

Metodología para el diseño de productos basada en la simbiosis entre biomimética, diseño paramétrico y tecnologías de fabricación digital

A product design methodology based on symbiosis between biomimicry, parametric design, and digital fabrication technologies

David A. Torreblanca-Díaz

david.torreblanca@upb.edu.co

Resumen

Las disciplinas bioinformadas estudian la naturaleza para resolver problemas del ser humano e impulsar la innovación, incluyendo o no resultados sostenibles. Por otra parte, las tecnologías de fabricación digital y el diseño paramétrico emergen en las últimas décadas con posibilidades nunca vistas para imitar sistemas naturales y solucionar problemáticas a través del diseño. Este texto presenta una aproximación metodológica para el diseño de productos basada en la simbiosis entre biomimética, diseño paramétrico y tecnologías de fabricación digital. La metodología propone 4 fases: (i) identificación del problema, (ii) selección de referentes biológicos, (iii) diseño, modelación y fabricación digital y (iv) validación del producto. Este texto muestra los dos primeros casos de aplicación metodológica: el primero en la academia y el segundo un workshop en el evento internacional Digital Futures. En conclusión, la metodología requiere mayor cantidad pruebas para mejorar y evolucionar en un proceso iterativo.

Palabras-clave: Biomimética; Diseño de productos; Tecnologías de fabricación digital; Diseño paramétrico; Metodologías para diseño de productos.

Abstract

The bio-informed disciplines are those that study nature to solve problems of the human being and propel innovation, including or not sustainable results. On the other hand, digital fabrication technologies, parametric and associative design have been emerging in last decades with possibilities never seen before; consequently, have enhanced the possibilities of imitating natural systems to solve human problems through product design. This text presents a product design methodological approach based on symbiosis between biomimicry, parametric design, and digital fabrication technologies. The methodology is proposed in 4 phases: (i) identification of the problem, (ii) selection of biological referents, (iii) design, modeling, and digital fabrication and (iv) product validation. This text shows the first two cases of methodological application: a case in the academy and the second in the Digital Futures Workshop. In conclusion, the methodology requires more testing to improve and evolve in an iterative process.

Keywords: Biomimicry; Product design; Digital fabrication technologies; Parametric design; Product design methodologies.

1. Introdução

Después de 3.800 millones de años de evolución, la naturaleza ha aprendido lo que funciona, lo que es apropiado y lo que perdura en la Tierra (Benyus, 2013). Las especies en la naturaleza han sobrevivido y evolucionado debido a sus respuestas adaptativas ante los requerimientos de un contexto dinámico. Darwin definió evolución como descendencia con modificación, los linajes que descienden de antepasados comunes divergen con el tiempo a medida que se adaptan a diferentes ambientes, respondiendo a las múltiples exigencias y requerimientos de esos contextos (Ayala, 2012).

Benyus (2013) define la biomimética como una nueva ciencia que estudia los modelos de la naturaleza para imitar diseños o procesos biológicos para resolver problemas humanos, con propuestas que promueven la sostenibilidad y el equilibrio del ecosistema. La idea de disciplinas bioinformadas incluye a todas aquellas que estudian la naturaleza para resolver problemas del ser humano, con el propósito de generar innovación que incluya o no resultados sostenibles (Iouguina, et al., 2014).

Por otra parte, en las últimas décadas han estado emergiendo las tecnologías de fabricación digital, el diseño paramétrico y asociativo, con posibilidades sin precedentes para el diseño, la arquitectura e ingeniería. Estas tecnologías están cambiando radicalmente la manera de concebir el proceso proyectual, ampliando las posibilidades morfológicas, de materialización y la eficiencia de las soluciones.

En este milenio, gracias a la irrupción de las tecnologías digitales el proceso de diseño ha sufrido grandes transformaciones, incrementando sus capacidades de innovación; este método de pensamiento desafía las concepciones tradicionales del proyecto, alejándose cada vez más de la geometría euclidiana y del espacio cartesiano, en su reemplazo moviéndose hacia una nueva arquitectura dinámica, de conformaciones complejas, de geometrías topológicas y superficies NURBS (*non-uniform rational B-spline*), las propuestas de diseño ya no son entidades fijas, definitivas y finitas, por el contrario son posibilidades infinitas, flexibles, los resultados se pueden anticipar, simular y optimizar. Según lo descrito, se requiere el nacimiento de nuevos diseñadores, abiertos a los cambios, capaces de producir un vocabulario para engendrar teorías con un enfoque transdisciplinario, en una búsqueda incesante de eficiencia y optimización (Fraile, 2020).

El diseño paramétrico y asociativo o algorítmico, puede ser entendido como un conjunto de herramientas computacionales que han impulsado en gran parte esta nueva concepción dinámica, flexible y eficiente del proceso de diseño, pero entonces ¿qué es un algoritmo? ¿qué es un parámetro? Tedeschi (2014) define algoritmo como un procedimiento utilizado para dar una solución a una pregunta, o para realizar una tarea en particular a través de una lista finita de instrucciones básicas y bien definidas; los algoritmos son un ejemplo de la aptitud humana para dividir un problema en un conjunto de pasos simples que se pueden calcular fácilmente, y aunque están fuertemente asociados a procesos computacionales, se podrían definir algoritmos también de manera analógica, independientemente de los lenguajes de programación. En un sistema paramétrico, un parámetro es aquella parte del sistema cuya alteración de valores, cambios de estado y/o variaciones, provocarán modificaciones en el resultado obtenido por el sistema a que pertenecen o influyen (Schieda, 2015a, p.102).

Las tecnologías de fabricación digital ofrecen ventajas técnicas únicas, tales como: la fabricación de piezas poliméricas sin moldes, objetos personalizados, alto nivel de precisión, materialización de geometrías complejas, fabricación de ensamblajes armados, integración de diferentes materiales en un solo proceso (multimaterialidad), fabricación remota, entre otros. En poco tiempo, la fabricación digital ha crecido y ha generado lo que el arquitecto estadounidense Michael Speaks denominó “inteligencia de diseño”, un modo de hacer que en el proceso se transforme en conocimiento o creación inteligente (Iwamoto, 2009).

En este contexto, aparecen oportunidades nunca vistas para imitar los sistemas naturales a través de las tecnologías digitales, entre otras tecnologías disruptivas, por ejemplo: los materiales inteligentes, el Big Data, la robótica colaborativa, etc. Nace el concepto de diseño y arquitectura biodigital, una fusión entre biomimética, diseño y tecnologías digitales, para hacer propuestas bioinspiradas inteligentes, eficientes y con una visión sistémica. Una exploración de modelos evolutivos, sistemas basados en algoritmos genéticos, en los que se integran y combinan una serie creciente de alternativas optimizadas de acuerdo con parámetros ecosustentables, dentro de un campo que podría definirse como morfogenético. Una arquitectura de avanzada, en superación del ecologismo y al uso de la computadora como mero sustituto del dibujo manual (Estévez, 2003).

Este texto presenta los primeros avances de una investigación exploratoria dirigida a proponer una metodología para el diseño de productos basada en la *simbiosis* entre biomimética, diseño paramétrico y tecnologías de fabricación digital, en referencia a la relación de colaboración y beneficio entre organismos en la naturaleza. Se analizan los dos primeros casos de aplicación metodológica: el primero en la academia y el segundo en un workshop del evento internacional Digital Futures.

2. Propuesta metodológica

Gebeshuber y Drack (2008) diferencian dos métodos para la biomimética: por analogía y por inducción. La biomimética por analogía comienza con un problema del ser humano, buscando referentes biológicos para encontrar la solución, la biomimética por inducción en cambio, arranca con estudios de los sistemas naturales sin considerar en un principio una problemática concreta, no obstante, los hallazgos pueden ser utilizados posteriormente para resolverlas.

La metodología adopta un enfoque por analogía y se sitúa en tres escenarios: del ser humano, la naturaleza y el escenario de diseño y fabricación. Se proponen 4 fases secuenciales: (i) identificación del problema, (ii) selección de referentes biológicos, (iii) diseño, modelación y fabricación digital y (iv) validación del producto o sistema, ver figura 1.

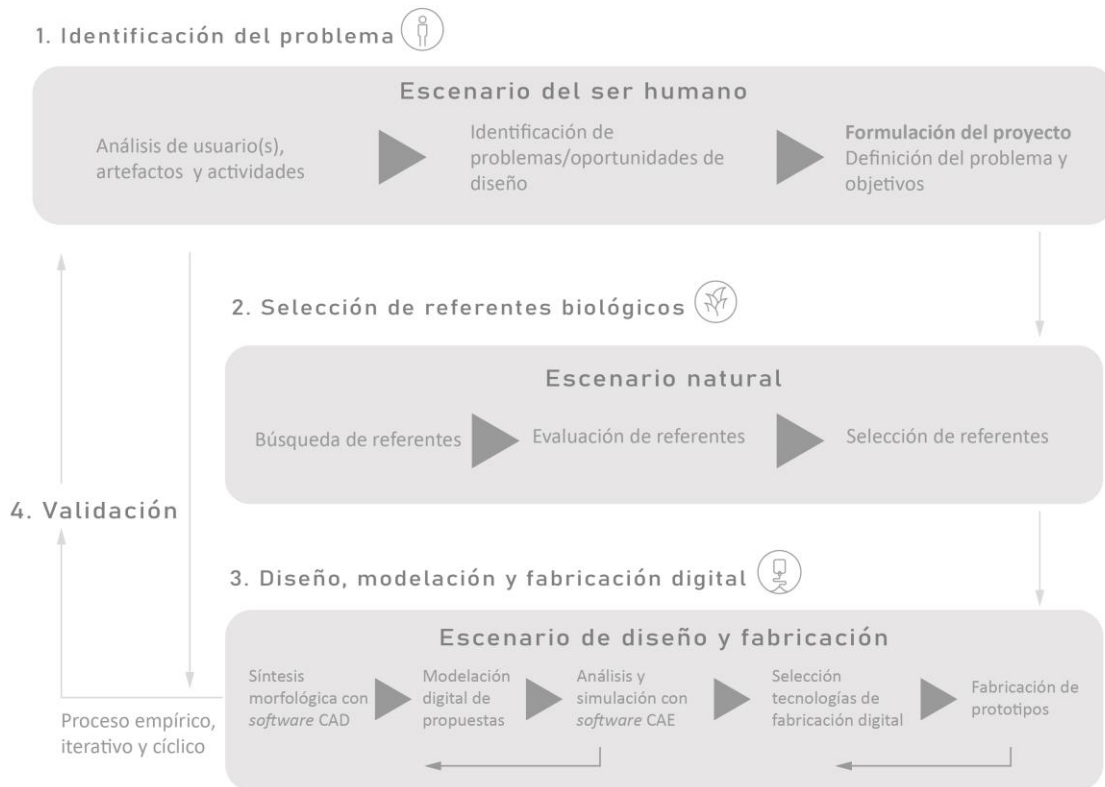


Figura 1: Esquema que sintetiza la secuencia metodológica. Fuente: elaborado por el autor.

2.1 Identificación del problema

Para el inicio del proyecto se propone observar a diferentes usuarios en su contexto, analizar sus actividades, interacciones y dinámicas, como consecuencia identificar situaciones o tensiones que permitan definir problemáticas en diversos aspectos, tales como funcionalidad, estructurales, de mecanismos, de usabilidad, estético-comunicativos, entre muchos otros. Una vez identificados los problemas y oportunidades se hace la formulación del proyecto, definiendo objetivos y alcances. Pedersen Zari (2007) determinó tres niveles para proyectos de biomimética el de organismo, comportamiento y ecosistema, considerando el análisis de los siguientes aspectos para cada nivel: forma, material, construcción, proceso y función. Según esto se debe acotar cuál es el tipo proyecto, complejidad técnica y nivel de alcance.

2.2 Selección de referentes biológicos

Según la problemática identificada y la formulación del proyecto se hace la búsqueda de referentes en la naturaleza; es posible abordar aspectos sobre morfología, materiales, mecanismos, estructuras, comportamientos, o sus combinaciones. Se analizan los referentes, se evalúan y se selecciona uno o varios, según su pertinencia.

2.3 Diseño, modelación y fabricación digital

Se realiza una síntesis morfológica parametrizada del referente o los referentes biológicos elegidos en un software CAD, estas síntesis morfológicas digitales se integran en las propuestas de diseño. Luego se hacen análisis y simulaciones en un software CAD y CAE para validar digitalmente el desempeño cinemático, aerodinámico, estructural, funcional de las propuestas, entre otros. Se elige la alternativa, o alternativas con el mejor rendimiento en las simulaciones digitales, y se seleccionan las tecnologías de fabricación digital para la etapa de materialización según la factibilidad de cada propuesta para ser construida con las tecnologías mencionadas. Se hacen pruebas, experimentaciones y prototipos (focalizados e integrales) hasta lograr resultados que cumplan con los objetivos propuestos.

2.4 Validación del producto o sistema

Finalmente se hacen las validaciones con el usuario o usuarios inmersos en la actividad estudiada y en su contexto para obtener información relevante sobre las propuestas de diseño, recibir retroalimentación respecto a la experiencia de uso e interacción, funcionalidades, resistencia a esfuerzos mecánicos y otras verificaciones. Con la información recabada se hace un análisis de los resultados, evaluación y propuestas de mejora, se vuelven a hacer experimentaciones, prototipos y nuevas validaciones con el usuario o usuarios en un proceso empírico, iterativo y cíclico.

3. Casos de aplicación

Este texto muestra los dos primeros casos de aplicación metodológica: un caso en la academia y el segundo un workshop en el evento internacional Digital Futures. Se elijen ejemplos representativos de cada experiencia, coherentes con la metodología y con posibilidades de implementación en el contexto estudiado.

3.1 Caso de aplicación en la academia

La primera experiencia de uso de la metodología fue en la asignatura semestral de Investigación para el diseño 1, programa de Diseño Industrial de la Universidad Pontificia Bolivariana, en Medellín, Colombia. Los estudiantes empezaron analizando diferentes situaciones del contexto local, identificaron problemas y oportunidades, hicieron la formulación de su proyecto, definiendo objetivos y alcances. Luego buscaron referentes, los evaluaron y seleccionaron aquellos que fueron coherentes con los requerimientos; hicieron la síntesis morfológica parametrizada de los referentes en el software CAD Rhinoceros con la herramienta paramétrica Grasshopper y las integraron en sus propuestas de diseño, considerando las múltiples variables y exigencias de cada proyecto. Se seleccionaron las tecnologías de fabricación digital para materializar pruebas, experimentaciones y prototipos en el RhinoFabStudio de la Universidad Pontificia Bolivariana con el apoyo del coordinador José Ovidio Cardona. Dado las limitaciones del contexto académico, la mayoría de estos proyectos no llegaron a la fase 4, la validación con el o los usuarios, pero no se descarta hacerlo a futuro para obtener retroalimentación, verificar su factibilidad y poder plantear mejoras.

Se destacó el proyecto desarrollado por los estudiantes Miguel Ángel González y Valentina Rodríguez Múnera, quienes analizaron diferentes problemáticas de adultos mayores y

proponen superficies antideslizantes para baños, un contexto donde comúnmente estos usuarios se resbalan y accidentan, los estudiantes seleccionan como referente los reptiles del infraorden de los saurópsidos escamosos llamados *Gekkota* o comúnmente conocidos como *Geckos*, estos poseen texturas en sus patas con un alto grado de adherencia. Se hicieron diferentes pruebas de texturas con la tecnología de fabricación aditiva Digital Light Processing (DLP) con una resina termocurable y se eligieron las que tenían mayor adherencia, ver figura 2. Otro proyecto relevante en esta primera experiencia aborda la problemática de los desechos sólidos no orgánicos, para ser usado por estudiantes durante el transporte y estaba en la universidad. Los estudiantes David Escobar Hurtado y Juan José Pineda Cerda proponen el diseño de un contenedor compacto, de uso personal que puede ser plegado y guardado en el bolso o la mochila y con mayor durabilidad que las bolsas comunes. Se estudian referentes de contenedores y patrones de superficies plegadas de especies vegetales, se hicieron experimentaciones con corte y marcado láser para obtener resultados que cumplieran con la función propuesta, el proyecto pudo ser validado y mejorado a través de diferentes prototipos, ver figura 3.

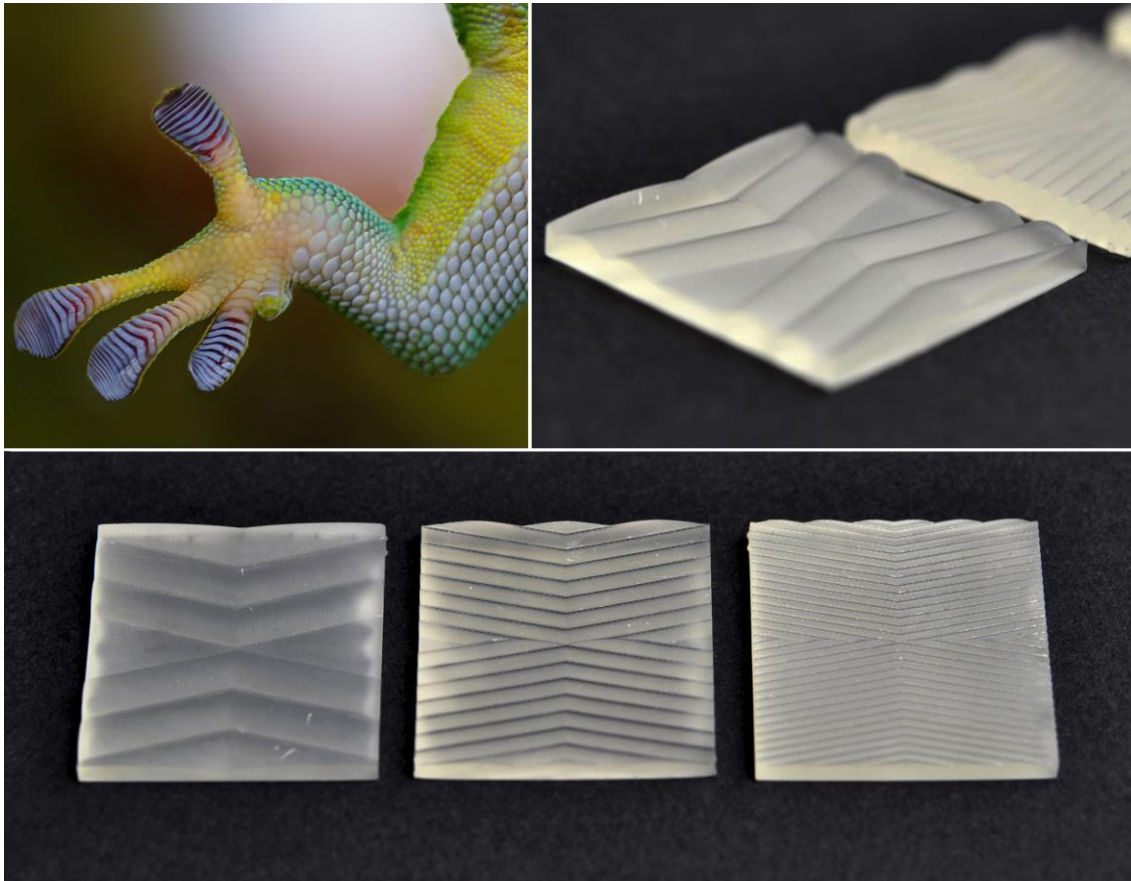


Figura 2: Fotos de las muestras de texturas de 50 x 50 mm, construidas a través de la tecnología de fabricación aditiva Digital Light Processing (DLP) y el referente natural, proyecto sobre texturas antideslizantes para adultos mayores. Fuente: estudiantes Miguel Ángel González y Valentina Rodríguez Múnera y Pixabay (foto de *Geckos*).

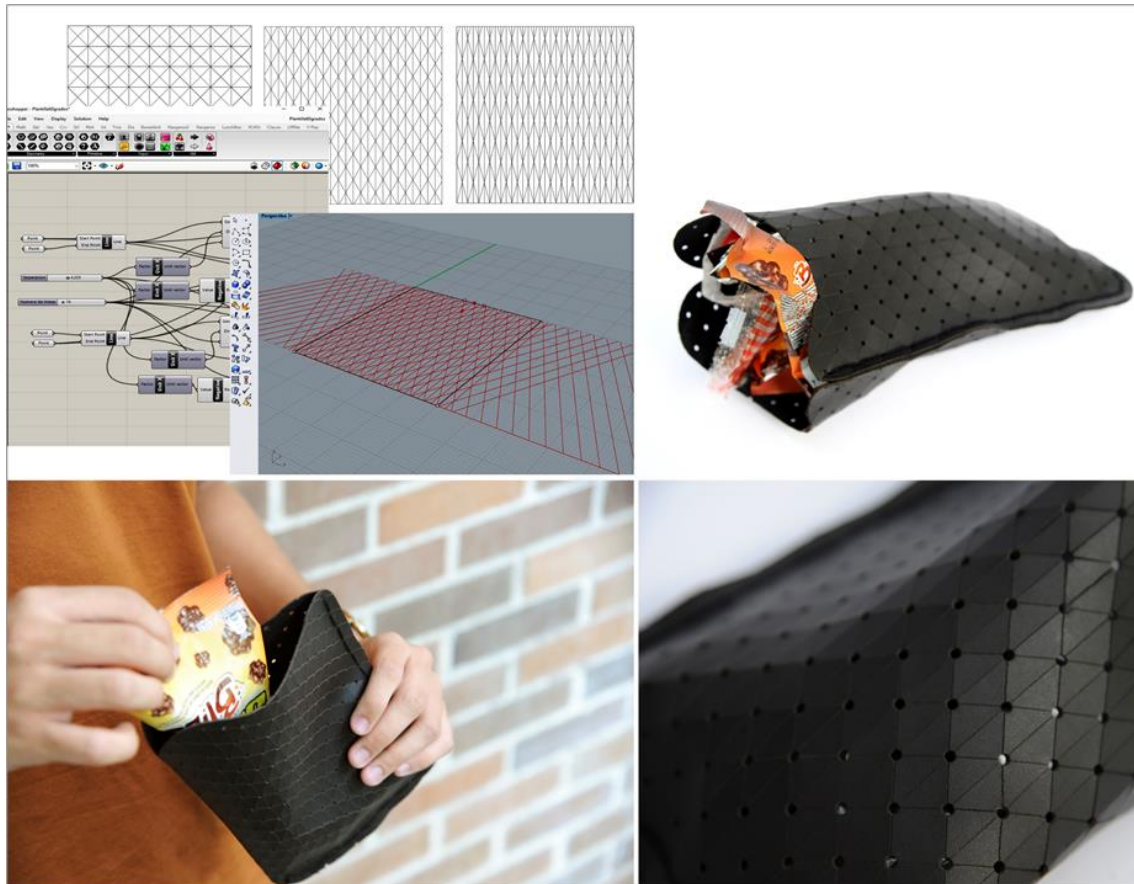


Figura 3: Imágenes del contenedor para desechos sólidos no orgánicos, prototipos con corte y marcado láser, material cuero sintético. Fuente: estudiantes David Escobar Hurtado y Juan José Pineda Cerda.

3.2 Caso de aplicación en el workshop internacional de Digital Futures

Digital Futures es una iniciativa educativa creada por Neil Leach y Philip Yuan en la Facultad de Arquitectura y Planificación Urbana de la Universidad de Tongji, Shanghai, en 2011. Digital Futures es una plataforma global que promueve la investigación e innovación impulsada por los medios digitales para el diseño, la arquitectura e ingeniería, a través de conferencias, paneles de discusión, workshops, diversas publicaciones y un programa internacional de Doctorado. El foco principal de las actividades de esta red está concentrado en un evento anual con alta convocatoria internacional. En el contexto de la versión 2020 se realiza el workshop titulado Diseño digital bioinspirado, ocasión para hacer la segunda aplicación de la propuesta metodológica. Los 6 equipos de 3 personas analizaron problemáticas relacionadas con situaciones de crisis y emergencias en el contexto Latinoamericano. Los resultados fueron propuestas conceptuales y se presentaron en formato digital, debido a las limitaciones de tiempo no fue posible construir prototipos, tampoco fue posible hacer validaciones, no obstante, los participantes definieron los materiales y tecnologías de fabricación digital, así como una estrategia general de implementación en un contexto específico para argumentar su viabilidad.

Sobresale el proyecto de Julián Mancilla, Patricio Rabus y Tamara Vega, propusieron una estructura modular biorreferenciada, el sistema inserto en el agua ayuda a detener la energía originada por un tsunami antes de llegar a tierra y dar el tiempo necesario a las personas para evacuar la zona. La morfología de los módulos permite crear diferentes

configuraciones de distintos tamaños, se adapta a la irregularidad del suelo, su geometría abierta permite que circulen y convivan especies vegetales y peces. Los participantes estudiaron referentes como los corales para entender su morfología, estructura y modularidad, propusieron la materialización a través de fabricación digital aditiva y biomateriales, ver figura 4.

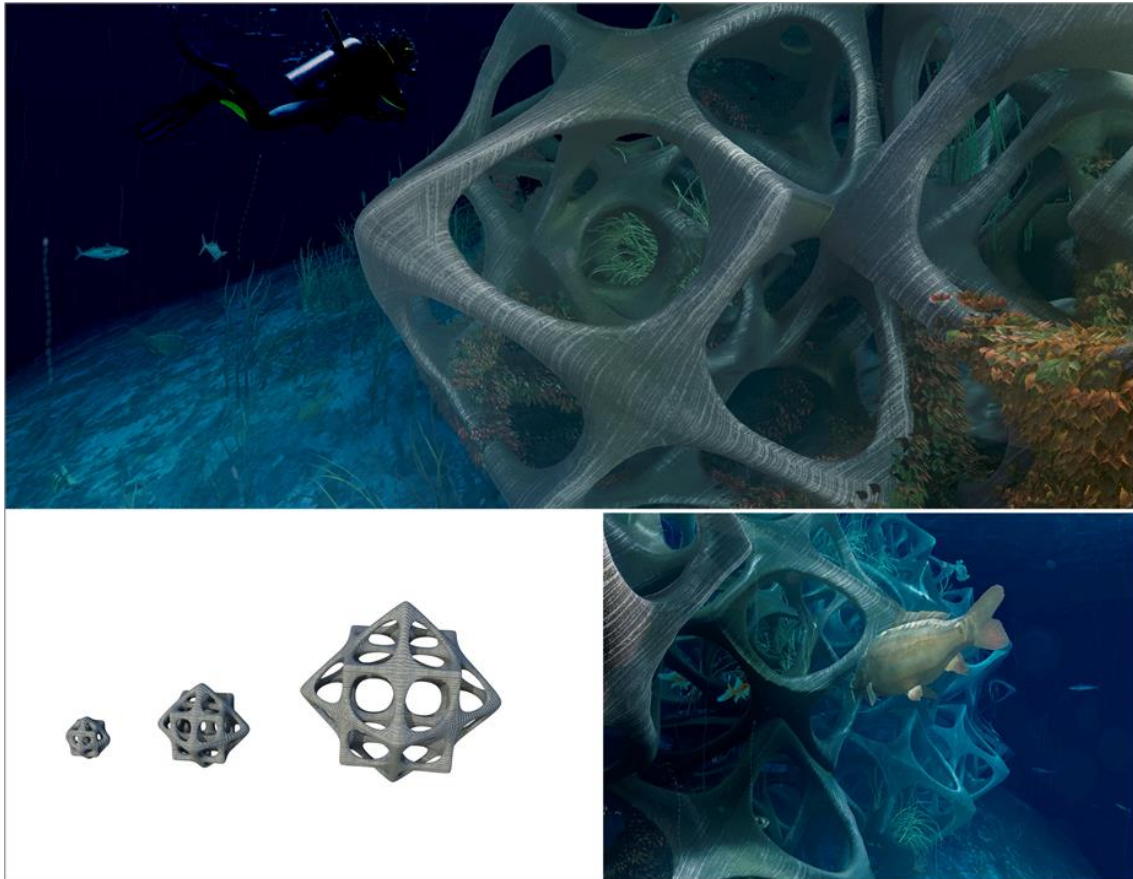


Figura 4: Renders de la propuesta “estructura modular biorreferenciada para detener la energía de tsunami”. Fuente: Julián Mancilla, Patricio Rabus y Tamara Vega.

Otro proyecto significativo para esta experiencia fue un muro modular para la recolección de agua en viviendas para grupos sociales vulnerables, propuesta de Laura Holguín, Cristóbal Alfaro y Nicolás Mejía. Los participantes usaron como referente las morfologías de cactus y suculentas, proponen módulos que permiten estructurar diferentes configuraciones de muros, recolectar y almacenar agua proveniente de las lluvias para diferentes usos, tales como disponer de plantas ornamentales y alimenticias, facilitar la regulación de la temperatura interior en la vivienda. Se propuso la construcción de los módulos de concreto, a través de fabricación digital aditiva, idealmente *in situ* y usando materiales locales, ver figura 5.

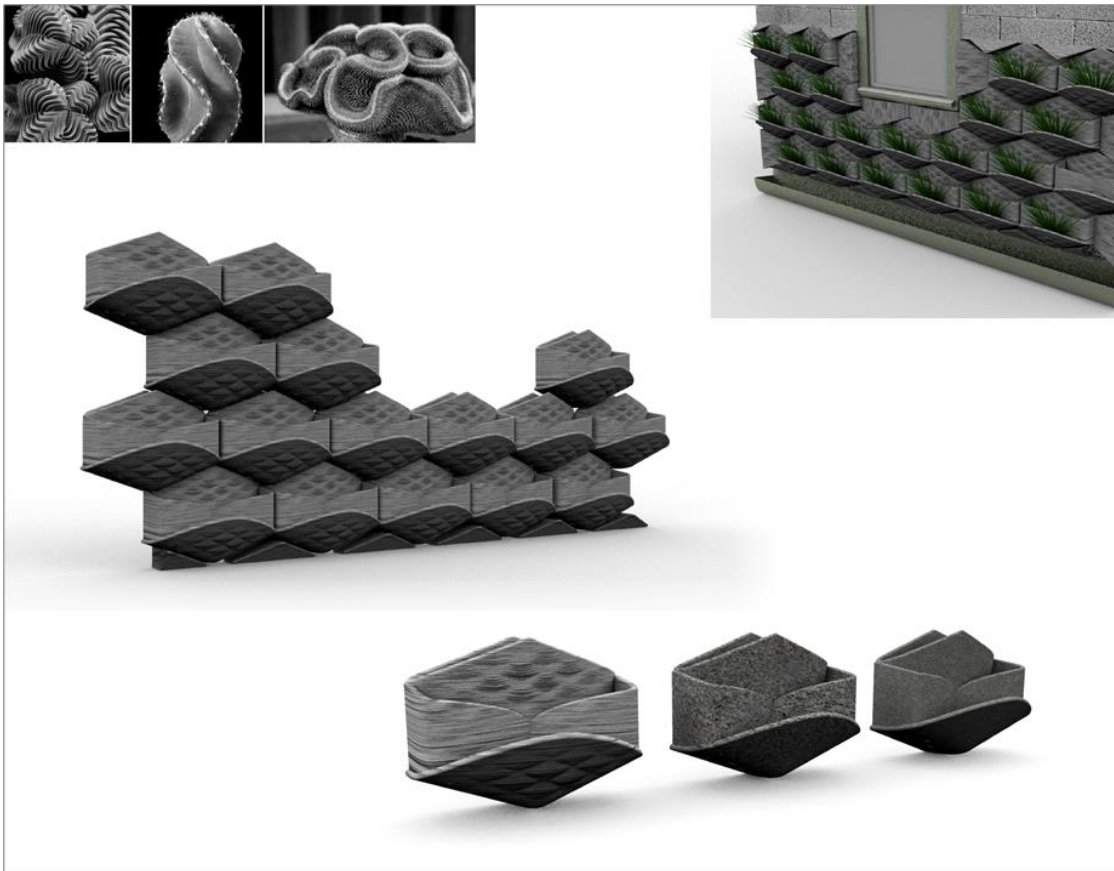


Figura 5: Renders de la propuesta “muro modular para la recolección de agua en viviendas de grupos sociales vulnerables”. Fuente: Laura Holguín, Cristóbal Alfaro y Nicolás Mejía.

4. Conclusiones

Según las primeras experiencias de aplicación, el análisis de diferentes usuarios en sus contextos y actividades, con un registro sistemático de información, ha permitido identificar problemas y oportunidades de diseño relevantes.

La sinergia entre diseño paramétrico y fabricación digital ha presentado importantes ventajas. El uso del diseño paramétrico ha potenciado el proceso de abstracción y desarrollo de propuestas, ha sido posible generar diversas geometrías de una manera dinámica, originando una amplia variedad de formas, no como respuestas definitivas y finitas, sino como entidades flexibles, variables y con posibilidades infinitas. En forma complementaria las tecnologías de fabricación digital efectivamente han permitido materializar morfologías basadas en la naturaleza, con una amplia gama de técnicas, materiales y acabados. Se destacan las tecnologías de fabricación digital aditiva que permiten materializar formas complejas que antes no era posible hacer con las tecnologías existentes, sistemas ya ensamblados, impresión de diferentes materiales en un solo proceso, un alto nivel de definición y acabado superficial, entre otros avances.

Es necesario aumentar la cantidad de aplicaciones de la metodología incluyendo la etapa de validación con el usuario en su contexto, para obtener retroalimentación de las propuestas, hacer mejoras y nuevas validaciones hasta obtener respuestas coherentes con el problema observado, para lograr este objetivo las experiencias deberían realizarse en un lapso más amplio, al menos durante un año. Dada la naturaleza multidisciplinaria de los

proyectos bioinformados, es recomendable formar equipos de diferentes áreas para el desarrollo de proyectos. Sería ideal incluir en las próximas validaciones la búsqueda de financiamiento local, nacional e internacional, público y privado, para aumentar las posibilidades de implementación en el contexto estudiado.

Finalmente, aunque las aplicaciones presentadas han sido hechas en tiempos cortos y no han cubierto todos los pasos de la metodología, la propuesta puede ser una guía general, útil para hacer proyectos de biomimética integrando diseño paramétrico y fabricación digital; las nuevas pruebas en contextos diversos entregarán la retroalimentación necesaria para mejorar y evolucionar la propuesta en un proceso empírico, iterativo y cíclico.

Referencias

- Ayala, F. J. (2012). *Grandes cuestiones: Evolución*. Barcelona: Ariel.
- Benyus, J. M. (2013). *Biomímesis: innovación inspirada por la naturaleza*. Barcelona: Tusquets.
- Estévez, A. (2003). *Arquitecturas Genéticas. El nuevo proyectar ecológico-medioambiental y el nuevo proyectar cibernético-digital*. En *Arquitecturas Genéticas*. Barcelona: Escola Tècnica Superior d'Arquitectura, Universitat Internacional de Catalunya.
- Fraile, M. A. (2020). *Arquitectura biodigital: Hacia un nuevo paradigma en la arquitectura contemporánea*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Editorial Nobuko S. A.
- Gebeshuber, I. C., & Drack, M. (2008). An attempt to reveal synergies between biology and mechanical engineering. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 222(7), 1281-1287.
- Iwamoto, L. (2009). *Digital Fabrications. Architectural and material techniques*. New York: Princeton Architectural Press.
- Iouguina, A., Dawson, J., Hallgimsson, B., & Smart, G. (2014). Biologically informed disciplines: a comparative analysis of bionics, biomimetics, biomimicry among others. *Int. J. of Design & Nature and Ecodynamics*. Vol. 9, No. 3, 197-205.
- Pedersen Zari, M. (2007 June 1-3). *Biomimetic approaches to architecture*. Poster presented at the Toronto Sustainable Building Conference 07, Toronto, Canada.
- Schieda, A. (2015). *Glosario. Arquis, (Nº3 Universo paramétrico)*, 101-103.
- Tedeschi (2014) Tedeschi, A. (2014). *AAD, Algorithms-aided design: parametric strategies using Grasshopper*. Le Penseur Publisher.