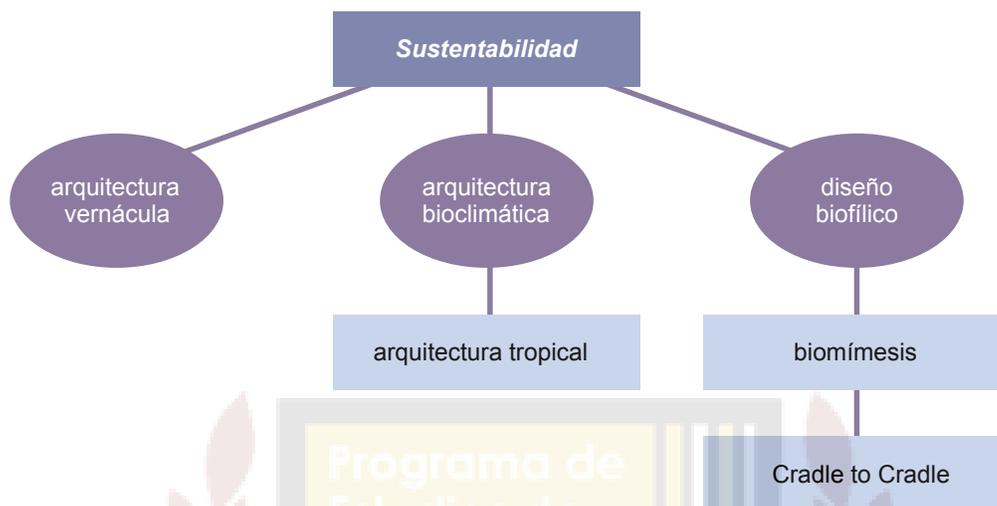


Figura 43. Relación de conceptos sustentables estudiados

En términos generales, podemos concluir que el **diseño biofílico**, de alguna manera, logra reunir las definiciones de los otros conceptos antes mencionados, Incluso, algunos parecen un cambio de nomenclatura. Hemos descubierto a través de esta investigación que los elementos y atributos descritos por el psicólogo ambiental Stephen Kellert, incluyen los conceptos analizados en esta investigación (Figura 44). Lo **vernáculo**, podemos verlo representado o resumido, de cierto modo, en el elemento que este nombra como *relaciones basadas en el lugar*. Lo **bioclimático**, se relaciona a través de dos elementos: *características ambientales* y *luz y espacios*, donde la *iluminación*, *ventilación*, *vegetación* y *pieles* del edificio, son algunos de los atributos desglosados. La **biomímesis**, junto con el movimiento **Cradle to Cradle**, se reflejan en el elemento de *figuras y formas naturales*, donde el **biomorfismo** y la **biomímesis** son factores a ser examinados. Esta investigación nos ayuda a entender que a través de

dos elementos adicionales: *patrones y procesos naturales*, y, *relaciones evolucionadas de la naturaleza*, el **diseño biofílico** trae a discusión el lado psicológico y social dentro del diseño y el comportamiento, así como la percepción de los usuarios en el edificio. Esto último, siendo lo distinto a los conceptos anteriores estudiados.

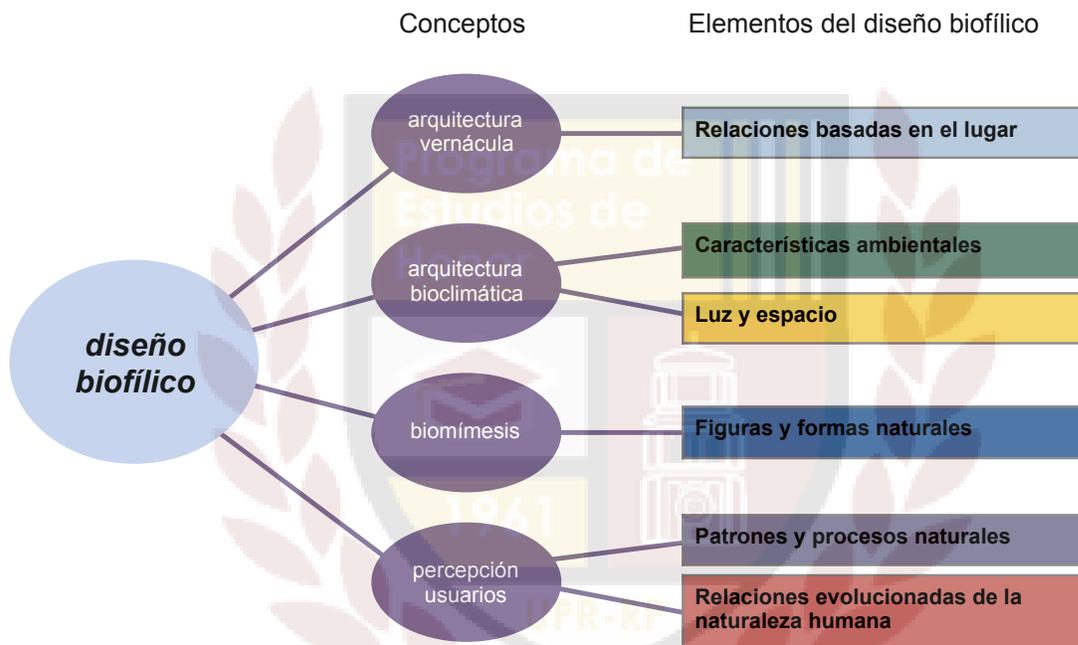


Figura 44. Relación de conceptos sustentables estudiados con el diseño biofílico

Cabe destacar, que esto no significa que el **diseño biofílico** viene a reemplazar los conceptos antes mencionados. Incluso, el término **diseño biofílico**, surge para reafirmar la importancia, el impacto y el valor incalculable que la naturaleza nos brinda y que por muchos años la hemos dejado en un segundo plano. A causa de esto, estudiosos y profesionales médicos han demostrado cómo la salud de los niños y adultos ha ido encareciendo por falta de la interacción con la naturaleza. A su vez, esto

ha generado una falta de sensibilidad y un efecto nocivo en cadena a grandes poblaciones y hacia el medioambiente, empeorando el cambio climático (Figura 45). Como hemos examinado en capítulos pasados, el periodista Richard Louv, define esta situación como el **Trastorno por Déficit de Naturaleza**.

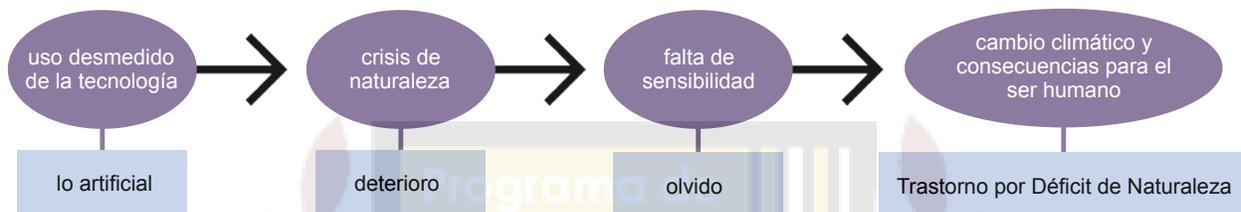


Figura 45. Efecto en cadena que nos lleva al Trastorno por Déficit de Naturaleza

Por otro lado, el enfoque principal de esta investigación, estuvo dirigido al análisis de casos de estudio en climas tropicales. Principalmente, dirigido a proyectos tipológicamente definidos como obras de arquitectura escolar para infantes. Luego de examinar detalladamente los casos, podemos desprender varios hallazgos: esta Tesina nos ha ayudado a reconocer elementos consistentes dentro de los climas tropicales y esta tipología de proyecto que hemos desglosado a través de los conceptos estudiados.⁶¹ Al mismo tiempo, nos ha ayudado a identificar grandes carencias que tienen los centros de desarrollo infantil y escuelas a lo largo de nuestra isla. Al igual que otros edificios, los centros infantiles no pueden ser espacios que no tomen en consideración nuestras condiciones climáticas. Por lo tanto, hemos visto que: una gran cantidad de los centros preescolares en Puerto Rico son casas que han sido convertidas en pequeñas escuelas, pero la tipología residencial o el propósito para el

⁶¹ Véase Figura 42.

que fue construida inicialmente no propicia un ambiente adecuado para tener unas estrategias de diseño vinculantes con la naturaleza. Varios elementos claves **no** son parte de estos centros, como por ejemplo: *luz y ventilación natural, relación y distribución de espacios* y hasta el *acceso a áreas verdes* (Figuras 46, 47, 48 y 49).



Figuras 46, 47, 48 y 49. Early Head Start en Yabucoa.

Fuente: <https://waloradio.com/inauguran-primer-centro-early-head-start-en-yabucoa/>

Con este estudio, ha quedado evidenciado la presencia de los elementos del **diseño biofílico** y su aplicabilidad en climas tropicales. Interesantemente, hemos visto cómo en países distantes pero con la misma condición climática, se comparten

elementos y atributos recurrentes. Por ejemplo, todos los casos incorporan la *vegetación* de diversas maneras en sus proyectos. También, los *tragaluces*, la *fachada perforada* o con *fenestraciones* y las *pérgolas*, son utilizados como un recurso esencial para permitir la entrada de luz natural en los espacios. Además, todos los casos estudiados crean áreas que propician *vistas al exterior*, así como para relacionar el entorno natural con el interior. Asimismo, los casos estudiados demuestran que podemos adaptar, restaurar y remodelar estructuras antiguas, y aun así, diseñar para conseguir experiencias cercanas a la naturaleza. Gracias a la variedad de formas, escalas y materiales utilizados en las obras analizadas, comprobamos también que un proyecto siempre tiene más de una posible solución y que el presupuesto asignado, no puede ser una excusa ni un elemento limitante de lo que se puede diseñar. Como entendía Henry Klumb, todas las clases sociales deben tener acceso y derecho a una buena arquitectura.

Según los hallazgos mostrados y los análisis realizados en el capítulo anterior, nuestra intención ha sido entender e incorporar el clima tropical, uno que hasta el momento, ha sido poco estudiado dentro de los textos e investigaciones sobre el ***diseño biofílico***. Como podemos ver a través de nuestra investigación, es el el clima tropical el cual propicia más que otros climas, el estar en conexión con la naturaleza. Por ello, las investigaciones del arquitecto Bruno Stagno, aunque no se identifiquen textualmente con el nombre de ***diseño biofílico***, son los trabajos que más se acercan a tratar de establecer unos parámetros como guías útiles para nuestro entorno tropical. En zonas tropicales, el ***diseño biofílico*** puede aplicarse de una mejor forma por la temperatura y presencia de vegetación (verdor) constante. Igualmente, no podemos

pensar lo sustentable como algo solo ambiental, sino que la sustentabilidad impacta de la misma manera el bienestar social de las personas (Figura 50). A diferencia de la certificación LEED⁶², WELL⁶³ y RESET⁶⁴, debemos recalcar, que no hay una fórmula o sistema de calificación que determine cuan biofílico es un edificio. Lo que es importante, es que se logre concienciar y reconectar a la personas con la naturaleza, en este caso, desde el punto de vista arquitectónico.

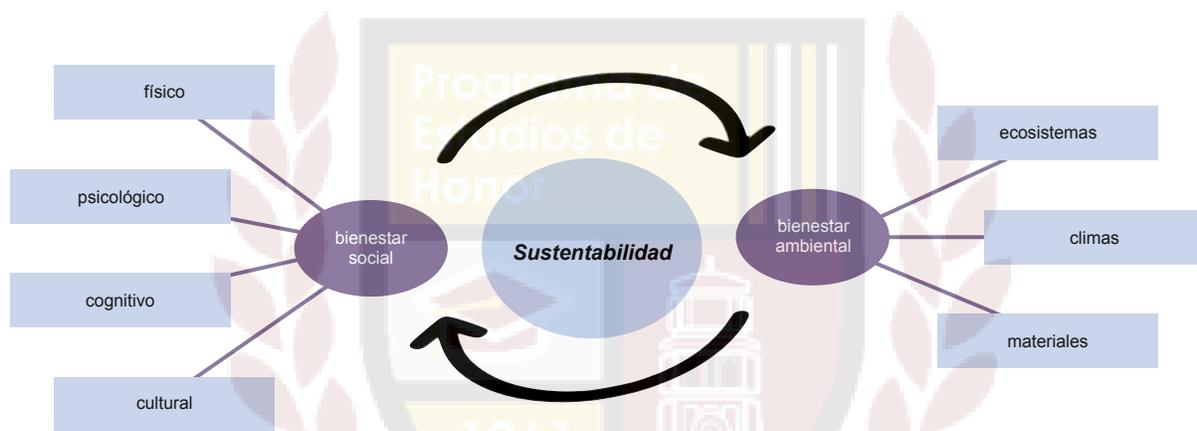


Figura 50. Implicaciones de la sustentabilidad.

Finalmente, esperamos que este estudio sea utilizado como herramienta de diseño y guía. El incorporar la naturaleza en los espacios y conectarla con los usuarios no debe ser un elemento añadido, sino uno esencial desde la conceptualización de un proyecto. En Puerto Rico tenemos grandes retos, en donde nos toca a todos crear conciencia y buscar soluciones que nos lleven a replantear un mejor futuro. De igual

⁶² Leadership in Energy and Environmental Design

⁶³ WELL Building Standard

⁶⁴ Requisitos para edificios sostenibles en el trópico

manera, aunque solo hemos estudiado para esta tesina una tipología específica, entendemos que el ampliar esta investigación a otros recursos arquitectónicos, así como la ciudad, desde el crisol de los elementos aquí estudiados, nos llevarían a tratar de establecer unos mejores parámetros a la hora de educarnos como arquitectos.



Bibliografía

- Alana. (2017, julio 11). *Nature Deficit Disorder: what is it?*. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=UngTgxz-P8o>
- Aguilar Dubose, C., & Delgado Castillo, C. (2011). *Diseño y construcción sostenibles: realidad ineludible*. México, Universidad Iberoamericana.
- AprendemosJuntos. (2018, octubre 10). Versión Completa. *La naturaleza como maestra*. Heike Freire, pedagoga. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=Hrhle1-JuNo>
- Arq. Bruno Stagno. (2016, septiembre 7). *RESET .. Bruno Stagno*. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=K31xunqog5M>
- Beatley, T. (2010). *Biophilic cities: Integrating nature into urban design and planning*. Island Press.
- Beatley, T. (2017). *Handbook of Biophilic City Planning and Design*. Island Press.
- Beatley, T., Jones, C., & Rainey, R. (Eds.). (2018). *Healthy Environments, Healing Spaces: Practices and Directions in Health, Planning, and Design*. University of Virginia Press.
- Benyus, J. (1997). *Biomimicry: Innovation inspired by nature*. William Morrow.
- Brown, G. Z., & DeKay, M. (2001). *Sun, Wind & Light: Architectural Design Strategies*. John Wiley & Sons.
- Browning, W., Ryan, C., & Clancy, J. (2014). *14 Patterns of Biophilic Design*. New York: Terrapin Bright Green, LLC.
- Brownell, B., & Swackhamer, M. (2015). *Hyper-natural: Architecture's new relationship with nature*. Princeton Architectural Press.

Caplan, B. (2016). *Buildings are for people: Human ecological design*. Green Frigate Books.

Chang Lee, H., & Jun Park, S. (2018). *Assessment of Importance and Characteristics of Biophilic Design Patterns in a Children's Library*. Korea.

Chenoweth, H. (2018, July 12). *How Biophilic Design Benefits Students with Autism*. Recuperado de <https://info.k12facilitiesforum.com/blog/how-biophilic-design-benefits-students-with-autism>

Clancy, J. (2014). Re-Discovering Biophilia. *Horticulture Connected Magazine*. Recuperado de: https://www.academia.edu/11108476/Re-Discovering_Biophilia

Colegio de Arquitectos de Costa Rica y Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos. (2012). *RESET*. Recuperado de: http://cfia.or.cr/descargas_2012/noticias/Reset.pdf

Cradle to Cradle Products Innovation Institute, *Mushroom® Material*. Recuperado de: https://www.c2ccertified.org/products/scorecard/mushroom_material

Diccionario Metápolis de arquitectura avanzada: Ciudad y tecnología en la sociedad de la información. (2001). Barcelona: Actar.

Downton, P., Jones, D., Zeunert, J., & Roös, P. (2017). *Biophilic Design Applications: Putting Theory and Patterns into Built Environment Practice*. Australia.

Ettinger, E. (2018). *Diseño desde el ser humano. Richard Neutra y su proyecto para América Latina*. Universidad Autónoma de Nuevo León. Recuperado de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/3536/353659380003/html/index.html>

Fairley, P. (2016). Continuing Education: Green Walls. *Architectural Record*.

Recuperado de: <https://www.architecturalrecord.com/articles/11762-continuing-education-green-walls>

Frampton, K. (1983). *Towards a Critical Regionalism: Six Points for an Architecture of Resistance*

Freire, H. (2011). *Educar en verde: Ideas para acercar niños y niñas a la naturaleza*. Grao.

Fromm, E. (1964). *The Heart of the Man*.

Garland, L. (2017). Biophilic Benefits or Bio-baloney? (Probably) the Former. *The Nature of Cities*.

Ginatta, C. (2010). *Architecture without architecture: Biomimicry design*. VDM Verlag Dr. Müller.

Gloede, K. (2015). 7 Ways to Enhance Indoor Environments with Biophilic Design. *Architect Magazine*. Recuperado de: https://www.architectmagazine.com/technology/7-ways-to-enhance-indoor-environments-with-biophilic-design_o

Gray, C. (2011). *Landscape Urbanism: Definitions & Trajectory*. Scenario Journal. Recuperado de: <https://scenariojournal.com/article/landscape-urbanism/>

Gray, T. (2018). Retrofitting Biophilic Design Elements into Office Site Sheds: Does 'Going Green' Enhance the Well-Being and Productivity of Workers?. En Almusaed, A. (Ed.), *Landscape Architecture: The Sense of Places, Models and Applications* (pp. 105-126). IntechOpen.

Gruber, P. (2011). *Biomimetics in architecture: architecture of life and buildings*. SpringerWienNewYork.

- Guerrero, B. (2017). Oliver Heath – Fundir diseño interior con naturaleza. *Revista Clave!*. Recuperado de: <https://www.clave.com.ec/2017/10/11/oliver-heath-fundir-diseno-interior-con-naturaleza/>
- GVFJ. (2011, junio 26). *Nature Deficit Disorder*. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=1e6_cY3-J3o
- Harvard School of Public Health. (2017). *The 9 foundations of a healthy building*. Recuperado de: <https://forhealth.org/>
- INTECO. (2017, junio 19). *RESET: Norma para Edificaciones Sostenibles en el Trópico*. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=h1REvEEDZ-M>
- INTECO. (2017, junio 22). *¿Cómo impulsar la Norma RESET?*. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=TF44Qupsxd8>
- Interface. (2014, octubre 21). *Interface | Human Spaces | Defining Biophilia and Biophilic Design*. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=UyAHpRXB-dM>
- International Well Building Institute. Recuperado de: <https://www.wellcertified.com/>
- Jackson, K. (2018). Biophilic Design is Bringing Nature into the Office. *Azure Magazine*, November/December 2017 issue. Recuperado de: <https://www.azuremagazine.com/article/biophilic-design-nature-office/>
- Kellert, S., & Wilson, E.O. (Eds.). (1993). *The Biophilia Hypothesis*. Island Press.
- Kellert, S. (2005). *Building for life: Designing and understanding the human-nature connection*. Washington, DC: Island Press.

- Kellert, S., Heerwagen, J. H., & Mador, M. L. (Eds.). (2008). *Biophilic Design: The theory, science, and practice of bringing buildings to life*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Kellert, S. (Producer), & Finnegan, B. (Director). (2016). *Biophilic Design: The Architecture of Life*. Tamarack Media.
- Kellert, S. (2018). *Nature by Design: The Practice of Biophilic Design*. Yale University Press.
- Louv, R. (2005). *Last Child in the Woods*.
- Mignucci, A. (2019). *Bruno Stagno: Una arquitectura para el trópico*. San Juan, A+editores.
- McDonough, W., & Braungart, M. (2002). *Cradle to Cradle: Remaking the way we make things*. New York, NY: North Point Press.
- McHarg, I. (2000). *Proyectar con la Naturaleza*. Barcelona, Editorial Gustavo Gili.
- Morales, Aarón. (2013). *RESET*. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/aaronmoralesblack/reset-18500102>
- Nature Learning Initiative. (2012). *Benefits of Connecting Children with Nature: Why Naturalize Outdoor Learning Environments*. Recuperado de https://naturalearning.org/wp-content/uploads/2017/09/Benefits-of-Connecting-Children-with-Nature_InfoSheet.pdf
- Pallasmaa, J. (1995). *Animal Architecture*. Suomen Rakennustaitteen Museo.
- Pallasmaa, J. (2001). *Animales Arquitectos: El Funcionalismo Ecológico de las Construcciones Animales*. Fund. Cesar Manrique.
- Pawlyn, M. (2011). *Biomimicry in architecture*. RIBA Publishing.

- Popova, M. (2016). *SKA rating for HE – focus on D77 biophilic design*. Grigoriou Interiors. Recuperado de: <http://grigoriou.co.uk/blog/2016/06/21/ska-rating-for-he-focus-on-d77-biophilic-design/>
- Rolón, H. & y Vivoni Farange, E. (2015). *Paraíso Olvidado*. El Nuevo Día. Recuperado de <https://www.pressreader.com/puerto-rico/el-nuevo-dia/20150726/283798557454055>
- Rudofsky, B. (1965). *Architecture Without Architects: A short introduction to non-pedigreed architecture*. New York, NY: The Museum of Modern Art.
- Salingaros, N. (2015). *Biophilia and Healing Environments: Healthy Principles For Designing the Built World*. New York: Terrapin Bright Green, LLC.
- Serra, R. (1989). *Clima, Lugar y Arquitectura: Manual de Diseño Bioclimático*. Centro De Investigaciones Energéticas.
- Sturgeon, A. (2017). *Creating Biophilic Buildings*. Ecotone Publishing.
- Sturgeon, A. (2018). A+ Session: Biophilic Design & Why It's Time to Reconcile with Nature. *Architect Magazine*. Recuperado de: https://www.architectmagazine.com/videos/a-session-biophilic-design-why-its-time-to-reconcile-with-nature_o
- TEDx Talks. (2016, junio 16). *What nature teaches children | Nilda Cosco | TEDxRaleigh*. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=Dhas9OEc1Lk>
- TEDx Talks. (2018, octubre 29). *Saving our iGeneration Kids from Nature Deficit Disorder | Ricardo Sierra | TEDxOneonta*. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=a5zyRiQN1A0>
- Totaforti, S. (2018). *Applying the benefits of biophilic theory to hospital design*. *City, Territory and Architecture*. Italy.

Tzonis, A., Lefaivre, L., & Stagno, B. (2001) *Tropical Architecture: Critical Regionalism in the Age of Globalization*.

Union Internationale Des Architectes. (2012). *Requisitos para Edificios Sostenibles en el Trópico*. Recuperado de: <http://www.arquitecturatropical.org/reset2.htm>

U.S. Green Building Council. (2019). *This is LEED*. Recuperado de: <http://leed.usgbc.org/leed.html>

Vivoni Farange, E. (1991). *Importancia de las Crónicas caribeñas en los conceptos arquitectónicos de la Ilustración francesa*. Revista La Torre, Año V.

Vivoni Farange, E. (2006). *Klumb: Una arquitectura de impronta social*. San Juan: La Editorial Universidad de Puerto Rico.

Vivoni Farange, E. (2012). *La arquitectura del movimiento moderno en Puerto rico: la obra de Toro y Ferrer y Henry Klumb*. Instituto de Arquitectura Tropical.

Williams, F. (2017). *The Nature Fix*. W. W. Norton & Company.

Wilson, E.O. (1984). *Biophilia*. Harvard University Press.

Wolfs, E. (2014). *Biophilic Design and Bio-Collaboration: Applications and Implications in the Field of Industrial Design*. Korea.

Apéndice

Beatley, T. (2011). *Biophilic Cities*. Washington, D.C.: Island Press. p. 84.

Box 4.1
Biophilic Urban Design Elements across Scales

Scale	Biophilic Design Elements
Building	Green rooftops Sky gardens and green atria Rooftop garden Green walls Daylit interior spaces
Block	Green courtyards Clustered housing around green areas Native species yards and spaces
Street	Green streets Sidewalk gardens Urban trees Low-impact development Vegetated swales and skinny streets Edible landscaping High degree of permeability
Neighborhood	Stream daylighting, stream restoration Urban forests Ecology parks Community gardens Neighborhood parks and pocket parks Greening grayfields and brownfields
Community	Urban creeks and riparian areas Urban ecological networks Green schools City tree canopy Community forest and community orchards Greening utility corridors
Region	River systems and floodplains Riparian systems Regional greenspace systems Greening major transport corridors

Source: Modified from Girling and Kellett, first appeared in Beatley, 2008.

Kellert, S., Heerwagen, J. H., & Mador, M. L. (Eds.). (2008). *Biophilic Design: The theory, science, and practice of bringing buildings to life*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons. p. 6-15

TABLE 1-1 Elements and Attributes of Biophilic Design

Environmental features	Natural shapes and forms	Natural patterns and processes
Color	Botanical motifs	Sensory variability
Water	Tree and columnar supports	Information richness
Air	Animal (mainly vertebrate) motifs	Age, change, and the patina of time
Sunlight	Shells and spirals	Growth and efflorescence
Plants	Egg, oval, and tubular forms	Central focal point
Animals	Arches, vaults, domes	Patterned wholes
Natural materials	Shapes resisting straight lines and right angles	Bounded spaces
Views and vistas	Simulation of natural features	Transitional spaces
Façade greening	Biomorphy	Linked series and chains
Geology and landscape	Geomorphology	Integration of parts to wholes
Habitats and ecosystems	Biomimicry	Complementary contrasts
Fire		Dynamic balance and tension
		Fractals
		Hierarchically organized ratios and scales
Light and space	Place-based relationships	Evolved human-nature relationships
Natural light	Geographic connection to place	Prospect and refuge
Filtered and diffused light	Historic connection to place	Order and complexity
Light and shadow	Ecological connection to place	Curiosity and enticement
Reflected light	Cultural connection to place	Change and metamorphosis
Light pools	Indigenous materials	Security and protection
Warm light	Landscape orientation	Mastery and control
Light as shape and form	Landscape features that define building form	Affection and attachment
Spaciousness	Landscape ecology	Attraction and beauty
Spatial variability	Integration of culture and ecology	Exploration and discovery
Space as shape and form	Spirit of place	Information and cognition
Spatial harmony	Avoiding placelessness	Fear and awe
Inside-outside spaces		Reverence and spirituality

aquarium. Symbolic or vicarious experience involves no actual contact with real nature, but rather the representation of the natural world through image, picture, video, metaphor, and more.

The second basic dimension of biophilic design is a *place-based or vernacular* dimension, defined as buildings and landscapes that connect to the culture and ecology of a locality or geographic area. This dimension includes what has been called a sense or, better, spirit of place, underscoring how buildings and landscapes of meaning to people become integral to their individual and collective identities, metaphorically transforming inanimate matter into something that feels lifelike and often sustains life. As René Dubos (1980, 110) argued:

People want to experience the sensory, emotional, and spiritual satisfactions that can be obtained only from an intimate interplay, indeed from an identification with the places in which [they] live. This interplay and identification generate the spirit of the place. The environment acquires the attributes of a place through the fusion of the natural and human order.

People are rarely sufficiently motivated to act as responsible stewards of the built environment unless they have a strong attachment to the culture and ecology of place. As Wendell Berry (1972, 68) remarked: “Without a complex knowledge of one’s place, and without the faithfulness to one’s place on which such knowledge depends, it is inevitable that the place will be used carelessly and eventually destroyed.” A tendency to affiliate with place reflects the human territorial proclivity developed over evolutionary time that has proven instrumental in securing resources, attaining safety and security, and avoiding risk and danger.

Despite the modern inclination for mobility, most people retain a strong physical and psychological need for calling some place “home.” This attachment to territory and place remains a major reason why people assume responsibility and long-term care for sustaining buildings and landscapes. Conversely, lacking a sense of place, humans typically behave with indifference toward the built environment. An erosion of connection to place has unfortunately become a common affliction of

modern society—what Edward Relph called “placelessness,” and described in the following way (1976, 12):

If places are indeed a fundamental aspect of existence in the world, if they are sources of security and identity for individuals and for groups of people, then it is important that the means of experiencing, creating, and maintaining significant places are not lost. There are signs that these very means are disappearing and that “placelessness”—the weakening of distinct and diverse experiences and identities of places—is now a dominant force. Such a trend marks a major shift in the geographical bases of existence from a deep association with places to rootlessness.

The two basic dimensions of biophilic design can be related to six biophilic design elements:

- Environmental features
- Natural shapes and forms
- Natural patterns and processes
- Light and space
- Place-based relationships
- Evolved human-nature relationships

These six elements are then revealed in more than 70 biophilic design attributes.

The remainder of this chapter describes these elements and attributes of biophilic design. This description is necessarily brief, due to space limitations, and insufficient. Additionally, this initial formulation will be modified in the future with increasing knowledge, and some of this categorization will inevitably overlap. This classification should, therefore, be viewed as a work in progress. At the end of the chapter, all the design elements and attributes are listed in Table 1.1, and a small number of illustrations are provided.

Environmental Features

The first and most obvious of the biophilic design elements is *environmental features*, involving the use of relatively well-recognized characteristics of the natural world in the built environment. Twelve attributes are identified, including the following:

1. *Color.* Color has long been instrumental in human evolution and survival, enhancing the ability to locate food, resources, and water; identify danger; facilitate visual access; foster mobility; and more. People for good and obvious reasons are attracted to bright flowering colors, rainbows, beautiful sunsets, glistening water, blue skies, and other colorful features of the natural world. Natural colors, such as earth tones, are thus often used to good effect by designers.
2. *Water.* Water is among the most basic human needs and commonly elicits a strong response in people. The famous architectural critic John Ruskin remarked in this regard (Hildebrand 2000, 71): “As far as I can recollect, without a single exception, every Homeric landscape, intended to be beautiful, is composed of a fountain, a meadow, and a shady grove.” Roger Ulrich similarly observed (1993) based on a review of many studies: “Water features constantly elicit especially high levels of liking or preference.” The effective use of water as a design feature is complex, well described in the chapter by Mador, and often contingent on such considerations as perceptions of quality, quantity, movement, clarity, and other characteristics.
3. *Air.* People prefer natural ventilation over processed and stagnant air. Important conditions include quality, movement, flow, stimulation of other senses such as feel and smell, and visual appeal despite the seeming invisibility of the atmosphere.
4. *Sunlight.* Daylight is consistently identified as an important and preferred feature by most people in the built environment. The simple use of natural rather than artificial light can improve morale, comfort, and health and productivity. This preference reflects the fact that humans are a largely diurnal animal, heavily reliant on sight for securing resources and avoiding hazard and danger. People depend on visual acuity to satisfy various physical, emotional, and intellectual needs. Additional consideration of the importance of light is addressed in a later section on the more general biophilic design element of light and space.
5. *Plants.* Plants are fundamental to human existence as sources of food, fiber, fodder, and other aspects of sustenance and security. The mere insertion of plants into the built environment can enhance comfort, satisfaction, well-being, and performance.
6. *Animals.* Animals are similarly basic to human existence as sources of food, resources, protection, and companionship, and occasionally as precipitators of fear and danger. Designing animal life into the built environment can be difficult and problematic, although sometimes effective in aviaries, aquaria, and even the presence of free-roaming creatures associated with certain designs like green roofs. Animals in building interiors typically occur in representational rather than literal form, many through the use of ornament, decoration, art, and in stylized and highly metaphorical disguise. The presence of animal forms, nonetheless, often provokes satisfaction, pleasure, stimulation, and emotional interest.
7. *Natural materials.* People generally prefer natural over artificial materials, even when the artificial forms are close or seeming exact copies of natural products. Part of the aversion is likely due to the inability of artificial materials to reveal the organic processes of aging, weathering, and other dynamic features of natural materials, even inorganic forms like stone. The patina of time may provoke an intuitive understanding among some people of the benefits flowing from the movement of nutrients and energies through natural systems.
8. *Views and vistas.* People express a strong and consistent preference for exterior views, especially when the vistas contain natural features and vegetation. These views are often most satisfying when the scale is compatible with human experience—for example, not overly restricted or confined, unfamiliar, or out of scale or proportion (e.g., too large or too high).
9. *Façade greening.* Buildings with vegetative façades, such as ivy walls or green roofs, often provoke interest and satisfaction. This likely reflects the historic benefits associated with organic materials as sources of insulation, camouflaging protection, or even food. Plants on buildings and constructed landscapes can also evoke a powerful vernacular, such as the thatched or vegetative roofs of many cultures.

10. *Geology and landscape.* The compatible connection of buildings to prominent geological features is often an effective design strategy. These structures are sometimes described as rooted or grounded. Frank Lloyd Wright achieved particular success with his Prairie-style architecture in part by creating structures that worked in strong parallel relation to rather than dominating their savanna-type landscape.
11. *Habitats and ecosystems.* Buildings and landscapes that possess a close and compatible relationship to local habitats and ecosystems also tend to be highly effective and preferred. Important ecosystems in this regard are often wetlands, forests, grasslands, and watersheds.
12. *Fire.* Fire in the built environment, while a complicated and difficult design challenge, is often a preferred feature, generally associated with the benefits of heating and cooking. The manipulated experience of fire within building interiors has long been celebrated as a sign of comfort and civilization, providing pleasing qualities of color, warmth, and movement.

Natural Shapes and Forms

The second biophilic design element is *natural shapes and forms*. This element includes representations and simulations of the natural world often found on building façades and within interiors. Eleven attributes are associated with this design element:

1. *Botanical motifs.* The shapes, forms, and patterns of plants and other vegetative matter are a frequent and often important design element of the built environment (Hersey 1999). These representations often mimic or simulate plant forms such as foliage, ferns, cones, shrubs, and bushes, both literally and metaphorically.
2. *Tree and columnar supports.* Trees have also played a vital role in human affairs as sources of food, building material, paper products, heating supply, and other uses. The appearance or simulation of tree-like shapes, especially columnar supports, is a common and often coveted design feature in the built environment. Some of our most appealing structures contain tree forms and shapes that frequently include leaf capitals. When revealed in multiples, they can sometimes suggest a forested setting.
3. *Animal (mainly vertebrate) motifs.* The simulation of animal life is widespread in building interiors and facades, although to a less extent than with plants. The appearance of animal parts is often encountered, such as claws or heads, rather than entire creatures. Animal forms are frequently revealed in highly stylized, fictionalized, and sometime contorted shapes and forms.
4. *Shells and spirals.* Simulations and depictions of invertebrate creatures are widespread design features in the built environment, particularly shell and spiral forms of actual and imagined mollusks. The shapes and forms of bees (and their hives), flies, butterflies, moths, and other insects, as well as spiders (and their webs) and other invertebrates, are also common. Some building designs mimic invertebrate processes, such as the bioclimatic controls of termite mounds, the structural strength of seashells and hives, and the patterns of webs, a subject considered at the end of this section under the topic of “biomimicry,” and in the chapter by Benyus.
5. *Egg, oval, and tubular forms.* Egglike and tubular forms are also design elements in some building interiors, facades, and exterior landscapes such as gardens and fountains. These shapes often occur literally and metaphorically, both important expressions of ornament and sometimes for structural purposes.
6. *Arches, vaults, domes.* Arches, vaults, and domes in the built environment resemble or copy forms found in nature, including beehives, nest-like structures, shell forms, and cliffs. These forms can be used for both decorative and functional purposes.
7. *Shapes resisting straight lines and right angles.* Natural shapes and forms are often sinuous, flowing, and adaptive in responding to forces and pressures found in nature. Natural features are thus rarely revealed as straight lines and right angles characteristic of human engineering and manufactured products and structures. The large-scale modern built environment has often been characterized by

standardized and rigid shapes. People nonetheless generally prefer designs that resemble the tendency of organic forms to resist hard mechanical edges, straight lines and angles.

8. *Simulation of natural features.* This attribute reaffirms the tendency to simulate rather than replicate actual natural forms in the built environment. Ornamentation and decoration especially employ imagined forms only vaguely reminiscent of those found in the natural world. These designs are often most successful when they possess a logic that intimates functional features occurring in nature, such as shapes, patterns and processes that suggest structural integrity and adaptive advantage in response to environmental pressures rather than mere superficial decoration.
9. *Biomorphy.* Some interesting architectural forms bear very little resemblance to life forms encountered in nature, yet are clearly viewed as organic. These resemblances to living forms are usually unconscious products of design, sometimes called “biomorphy” (Feuerstein 2002). Powerful examples of biomorphic architecture that provoke observers to impute known animal and plant labels even when the designer did not deliberately create these life-forms include the birdlike shape of Jörn Utzon’s Sydney Opera House and the fernlike or less reverently labeled “pregnant whale” of Eero Saarinen’s Yale University hockey rink.
10. *Geomorphology.* Some building designs mimic or metaphorically embrace landscape and geology in relative proximity to the structure. This relationship to the ground can lend the appearance of solidity to the built environment, making structures appear integral rather than separate from their geological context.
11. *Biomimicry.* Some successful designs borrow from adaptations functionally found in nature, particularly among other species. Examples include the structural strength and bioclimatic properties of shells, crystals, webs, mounds, and hives, effectively incorporated into the built environment. This tendency has been called “biomimicry” by Janine Benyus, elucidated in her book of this title (Benyus 1997) and connected to biophilic design in a later

chapter in this volume. The knowledge of biomimetic properties is growing rapidly and will likely result in a revolution of product development with enormous biophilic design implications.

Natural Patterns and Processes

A third biophilic design element is *natural patterns and processes*. This element emphasizes the incorporation of properties found in nature into the built environment, rather than the representation or simulation of environmental shapes and forms. Fifteen attributes have been identified and are described below, although this complex element is likely to be altered in the future with additional understanding.

1. *Sensory variability.* Human fitness and survival has always required coping with a highly sensuous and variable natural environment, particularly responding to light, sound, touch, smell, and other sensory environmental conditions. Human satisfaction and well-being continue to be reliant on perceiving and responding to sensory variability, especially when this occurs in structured and organized ways within the built environment.
2. *Information richness.* The cognitive richness of the natural world reflects its likely being the most intellectually challenging environment people will ever encounter even in our modern information age. This quality constitutes one of its most beguiling features, and when effectively incorporated into the built environment in actual or metaphorical form can stimulate curiosity, imagination, exploration, discovery, and problem-solving. Most people, therefore, respond positively to buildings and landscapes that possess information richness, variety, texture, and detail that mimic natural patterns when coherently revealed.
3. *Age, change, and the patina of time.* A fundamental feature of the natural world is aging through time, particularly organic forms. This dynamic progression evokes a sense of familiarity and satisfaction among people, despite the eventual occurrence of senescence, death, and decay. A patina of time is characteristic of natural materials, even inorganic ones, and is one reason, as noted above, that artificial

products rarely evoke sustained positive response even when they are exact copies.

4. *Growth and efflorescence.* Growth and development are specific expressions of aging that when found in the built environment typically provoke pleasure and satisfaction. Efflorescence marks the progressive unfolding of a maturational process that when encountered in buildings and landscapes, especially through ornamentation, is often highly appealing (Bloomer 2000). These temporal and transitional attributes often lend a dynamic quasi-living character to the built environment despite its immutable character.
5. *Central focal point.* The navigability of natural landscapes is often enhanced by the presence of a centrally perceived focal point. This point of reference frequently transforms what otherwise is a chaotic setting into an organized one that facilitates passage and way-finding. As the poet Wallace Stevens described (1955): "I placed a jar in Tennessee/ And round it was, upon a hill./ It made a slovenly wilderness/ surround that hill." Many successful buildings and constructed landscapes similarly achieve coherence despite complexity and large scale when a centrally organized reference point has been effectively incorporated.
6. *Patterned wholes.* People respond positively to natural and built environments when variability has been united by integrated and patterned wholes. What may have previously been experienced as inchoate becomes structured in a manner that fosters understanding and often feelings of mastery and control.
7. *Bounded spaces.* Humans have a strong proclivity for bounded spaces. This territorial tendency, over evolutionary time, likely fostered resource exploitation and security. People also value delineated spaces within the built environment, which enhance the recognition of clear and consistent boundaries and place demarcations.
8. *Transitional spaces.* Transitional spaces within and between built and natural environments often foster comfort by providing access from one area to another. Important passageways in the built environment include thresholds, portals, doors, bridges, and fenestration.
9. *Linked series and chains.* Clear physical and temporal movement in both natural and built environments is often facilitated by linked spaces, especially when occurring in connected chains. These relational spaces convey meaning and organization, as well as sometimes a sense of mystery that both stimulates and entices.
10. *Integration of parts to wholes.* People prefer in natural and built environments the feeling that discrete parts comprise an overall whole, particularly when the whole is an emergent property consisting of more than the sum of the individual parts. This integrative quality fosters a feeling of structural integrity, even in complexes of considerable size and detail.
11. *Complementary contrasts.* Meaning and intelligibility, as well as interest and stimulation, in natural and constructed settings often reveal the blending of contrasting features in complementary fashion. This can occur through the compatible rendering of seeming opposites, such as light and dark, high and low, and open and closed.
12. *Dynamic balance and tension.* The dynamic balancing of different and sometimes contrasting forms often fosters a sense of strength and durability in both natural and built environments. This blending of varying forces often produces a quality of creative tension that transforms static forms into organic-like entities.
13. *Fractals.* Elements in nature are rarely if ever exact copies of one another, even among highly related entities. Snowflakes or leaves of a single species or tree may be highly similar but never the same. Orderly variation on a basic pattern is the norm, whether it be thematic diversity based on size, or spatial or temporal scale. Related and similar forms are often called "fractals," and these patterns are found in some of our most successful buildings and landscapes. These structures frequently include repeated but varying patterns of a basic design, such as ornamentation in parallel or closely linked rows that differ slightly from one another.
14. *Hierarchically organized ratios and scales.* Successful natural and built forms often occur in hierarchically connected ways, sometimes arithmetically or geometrically related. This thematic congruence

can facilitate the assimilation of highly complex patterns that otherwise might be experienced as overwhelmingly detailed or even chaotic. Arithmetic and geometric expressions of this tendency in both natural and built settings include the golden proportion and the Fibonacci ratio (Portoghesi 2000).

Light and Space

A fourth biophilic design element is *light and space*. Twelve design attributes of this element follow, seven focusing on qualities of light and five focusing on spatial relationships:

1. *Natural light*. This attribute includes the effects of daylighting as previously described, as well as inclusion of the full color spectrum of natural light. Chapters by Loftness and Frumkin note studies showing that natural light is both physically and psychologically rewarding to people, frequently contributing to their health, productivity, and well-being in the built environment.
2. *Filtered and diffused light*. The benefits of natural light are often enhanced by modulating daylight, particularly by mitigating the effects of glare. Filtered or diffused sunlight can also stimulate observation and feelings of connection by providing a variable and mediated connection between spaces, particularly inside and outside areas such as described in the chapter by Bloomer.
3. *Light and shadow*. The complementary contrast of light and dark spaces can produce significant satisfaction in both buildings and landscapes. The creative manipulation of light and shadow can foster curiosity, mystery, and stimulation. This attribute likely evolutionarily enhanced human movement and the ability to discern objects over long distances, particularly from a protected refuge.
4. *Reflected light*. Lighting designs are frequently enhanced by light reflecting off surfaces such as light-colored walls, ceilings, and reflective bodies like water. Functional benefits include mitigation of glare, enhanced penetration of light into interior spaces, and spying resources at a distance.
5. *Light pools*. People are often drawn into and through interior spaces by the presence of pools of connected light. Light pools can assist movement and way-finding by providing lighted patches across shadowed or obscured areas such as a forest or darkened halls and passageways. Light pools can also foster feelings of security and protection, such as a lighted hearth.
6. *Warm light*. The perception of warmly lit areas, often islands of modulated sunlight surrounded by darker spaces, can enhance the feeling of a nested, secure, and inviting interior.
7. *Light as shape and form*. The manipulation of natural light can create stimulating, dynamic, and sculptural forms. Beyond the aesthetic pleasure, these shapes facilitate mobility, curiosity, imagination, exploration, and discovery.
8. *Spaciousness*. People prefer feelings of openness in natural and built environments, especially when it occurs in complementary relation to sheltered protected refuges at the surrounding edges. Effective designs often include spacious settings in close alliance with smaller spaces, which in contemporary architecture can often be encountered in airports, train stations, and some commercial and educational buildings.
9. *Spatial variability*. Spatial variability fosters emotional and intellectual stimulation. Spatial diversity is often most effective when in complementary relation to organized and united spaces.
10. *Space as shape and form*. Space can be creatively manipulated to convey shapes and forms. This effect can add beauty to the built environment, which stimulates interest, curiosity, exploration, and discovery.
11. *Spatial harmony*. The manipulation of space in the built environment tends to be most effective when it blends light, mass, and scale within a bounded context. This achievement evokes a sense of harmony, which fosters a sense of security and facilitates movement within diverse settings.
12. *Inside-outside spaces*. Appealing interior spaces in the built environment often appear connected to the outside environment. These areas also mark the transition of nature with culture. Important design forms in the built environment that evoke this quality include colonnades, porches, foyers, atriums, and interior gardens.

Place-Based Relationships

A fifth biophilic design element is *place-based relationships*. This element refers to the successful marriage of culture with ecology in a geographical context. The connection of people to places reflects an inherent human need to establish territorial control, which during the long course of our species' evolution facilitated control over resources, attaining safety, and achieving security. Locational familiarity—the yearning for home—remains a deeply held need for most people. Eleven attributes of place-based relationships are described, the last (placelessness) being the antithesis of the others rather than a stand-alone attribute.

1. *Geographic connection to place*. Secure feelings of connection to the geography of an area often foster feelings of familiarity and predictability. This can be achieved by emphasizing prominent geological features associated with the siting, orientation, and views of buildings and landscapes.
2. *Historic connection to place*. Meaningful relation to place often marks the passage of time, which fosters a sense of participation and awareness of an area's culture and collective memory. Buildings and landscapes that elicit this continuity with the past encourage the belief that the present and future are meaningfully linked to the history of a place.
3. *Ecological connection to place*. Places are sustained by an affirmative connection to ecology, particularly prominent ecosystems such as watersheds and dominant biogeographical features (e.g., mountains, deserts, estuaries, rivers, and oceans). The design of the built environment inevitably refashions nature, but this can occur in ways that do not diminish the overall biological productivity (e.g., nutrient flux), biodiversity, and ecological integrity of proximate ecological communities. Humans, like any ecologically transformative organism (e.g., elephants on the savanna, sea otters in a kelp bed), can add as well as subtract value from their natural systems. The design of the built environment can, therefore, aspire to achieve net ecological productivity.
4. *Cultural connection to place*. Cultural connection to place integrates the history, geography, and ecology of an area, becoming an integral component of individual and collective identity. The need for culture is a universal human need, sustained over time by repetition, normative events, and the architectural heritage of a people, particularly its treasured and distinctive vernacular forms.
5. *Indigenous materials*. A positive relation to place is generally enhanced by the utilization of local and indigenous materials. Native resources can provide a vivid and resonant reminder of local culture and environment, as well as require less energy for manufacture and transport.
6. *Landscape orientation*. Buildings and landscapes that compatibly connect to the local environment contribute to a sense of place. These constructions typically emphasize landscape features such as slope, aspect, sunlight, wind direction, and others that take advantage of prevailing biometeorological conditions. This orientation to landscape frequently evokes a sense of being a part of and embedded within local settings, rather than being separated from them.
7. *Landscape features that define building form*. Landscape features can embellish and distinguish building form, particularly prominent geological features, natural objects, and water. The built environment can, therefore, integrate with rather than be isolated from its biophysical context. When this fails to occur, even extraordinary buildings can be perceived as standing apart, perhaps impressive products of human engineering but largely abstract forms divorced from context and barren.
8. *Landscape ecology*. Effective place-based designs reinforce landscape ecology over the long term. This can be achieved through design that considers landscape structure, pattern, and process such as ecological connectivity, biological corridors, resource flows, biodiversity, optimal scale and size, ecological boundaries, and other parameters of functioning natural systems (Dramstad et al. 1996).
9. *Integration of culture and ecology*. The fusion of culture with ecology fosters long-term sustainability. The result marks the point where nature and humanity are positively transformed and mutually enriched by their association. When this occurs, buildings and landscapes often provoke considerable

loyalty, responsibility, and stewardship among the people who reside nearby.

10. *Spirit of place*. The spirit of a place signifies a level of commitment and meaning that people extend to both natural and built environments when they become cherished components of individual and collective identity, more than simply inanimate matter. The spirit of a place metaphorically signifies the built environment having become life-like and serving as the motivational basis for long-term stewardship and responsibility. While not technically alive, these structures and places give rise to and sustain human culture and ecology over time.
11. *Avoiding placelessness*. “Placelessness” is the antithesis of place-based design, to be avoided whenever possible. One of the insidious and damaging effects of much modern architecture has unfortunately been the divorce of design from connection to the culture or ecology of place. This corrosive separation of the built environment from its bio-cultural context has resulted in the decline of human-nature relationships and environmental sustainability.

Evolved Human-Nature Relationships

The sixth and final biophilic design element is *evolved human-nature relationships*. The term is somewhat misleading, as all the described biophilic design elements presumably reflect biologically based human affinities for the natural environment. The attributes described in this section, however, more specifically focus on fundamental aspects of the inherent human relationship to nature. Twelve attributes are described, the last eight of which are derived from a typology of environmental values developed by the author and described elsewhere (Kellert 1996, 1997):

1. *Prospect and refuge*. Refuge reflects a structure or natural environment’s ability to provide a secure and protected setting. In the built environment, this often occurs through the design of comfortable and nurturing building interiors and secreted landscape places. Prospect, on the other hand, emphasizes discerning distant objects, habitats and horizons, evolutionarily instrumental in locating resources, facilitating movement, and identifying sources of danger. Some of our most satisfying buildings and landscapes capture the complementary relation of prospect with refuge (Hildebrand 2000, Appleton 1975).
2. *Order and complexity*. Order is achieved in the built or natural environment by imposing structure and organization. Extreme order often results in repetition, monotony, and boredom. By contrast, complexity reflects the occurrence of detail and variability. Excessive complexity can also be troublesome, making it difficult to assimilate detail and sometimes leading to a sense of chaos. Designs that effectively meld order with complexity tend to be successful, stimulating the desire for variety but in ways that seem controlled and comprehensible.
3. *Curiosity and enticement*. Curiosity reflects the human need for exploration, discovery, mystery, and creativity, all instrumental in problem solving (Kaplan et al. 1998). Enticement fosters curiosity. These complementary tendencies can engage the flywheel of human intellect and imagination. Some of our most effective buildings and landscapes foster curiosity, exploration, and discovery of natural process and diversity.
4. *Change and metamorphosis*. Change is a constant in both natural and human systems, reflected in the processes of growth, maturation, and metamorphosis (Bloomer 2000). Many powerful designs capture this dynamic and developmental quality, where one form or state appears to flow into another in a quasi-evolutionary sequence.
5. *Security and protection*. A fundamental objective of the built environment is ensuring protection from threatening forces in nature. Yet, the most successful designs over the long run never accomplish this need at the expense of other equally legitimate environmental values. Security in the built environment must not excessively insulate or isolate people from the natural world.
6. *Mastery and control*. Buildings and constructed landscapes reflect the human desire for mastery and control over nature. When accomplished with moderation and respect, mastering nature facilitates the satisfactory expression of human ingenuity and

cleverness that fosters self-confidence and self-esteem.

7. *Affection and attachment.* Affection for the natural world has been a critical component in engendering the human capacities for bonding and attachment, important in a largely social creature. Buildings and landscapes that elicit strong emotional affinities for nature are typically recipients of lasting loyalty and commitment.
8. *Attraction and beauty.* The aesthetic attraction to nature is one of the strongest inclinations of the human species. This biologically encoded tendency has been instrumental in fostering the capacities for curiosity, imagination, creativity, exploration, and problem solving. Some of our most successful buildings and landscapes foster an aesthetic appreciation for natural process and form.
9. *Exploration and discovery.* Nature is the most information-rich and intellectually stimulating environment that people ever encounter. Buildings and constructed landscapes that facilitate opportunities for exploration and discovery of natural process elicit considerable interest and appreciation, even when these environmental features are largely revealed in representational ways.
10. *Information and cognition.* Intellectual satisfaction and cognitive prowess can be fostered through designs that emphasize the complexity of natural shapes and forms. This can be achieved through the direct and indirect experience of nature, as well as by the creative use of ornamentation in the built environment that fosters critical thinking and problem solving.
11. *Fear and awe.* It may seem odd to emphasize negative and unwanted feelings such as fear and aversion of nature as components of biophilic design. Yet, protecting ourselves from threatening elements of the natural world has always been a primary objective of the built environment. Fear of nature can also be a motivational basis for designing peril and adventure into the built environment, such as overhanging precipices or proximity to fearsome forces like rushing water. Feelings of awe

for the natural world can further combine reverence with fear, and some of our most celebrated structures achieve this effect through extolling majestic natural features that engender an appreciation for powers greater than ourselves.

12. *Reverence and spirituality.* Some of our most cherished buildings similarly affirm the human need for establishing meaningful relation to creation. These designs provoke feelings of transcendence and enduring connection that defy the aloneness of a single person isolated in space and time. Structures that achieve this reverential feeling of connection are also typically sustained generation after generation.

CONCLUSION

Six biophilic design elements and roughly 70 attributes have been described, and are summarily listed in Table 1-1. A small number of illustrations are provided at the chapter's conclusion depicting some of these design features. This categorization is a work in progress, which inevitably will be modified and improved over time.

All design of the built environment, including the biophilic desire to harmonize with nature, reflects what René Dubos called the active “wooing of the earth” (Dubos 1980). This objective, in other words, results in some degree of deliberate refashioning of nature to satisfy human needs, but in ways that celebrate the integrity and utility of the natural world. Thus, human intervention, if practiced with restraint and respect, can avoid arrogance and environmental degradation. With humility and understanding, effective biophilic design can potentially enrich both nature and humanity. As Dubos remarked (1980, 68):

Wooing of the earth suggests the relationship between humankind and nature [can] be one of respect and love rather than domination. The outcome of this wooing can be rich, satisfying, and lastingly successful if both partners are modified by their association so as to become better adapted to each other.