

ARQUITECTURAS EN RELACIÓN CON EL CONTEXTO: COMPORTAMIENTOS SENSIBLES COMO FORMAS DE COMUNICACIÓN

ARTIGO

Architectures in relationship with the context: sensitive behaviours as a kind of communication

Daniela Frogheri¹, Fernando Meneses-Carlos², Alberto T. Estévez³

RESUMO: Este escrito presenta una investigación sobre la relación entre arquitectura y contexto aplicada al desarrollo de un pabellón sensible que recibe datos a través de sensores en vivo, a los cuales responde y se adapta en tiempo real, generando una resiliencia biunívoca entre el objeto arquitectónico y el contexto. La investigación se desarrolla a través de la integración entre procesos de morfogénesis digital, el diseño algorítmico, la plataforma de Arduino, sensores y dispositivos de entrada y salida que conectan datos y materia; gracias a la programación y la fabricación digital. El resultado es un pabellón diseñado y fabricado digitalmente, cuya morfología surge de la relación entre sus reglas internas de conformación y la materia, que le proporciona capacidades autopoieticas; además de la interacción con el exterior, esta última basada en comportamientos de seres vivos como proximidad y mimesis. El pabellón, mediante sensores de color y de proximidad, recibe datos del entorno y reacciona con cambios de color y forma, que le permite trascender desde el concepto de objeto arquitectónico como entidad fija y cerrada hacia la idea de proyecto como sistema.

PALABRAS CLAVE: Arquitectura Sensible; Comunicación; Comportamientos; Fabricación Digital; Resiliencia.

¹Universidad de Monterrey, UDEM

²Escuela Radical, México

³ iBAG/UIIC Barcelona - Universitat Internacional de Catalunya

ABSTRACT: This paper presents a research of the relationship between architecture and context applied to the development of a sensitive pavilion that receives data from live sensors, responds and adapts in real time, generating a biunivocal resilience between the architectural object and the context. The research is developed through the integration between processes of digital morphogenesis, parametric-generative design, Arduino, sensors, input and output devices that connect data and matter, programming and digital fabrication. The result is a pavilion designed and manufactured digitally, whose morphology comes from the relationship between its internal rules of conformation, generated with algorithms and the matter, that makes it autopoietic, in addition to the relationship with the outside; all based on the behaviors of proximity and mimesis. The pavilion, through sensors, receives data from the environment and reacts with changes of colors and form; which allows it to transcend from the concept of the architectural object as a static and closed entity, developing and fully expressing the idea of the project as a system.

KEYWORDS: Sensitive Architecture; Communication; Behaviours; Digital Fabrication; Resilience.

How to cite this article:

FROGHERI, D.; MENESES-CARLOS, F.; ESTÉVEZ, A. T. Arquitecturas en relación con el contexto: comportamientos sensibles como formas de comunicación. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Carlos, v.14, n.1, p.61-75, set.2019. <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v14i1.148429>

Fonte de financiamento:

Declaro não haver

Conflito de interesse:

Declaro não haver

Submetido em: 24/07/2018

Aceito em: 07/02/2019



INTRODUCTION

Las bases: “Bichos y otras morfologías” como línea de investigación

El trabajo aquí presente surge desde una línea de investigación previa, llamada “Bichos y otras morfologías” que estudia y experimenta procesos de generación de la forma y su materialización a través del diseño computacional y la fabricación digital, con aplicaciones vinculadas a la docencia.

La investigación, realizada en la modalidad de *research by design*, se basa en el *feedback* entre el desarrollo de conceptos y su aplicación práctica; de donde se definen tanto sus fundamentos teóricos como las posibilidades de aplicación.

El trabajo, iniciado en el 2013, se concreta en una familia de pabellones a escala real denominados “Bichos”, diseñados y realizados en colaboración entre el Estudio de “Elementos de la Arquitectura”¹ de la Universidad de Monterrey (UDEM, México) y el FabLab Monterrey; la investigación incluye además la generación de otras entidades formales que proceden de estudios de *form finding* analógico y digital, algoritmos, sistemas de sustitución y de re-escritura, sistemas formales figurativos y no figurativos, todos con sus respectivos mapeos, desarrolladas en los cursos de Morfología y Geometrías Generativas.

La línea de investigación “Bichos y otras morfologías” se desarrolla a raíz de los principios del *Pensar y el Hacer Avanzados* (Frogheri, 2018), donde por *Pensar Avanzado* se entiende la experimentación de procesos de diseño fundamentados en el proyecto como sistema, a través del pensar paramétrico-generativo-asociativo y el desarrollo de algoritmos geométricos para la comprensión y el dominio de los criterios de organización y generación de las formas, incluyendo tanto etapas analógicas como el diseño digital; mientras que el *Hacer Avanzado* consiste en la comprensión de la relación entre el diseño del objeto arquitectónico y su materialización física, explorando las propiedades intrínsecas de la materia con estudios analógicos y digitales, experimentando de manera directa las posibilidades y el potencial de la fabricación digital.

La presente investigación es una evolución del proyecto “Bichos” que surge desde la necesidad de integrar la relación entre el objeto y el contexto en los procesos de morfogénesis, al fin de concebir tal relación como parte integrante del sistema; en las etapas precedentes (Frogheri y Estévez, 2016a), las lógicas de generación de la forma, aun si estudiadas a través de sistemas, se mantuvieron a un nivel interno gracias a reglas de organización prevalentemente intrínsecas, donde el exterior se consideraba más como un escenario donde ubicar el objeto arquitectónico o un conjunto de factores externos de los cuales protegerse, que como parte activa del proyecto.

El pabellón “Bicho VII”: una nueva rama de la investigación

Lo que se presenta en este escrito, por lo tanto, es una investigación sobre la relación entre arquitectura y contexto, aplicada al desarrollo de un pabellón denominado “Bicho VII”, donde tal relación se integra con la morfología del objeto arquitectónico. Dicha relación se manifiesta a través de la capacidad del pabellón de relacionarse con “lo demás” de manera sensible, gracias a la recepción de datos de sensores en vivo y la adaptación a los mismos, generando una forma de resiliencia biunívoca entre entidades en comunicación; donde tal capacidad no es una propiedad añadida al objeto terminado, sino más bien parte de su naturaleza.

La relación entre el objeto arquitectónico y el contexto, se concibe como elemento de la arquitectura en continua retroalimentación con su morfología; su diseño y su programación son parte del sistema, donde el

¹ El estudio de “Elementos de la Arquitectura” pertenece a los cursos de grado de la carrera de Arquitectura de la Universidad de Monterrey, y se imparte en el semestre dos del primer año.

intercambio con el exterior participa en la conformación tanto en fase de proyecto como de materialización.

Otro motor de la investigación, más general, surge desde una mirada al presente, donde una de las características que definen nuestra época es la elevada capacidad de conectar entidades similares o de naturaleza diferente, sean estas personas, otros seres vivos, cosas, datos inmateriales o elementos tangibles. Dichas posibilidades de comunicación, debidas a los avances de la tecnología y su difusión masiva, han revolucionado el concepto de objeto, desde el momento en que se concibe hasta su materialización física, considerado tanto como elemento en sí como en relación con “lo demás”.

Sí es verdad que desde hace varias décadas, antes la electricidad y luego lo digital, conectan elementos distintos con un único lenguaje (De Kerckhove, 1997), también es verdad que en estos últimos años se están desarrollando tecnologías y dispositivos que convierten datos en materia, materia en datos, y que los comunican entre ellos.

La fabricación digital, que en sí es comunicación, transforma bits en átomos (Gershenfeld, 1999); dispositivos como Arduino y su plataforma, proporcionan los medios y el lenguaje para hacer hablar directamente datos digitales y analógicos con elementos físicos. La difusión masiva de esta tecnología, invita cada vez más al entendimiento de su funcionamiento, transformando al usuario en desarrollador. Este acercamiento hacia el “hacer”, que con la fabricación digital ha acortado la distancia entre el diseñador y el objeto, reanudando el diseño del mismo con su materialización física, gracias a la familiarización con plataformas de entrada-salida de datos y materia, permite no sólo fabricar objetos, sino también diseñar interacciones entre ellos y con otras entidades, a través de la programación de estas relaciones que se vuelven parte del proyecto, introduciendo el concepto de conexión como elemento de la arquitectura.

En este panorama, donde las capacidades singulares de las personas y de las cosas adquieren más valor y potencial al conectarse con lo y los demás, la comunicación se ha vuelto uno de los bienes más apreciados y más buscados, convirtiéndose en una de nuestras principales necesidades. Lo cual afecta no sólo a la vida de los seres humanos a nivel de relaciones interpersonales, sino también a la manera de percibir y concebir los objetos en relación con el espacio y su capacidad de interacción, ya que este potencial de conexión es parte de su naturaleza, de su esencia y por lo tanto de su arquitectura.

Si para quien usa las cosas y habita los edificios esta conexión es un valor o un requisito que se busca, para quien los diseña tiene que ser parte del proyecto como el sistema que lo define: la arquitectura cada vez más necesita hacer uso de dicha capacidad de comunicación para trascender. El objeto en sí es sensible, capaz de recibir datos, elaborarlos, reaccionar, comunicar. Al comunicarse, ya no se puede considerar singular y aislado, sino como componente de algo más complejo que nace de dicha comunicación. En cuanto componente, ya no se puede pensar como fijo o cerrado, sino más bien como un sistema capaz de variar y adaptarse.

Al crecer las conexiones, crecen también las dependencias entre las partes. Gracias a herramientas digitales de cálculo, visualización, materialización y al manejo de elevadas cantidades de datos en tiempo real, se incrementa el dominio de los sistemas complejos generados por interrelaciones que, a pesar de existir desde siempre, sin dichas tecnologías ni siquiera se podrían concebir. Lo cual evidencia otro punto clave de nuestra época: la relevancia de la interdependencia entre entidades, también similares o diferentes, que se introduce en nuestra *forma mentis* a la hora de comprender lo existente y elaborar artefactos. El objeto arquitectónico y “lo demás” se cruzan estableciendo interacciones que afectan a todos los integrantes, que se adaptan el uno al otro en una forma de resiliencia recíproca y continua.

El diseñador, hoy más que en las décadas pasadas, es consciente de esta capacidad de conexión y empieza a introducirla en sus proyectos, o por lo menos en algunas partes de los mismos. Pero, ¿es realmente consciente de

todo su potencial? ¿Hasta qué punto lo está explorando y usando para sus proyectos e investigaciones?

Hoy, a diario, se desarrollan e implementan dispositivos que permiten conectar edificios con el entorno o con factores externos; no es una novedad encontrar sensores de presencia que provocan la abertura o el cierre de puertas o ventanas, detectores de sustancias que activan alarmas o que encienden luces, etc.; hoy las tecnologías cada vez más avanzadas permiten leer, medir, recibir datos, al fin de optimizar, mejorar y economizar tiempo, dinero, energía, acciones. Los edificios contienen cada vez más elementos de sensibilidad al contexto y comunicación; no obstante, están pensados casi siempre para cumplir determinadas funciones, manteniéndose en el campo de la utilitas.

Sin embargo la fabricación digital, acercando al diseñador al “hacer” gracias a las posibilidades de materialización avanzadas, más que convertirlo en un constructor, fomenta la ideación y realización de conformaciones antes inimaginables, que además de ser estructuras firmes que cumplen con funciones, generan interacciones totalmente nuevas con lo demás, que se parecen cada vez más a comportamientos y que se extienden a campos como las sensaciones, las emociones, los estados de ánimo, concebidos en general únicamente como propios de los seres vivos.

Asimismo la familiarización con dispositivos electrónicos de entrada y salida y su programación, más que convertir al arquitecto en un técnico informático o electrónico que sabe enchufar cosas, lo obliga a cuestionar la naturaleza de estas conexiones, que ya no pueden ser consideradas sólo bajo el punto de vista técnico, sino más bien como elementos de su arquitectura y parte integrante de su sistema. Lo cual abre un mundo de posibilidades en donde la comunicación es parte de la arquitectura en todas sus formas y la conformación del objeto contiene en sí la programación de su manera de relacionarse.

A la luz de estas consideraciones, nació la idea de estudiar un objeto arquitectónico sensible a “lo demás”, cuya relación con el contexto se pudiera plantear o como factor del mismo sistema que lo define, o como comunicación entre sistemas que hablan entre ellos, participando en sus procesos de morfogénesis y en el desarrollo de su morfología, siendo dicha relación parte integrante de su arquitectura. Al plantear el objeto arquitectónico de esta manera, las investigaciones sobre las posibilidades de relación entre el objeto arquitectónico con el contexto, empezaron a dirigirse más hacia el comportamiento de los seres vivos que al estudio de edificios ubicados en un entorno.

De aquí la investigación se consolidó en el estudio de un objeto arquitectónico cuya relación con “lo demás”, basada en las interacciones entre seres vivos, le permitiera manejar datos en tiempo real, siendo parte de su naturaleza.

Hoy en día existe un gran interés en el estudio de elementos sensibles, aplicados a la arquitectura y en especial a la tipología del pabellón, que reaccionan directamente al entorno mediante sensores, elementos robóticos, o con materiales *performativos*, y que manifiestan cambios de estado parecidos a comportamientos; basta con dar una mirada a las últimas investigaciones en desarrollo en escuelas o institutos como la Architectural Association School of Architecture (AA) de Londres, el Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETH) de Zurich, el Southern California Institute of Architecture (SCI-arc) de Los Angeles, el Institute for Advanced Architecture of Catalonia (IaaC) de Barcelona, el Institute of Building Structures and Structural Design (ITKE) de Stuttgart, el MediaLab del MIT en Boston, sólo por citar algunos, además de los FabLabs de todo el mundo; sin embargo la mayoría de tales estudios relacionan al objeto arquitectónico con datos de factores medioambientales a fin de cumplir con funciones puntuales.

Si en vez de eso buscamos arquitecturas sensibles a “lo demás”, capaces de generar comportamientos que trascienden hacia las emociones, estados

de ánimo, sentimientos o informaciones que vayan más allá de la mera función, los ejemplos son escasos o incompletos; entre los más cercanos, y sólo para citar algunos, se evidencian el edificio D-Tower de Nox, realizado en el 2004 que, usando bases de datos, lanzaba informaciones sobre estados de ánimo de las personas y datos similares traducidos en cambios de color, pero que más que un espacio habitable se presentaba como una instalación artística; o el más reciente Furl, un modelo de pabellón interactivo cinético ideado en el 2013 por los investigadores Bijing Zhang y François Mangion dentro del Interactive Architecture Lab, un programa de máster de la Bartlett School of Architecture de Londres, donde se planteaba un edificio que cambiara de forma respondiendo directamente a datos de ondas cerebrales, pero que nunca llegó a realizarse a escala real. Lo cual por un lado evidencia la actualidad del tema aquí tratado, pero por otro lado habla también de la necesidad de generar espacios habitables capaces de aquella trascendencia antes mencionada, que surge del potencial de comunicación, lo cual es lo que se pretende lograr con esta investigación.

El resultado de esta nueva fase es el Bicho VII, un pabellón diseñado y fabricado digitalmente, que recibe datos del entorno en tiempo real a través de sensores y reacciona con cambios de color y movimientos.

El estudio de la comunicación entre el objeto arquitectónico y el contexto está basada en interacciones entre seres vivos y se enfoca en especial en la mimesis y en la proxémica, estableciendo una relación entre el pabellón y los seres humanos que se acercan o lo habitan. A través de sensores de color y de proximidad se reciben datos que, gracias a Arduino, se conectan con la estructura física del pabellón, que incluye en su morfología piezas móviles y leds RGB; con la programación de varios códigos, se han podido simular manifestaciones de empatía, acuerdo o desacuerdo, miedo, confianza entre el pabellón y las personas.

En este documento se presentarán el proyecto y los resultados obtenidos hasta la fecha, evidenciando los puntos fuertes y débiles del trabajo.

METODOLOGIA

La modalidad de realización de la presente investigación se basa en la metodología desarrollada para y durante el proyecto “Bichos”, de la cual representa, como mencionado anteriormente, una evolución que se encamina hacia convertirse en una nueva rama. Tal metodología consiste principalmente en un trabajo de *research by design*, que retroalimenta los fundamentos teóricos del *Fenómeno del Pensar y del Hacer Avanzados* con su aplicación, a través de un proyecto puntual vinculado a la docencia a lo largo de un semestre, dentro de un estudio de arquitectura (Frogheri y Estévez, 2016a).

Los fundamentos teóricos, en este caso, además de arraigarse en los conceptos del proyecto como sistema y en el estudio de procesos de generación de las formas entendidos como diseño y como materialización, se completan a través del enfoque hacia la relación entre las reglas de conformación interna de tales sistemas y factores externos.

El objetivo general de tal investigación es generar consciencia hacia el carácter relacional de los factores que componen un sistema y sobre como este carácter afecta a la definición de su naturaleza y a sus criterios de relación; sea que se conciba como un sistema formal no figurativo, sea que llegue a ser figurativo, para convertirse finalmente en una arquitectura.

Desde esto se evidencia la posibilidad y la necesidad de hacer que la relación con “lo demás” no se considere como una etapa posterior o ajena al objeto arquitectónico, sino que se desarrolle en conjunto con el mismo, siendo por lo tanto contenida e integrada en su naturaleza.

En concreto, prestándose tal objetivo por su carácter general a varias facetas e interpretaciones, se definieron unos objetivos más específicos:

primero el estudio de un objeto arquitectónico capaz de relacionarse con lo demás en tiempo real y de manera directa, donde tal relación fuese integrada en la naturaleza misma del objeto; segundo el estudio y la experimentación de tipos de relaciones entre tal objeto arquitectónico y “lo demás” que trascendieran la pura función, que se acercaran más a las interacciones entre seres vivos y a sus comportamientos.

Definiciones y delimitaciones

El primer paso hacia el cumplimiento de tales objetivos fue un proceso de definición y delimitación de las entidades a relacionar, entendidas en cuanto objeto arquitectónico y su interlocutor; además de la elección del tipo de relaciones a establecer y las modalidades a través de las cuales expresarlas.

El objeto arquitectónico, por la pertenencia del proyecto a la línea de investigación “Bichos”, se definió como un pabellón, ideado dentro del concepto del proyecto como sistema, con estudios previos de *form finding* analógico (Fig. 1) en modalidad *bottom-up*, para después generarse en *top-down* a través algoritmos geométricos y sistemas digitales paramétrico-asociativos y generativos realizados en Rhinoceros, Grasshopper y Phyton (Fig. 2), materializándose finalmente con la fabricación digital. Su morfología nace desde criterios de organización entre una familia de componentes paramétricos que adaptándose los unos a los otros generan un sistema de cáscara auto-portante, que forma un espacio acogedor para sentarse y descansar.

Tal objeto se obtuvo con la retroalimentación entre el desarrollo de sistemas analógicos y digitales, prototipos a escala real, la exploración del potencial de la fabricación digital y del uso de dispositivos electrónicos.

La primera evolución con respecto a los pabellones precedentes de la



Figura 1: Bicho VII: estudios de form finding analógico.

Fuente: Daniela Frogheri.

familia “Bichos” fue que, mientras en los proyectos previos las lógicas de generación de los componentes y de sus agregaciones fueron determinadas por criterios de organización internos, inspirados generalmente en sistemas naturales y enfocados a la estabilidad y al uso, en este caso, la morfología se pensó considerando también la relación con el exterior.

Así que en el Bicho VII, la forma de los componentes, su posición, su manera de agregarse y hasta su número, depende de lógicas de configuración internas y de dicha relación con el exterior. Lo cual hizo que los componentes, en relación a los de los pabellones antecedentes, tuvieran una mayor complejidad geométrico-formal, además de ampliar la gama de materiales utilizados y las técnicas de fabricación.

Las piezas, 60 en total, conforman una piel estructural de tipo *close packing*, incluyendo elementos de lycra, partes impresas en 3D, cables, sensores de color y de proximidad, Arduinos, motores y leds RGB (Fig. 3), que en conjunto forman un sistema.

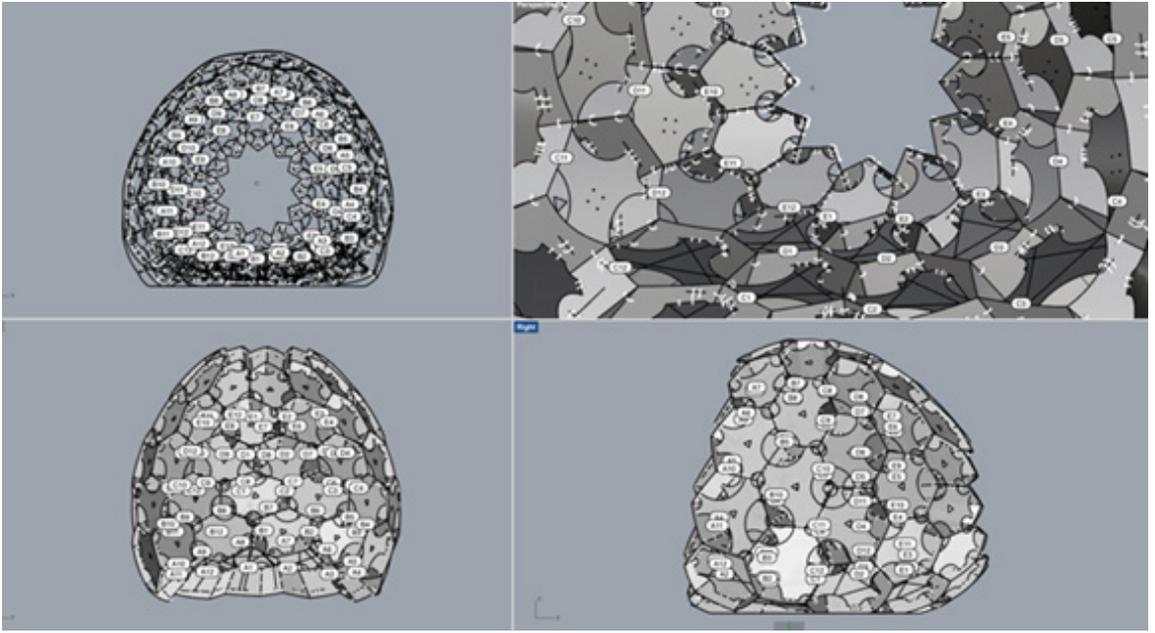


Figura 2: Bicho VII: sistema digital generado con Grasshopper.

Fuente: Daniela Frogheri.

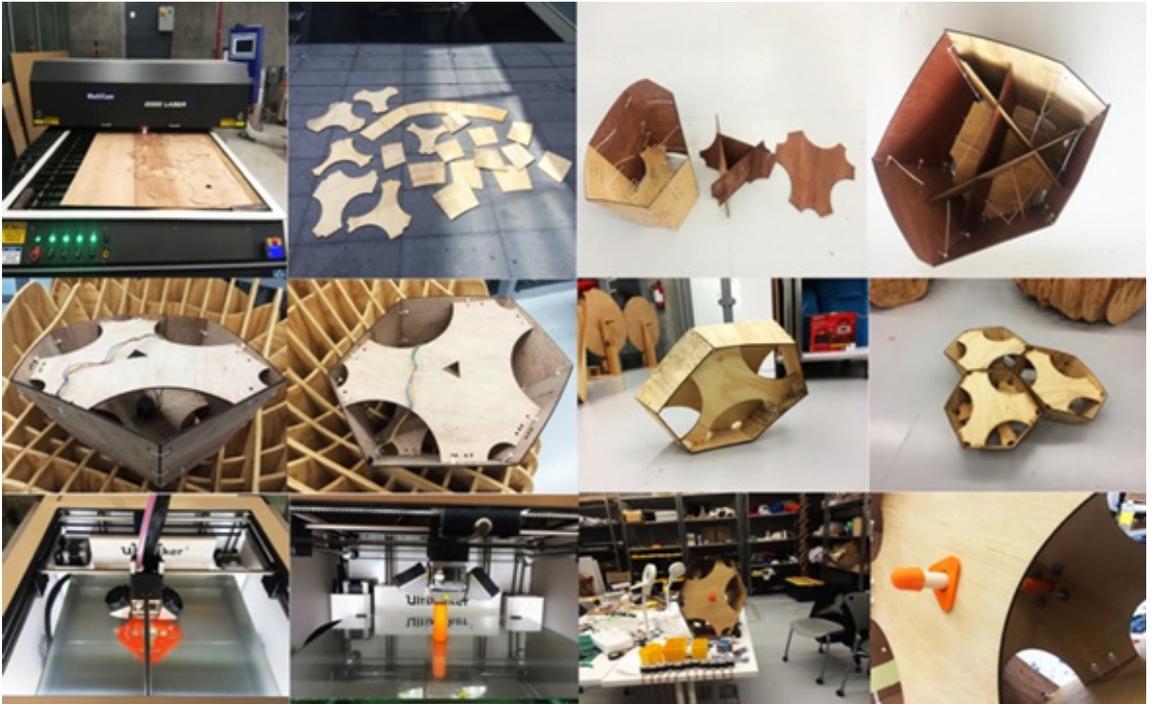


Figura 3: Bicho VII: materialización de componentes, fabricación digital y dispositivos electrónicos.

Fuente: Daniela Frogheri.

Comunicación: sensibilidad y respuesta

Desde el inicio se pensó en hacer que la relación entre el pabellón y el contexto se basara en un esquema de tipo input/output, donde el objeto arquitectónico fuera capaz de recibir datos, elaborarlos y adaptarse o responder a los mismos con movimientos, luz y cambios de color. En esta parte el rol del equipo del FabLab Monterrey fue fundamental, sea para el planteamiento conceptual del proyecto como para el desarrollo de los códigos ideados para la programación de los comportamientos.

El interlocutor y tipos de relaciones: trascendencia

La delimitación del contexto a relacionar con el pabellón y el tipo de comunicación a establecer no fue tan inmediata. Las primeras propuestas de los alumnos, aun conteniendo todos los puntos mencionados arriba, se dirigían hacia lo funcional como por ejemplo hacer que el pabellón cerrara o abriera unas partes según luz, agua o humedad. Sin embargo, la intención de trascender llevó a buscar algo más radical, por lo cual se decidió dirigir la sensibilidad del pabellón hacia las personas, intentando instaurar con ellas una nueva relación que fuera más allá del uso y de la función.

Fue bajo esta vertiente que se empezó a estudiar cómo hacer que el pabellón recibiera datos de acciones de las personas y cómo programar sus respuestas; lo cual llevó a considerar dichas respuestas como comportamientos, basados en las interacciones entre seres vivos.

Finalmente, dentro de una vasta gama de posibilidades, sea por algunas circunstancias espaciales debidas a la ubicación del pabellón, sea por la existencia de estudios previos realizados en el FabLab Monterrey sobre la aplicación de la sinestesia al diseño -véase la investigación Trans-Synaesthesia (Frogheri y Estévez, 2016b)- se desarrollaron dos comportamientos del pabellón, el primero basado en la proxémica y el segundo en la mimesis.

El primer comportamiento se realizó a través de un sensor de proximidad (de tipo PIR) y 13 motores de paso a paso; el pabellón reacciona al acercarse las personas a través de un cambio de forma basado en los estudios sobre la sinestesia y el “efecto Bouba/Kiki” (Ramachandran y Hubbard, 2001), y manifiesta sensaciones de miedo o tranquilidad, variando entre un estado puntiagudo y uno más redondeado de los componentes.

En el segundo caso, gracias a la instalación de un sensor de color (Adafruit TCS34725 RGB) y leds RGB en tiras, se ilumina imitando el color de las prendas de las personas que lo habitan o de objetos que se le acercan, mostrando sintonía y empatía (Fig.4).

En ambos casos, se usó Arduino como dispositivo físico y como plataforma de lenguaje para los códigos con los cuales se programaron las interacciones o “comportamientos”.

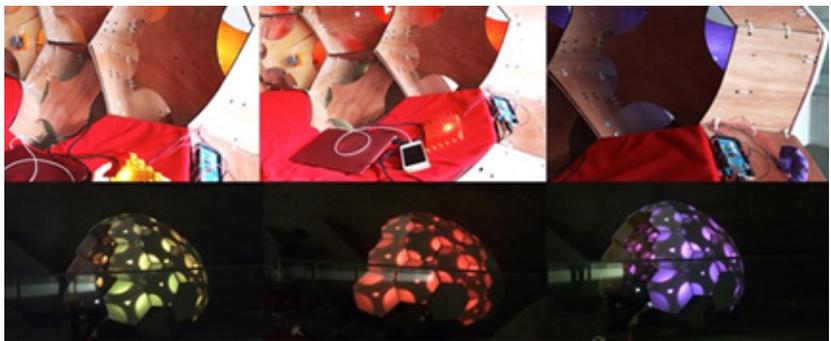


Figura 4: Bicho VII: comportamiento mimético (sensor de color y leds RGB).

Fuente: Daniela Frogheri.

RESULTADOS

Sistema y cuerpo

Así como los pabellones que lo preceden, el “BichoVII” (Fig. 5), se conforma como un exoesqueleto constituido por una piel estructural auto-portante, en este caso compuesta por 60 elementos, generados de manera algorítmica según el criterio de organización del *close packing*, que se sostienen entre ellos y sostienen a quien lo habita. Los componentes conforman una cáscara ovoidal, con dos aberturas que forman espacio para sentarse y acostarse, quedando abierto pero a la vez protegido del exterior. La geometría de los elementos, generada con Grasshopper, se estudió con superficies planas desarrollables, lo cual permitió la fabricación digital a través del corte láser. La estabilidad del sistema, aprendiendo de los pabellones precedentes, se logró casi totalmente gracias a la morfología de los componentes y de sus uniones, con lo cual se optimizaron tiempos y costos usando materiales muy delgados, en este caso *plywood* de madera caobilla de 4,5 mm de grosor (Fig.6).



Figura 5: El pabellón BichoVII ubicado en el CRGS de la Universidad de Monterrey.

Fuente: Daniela Frogheri.

Los componentes hexagonales, constituyen una familia con tres variantes: la primera, usada para los elementos laterales, consiste en seis piezas de madera que forman el hexágono externo y dos elementos internos, siempre de madera, que fortalecen la conexión; las uniones entre las partes de estas piezas se obtienen a través de encajes y *plastic straps*; la segunda variante es similar a la primera, pero con otros tres elementos cruzados con encajes, siempre de madera, que forman un triángulo y fortalecen aún más la estructura; este tipo de piezas se utilizaron para la base que es el espacio para sentarse; la tercera variante es la más compleja ya que comprende un motor y un pistón, soportados y completados por unas piezas diseñadas a medida e impresas en 3D, una piel de lycra que recubre la parte superior del hexágono, y una tira de cinco leds RGB; estas últimas piezas son la mayoría, y forman la parte ovoidal de la cáscara.

Todos los elementos tienen un espacio para los cables que conectan los sensores y los Arduinos a los motores y a los leds RGB; las piezas se unen entre ellos de manera muy sencilla, con *plastic straps* y tornillos, lo cual garantizó la rápida construcción y el armado (Fig. 7, Fig. 8 y Fig. 9).

Los componentes, así como las hojas de un árbol o las células de cualquier tejido, o cualquier conformación compuesta presente en la naturaleza, constituyen una familia de elementos similares pero no idénticos entre ellos; todos tienen en común la misma regla de generación, diferenciándose según la posición o el rol que cumplen como parte de la misma estructura. Por lo cual, los elementos de la base son más espesos, resistentes y redondeados

para poder generar el asiento, mientras los laterales y superiores se aligeran y rigidizan de manera gradual, para cerrar la forma de manera continua y proporcionar estabilidad.

El resultado es una proliferación que trabaja en conjunto gracias a la relación entre forma, material y posición que, en cuanto sistema, cumple con las exigencias espaciales del proyecto entendido como objeto arquitectónico.

Gracias a su forma envolvente, el “Bicho VII” es un espacio pensado para la lectura y momentos de relajación; las dimensiones, aptas para la colocación en espacios tanto internos como exteriores, permiten acoger dos o tres personas, o ser utilizado cómodamente de manera individual.

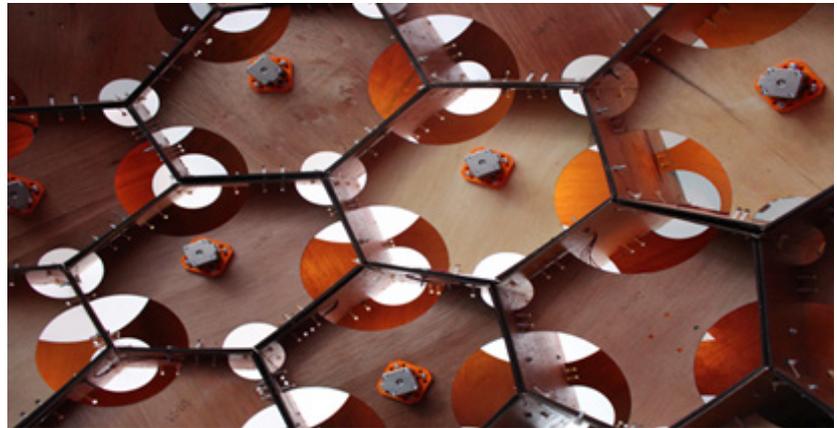


Figura 6: Bicho VII: el sistema (materia, organización y motores).

Fuente: Daniela Frogheri.



Figura 7: Bicho VII: fabricación y armado.

Fuente: Daniela Frogheri.



Figura 8: Bicho VII: instalación de los dispositivos electrónicos (el movimiento).

Fuente: Daniela Frogheri.

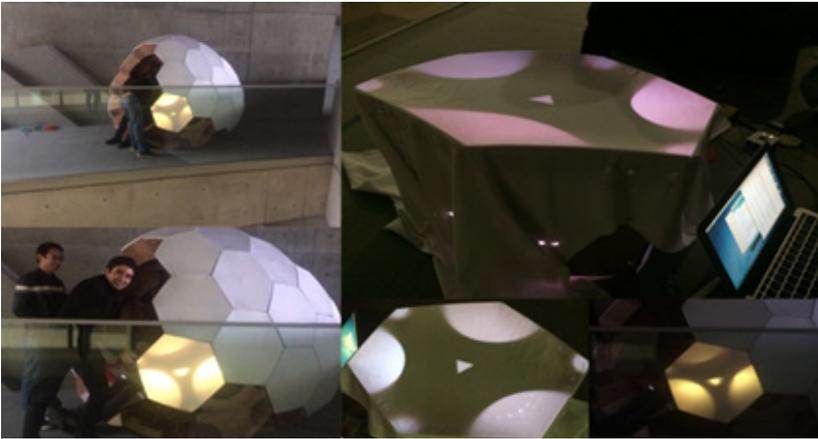


Figura 9: Bicho VII: instalación de los dispositivos electrónicos (el color).

Fuente: Daniela Frogheri.

Sistema, comportamiento y forma

El reto principal del trabajo fue desarrollar un objeto arquitectónico que por un lado perteneciera a la familia de los pabellones “Bichos”, manteniéndose dentro de las líneas básicas de la investigación, y que por otro evolucionara con respecto a sus predecesores, introduciendo el tema de la relación con el contexto como parte del sistema mismo, y por lo tanto como elemento de su arquitectura.

Para lograr dicho objetivo, la conformación general y los componentes fueron pensados en base a los siguientes requisitos: 1. Cumplir con las funciones del pabellón como objeto arquitectónico en cuanto tal y a su función de espacio para estar y descansar, que por lo tanto tenía que sostenerse, aguantar el peso de dos o tres personas, ser cómodo, acogedor y generar privacidad; 2. Relacionarse con objetos y personas, iluminándose y cambiando de color, simulando empatía y acuerdo; 3. Relacionarse con las personas que se acercan, recibiendo los datos de dicha cercanía y reaccionando con cambios de forma que simularan estados de ánimo tales como miedo y tranquilidad. La estabilidad y el confort se lograron fácilmente a través de la geometría de base de los componentes, la firmeza de las uniones, la conformación general de ovoide alargado en la base y el tipo de porosidad de las piezas. A su vez, para manifestar los comportamientos, fue necesario programarlos en cuanto tales y estudiar como relacionarlos con la forma.

Para expresar el cambio de color (Fig.10), todas las piezas tenían que contener elementos capaces de iluminarse, conectados con el sensor, con un Arduino y, por supuesto, entre ellos; este sistema, aparentemente sencillo, se mostró más complicado de lo previsto debido a la gran cantidad de componentes a iluminar, o sea, todas las piezas del pabellón menos las de la base, y las largas distancias entre los elementos; además cada led, por ser RGB y por tenerse que conectar con los datos del sensor y con la electricidad, requería cinco cables diferentes, lo cual generó una gran cantidad de conexiones que necesitaban un espacio adecuado donde poderse colocar.

Otro tema fue la programación del sensor de color, ya que estando el pabellón en un espacio semi-abierto, para poder lograr el efecto mimético, se tuvieron que calibrar los parámetros de cada color varias veces antes de lograr el efecto mimético buscado. La luz llega a las piezas de manera indirecta y se percibe tanto dentro del pabellón como fuera, gracias a la lycra que recubre los componentes en la parte exterior y a la conformación de las piezas internas de los mismos.

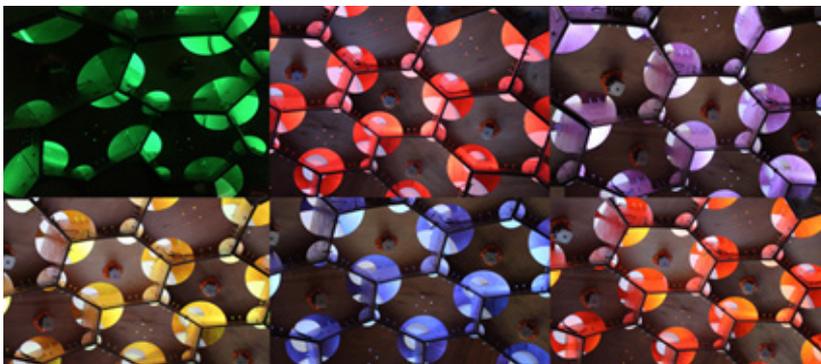


Figura 10: Bicho VII: comportamientos, mimetismo.

Fuente: Daniela Frogheri.

Cabe decir que en este caso la conexión entre el comportamiento y la morfología no está estrictamente limitado al mimetismo, sino más bien a la posibilidad de iluminar las piezas y hacer que cambien de color; lo cual permite la posibilidad de programar otros comportamientos, adaptándose a otras situaciones o circunstancias, enviando mensajes que se pueden expresar a través de la luz, con sólo cambiar el código, evidenciando aún más el gran potencial de comunicación del sistema (Fig.11).

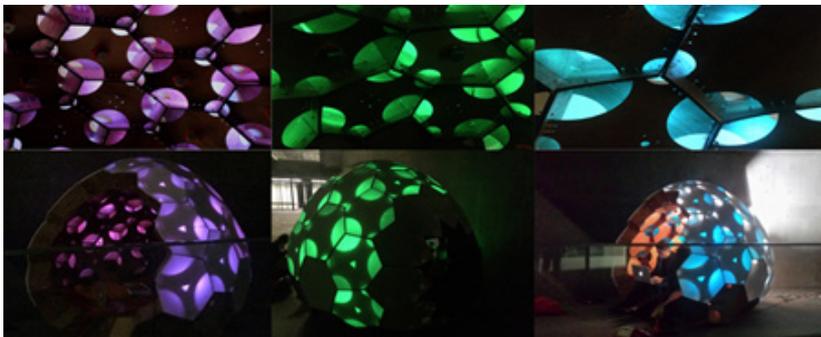


Figura 11: Bicho VII: comportamientos, mimetismo.

Fuente: Daniela Frogheri.

En cuanto al comportamiento vinculado al acercarse de las personas (Fig. 12 y Fig. 13), se pensó en la sinestesia y en las reacciones de ciertos animales (Hall, 1971), cuya piel puede pasar de una condición lisa o redondeada a un estado puntiagudo; se pensó por lo tanto en generar estas dos condiciones en los componentes del pabellón, que en estado neutro o normal se muestran como lisos y generan en conjunto una forma redondeada, que simula un estado de tranquilidad, mientras que al acercarse las personas, detectadas con un sensor de proximidad, activan los motores colocados en algunos de los componentes, y generan el desplazamiento de los pistones, formando una punta en cada uno de ellos; dando al pabellón un aspecto de “asustado”, o “defensivo”, o “sorprendido”, al acercarse las personas, simulando una primera reacción, para después volver al estado “relajado” cuando la persona se acerca más para sentarse.

El diseño y la programación de esta parte fueron a la vez muy interesantes y complejos, empezando desde el diseño del movimiento en sí y de los componentes físicos para lograrlos, pasando por la calibración de los sensores, hasta la complejidad de las relaciones entre los motores, su cableado y la distribución de la energía; lo cual hizo que esta parte del sistema funcionara de la manera deseada sólo en algunas partes del pabellón, encontrándose todavía en fase de ajuste.

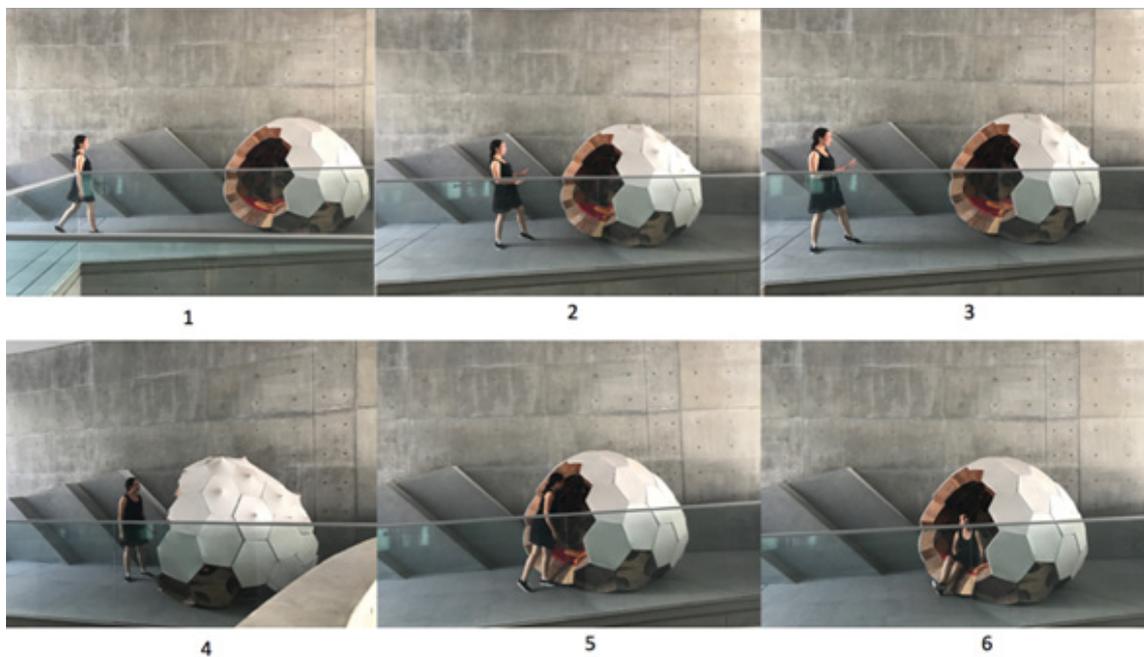


Figura 12: Bicho VII: comportamientos, proximidad.
Fuente: Daniela Frogheri.

Sin embargo, no obstante los inconvenientes mencionados, el sistema en general funciona muy bien y el pabellón, sensible a los colores y a las personas, manifiesta sus comportamientos a través de su misma forma, siendo estos mismos parte de su naturaleza, como fue planteado desde el inicio. Lo cual se considera un gran éxito, determinando un primer paso hacia aquella trascendencia de la relación entre el objeto arquitectónico y “lo demás” dictada por las actuales posibilidades de comunicación, buscada desde el inicio de la investigación.



Figura 13: Bicho VII: comportamientos, proximidad.
Fuente: Daniela Frogheri.

CONCLUSIONES

Uno de los puntos fundamentales de este trabajo fue lograr establecer una relación entre el objeto arquitectónico y “lo demás” trascendiendo desde el concepto de edificio tradicional hacia los comportamientos de los seres vivos, pero a la vez sin dejar de ser espacio habitable y por lo tanto de funcionar también como tal (Costa, 2009). Dicha consideración es muy importante ya que en general las investigaciones sobre objetos que se “comportan”, según lo antes mencionado, o son meramente la satisfacción de funciones, o se realizan como instalaciones artísticas, o se concretan como objetos que reciben y actúan, pero que en general dejan de ser espacios habitables. Sin embargo, en un mundo donde todo se conecta o tiene el potencial de hacerlo, y donde las cosas se definen por su capacidad de relación y de interactuar con “lo demás”, los espacios necesitan también ser pensados como sistemas cuyas conformaciones contienen en sí dicha capacidad de comunicación.

Los comportamientos elegidos para este estudio, aunque seleccionados con toda la intención de generar cierto tipo de relación entre el pabellón y las personas, al fin de enviar determinados mensajes, en realidad se pueden considerar también como un primer pretexto para evidenciar el poder de la comunicación y abrir las puertas hacia el estudio de otras posibilidades de relación; lo cual es uno de los objetivos futuros de la línea de investigación “Bichos”.

El trabajo presenta algunos puntos débiles, entre los cuales figurarían la necesidad de encontrar una manera más sencilla y elegante de mover las piezas que producen variaciones de forma; así como las conexiones entre los datos de entrada y las acciones consecuentes, de momento realizadas con una elevada cantidad de cables, que se podrían estudiar de otra manera; aun así, se logró plantear la relación con el contexto como un elemento de diseño que participa en la morfología, lo cual da una nueva dimensión al concepto de proceso de generación de la forma fortaleciendo la idea del proyecto como sistema y la voluntad de trascender.

Otro tema que se evidenció, y que determinó realmente un gran aprendizaje para los estudiantes, fue la comprensión de las posibilidades de extensión del campo de acción del arquitecto y del diseñador en general: además de tener su primer acercamiento con el mundo del diseño computacional y de la fabricación digital, los alumnos, al relacionarse de manera directa con el equipo del FabLab Monterrey, pudieron entrar en contacto con otra capa del *Hacer Avanzado*, que comprende el desarrollo de códigos, el uso de dispositivos electrónicos, la capacidad de leer y devolver datos y acciones en tiempo real; lo cual les proporcionó todo un mundo de posibilidades para sus futuros proyectos.

Así como mencionado en varias ocasiones en este escrito, el trabajo aquí presente surge desde una investigación más amplia, donde esta etapa, además de ser una evolución, se puede considerar como un nuevo recorrido que mira hacia el estudio de las posibles relaciones entre arquitectura y contexto que llevan los avances de la tecnología y el potencial de su difusión masiva hacia el mundo de los espacios habitables. Por lo cual la investigación no se cierra con este pabellón, sino más bien es material para nuevos avances, donde se ven claramente dos ramas que se podrían desarrollar tanto por separado como juntas.

La primera, dirigida hacia el estudio de objetos sensibles, donde el interés está no sólo en la definición de la lógica de las formas, es decir en el “cómo son” y en el “cómo se hacen”, sino también en “lo que hacen” y en “cómo se comportan”. La segunda, siempre basada en el comportamiento, subraya la necesidad cada vez más relevante de relacionarse con los seres vivos a la hora de desarrollar arquitecturas a cualquier escala. La capacidad de los sistemas de variar en base a las relaciones entre elementos internos y factores externos, ya sea tanto en su forma digital como en su forma material, nos lleva a los conceptos de adaptación propia de la vida (Wagensberg, 1999),

de autopoiesis (Maturana y Varela, 1973), de homeostasis (Gere, 2002), y de resiliencia, todo propio de los seres vivos y de los sistemas que los componen. Así, las cosas vistas de tal manera se parecen mucho más a seres vivos que a pedazos de materiales inertes.

El control y la programación de la relación de tales objetos con otros sistemas, junto con la universalidad del lenguaje digital, permiten varias formas y maneras, en algunos casos simbólicas y superficiales y en otros realmente muy profundas, de comunicación e interacción directa con los seres vivos que también entran a formar parte del sistema, generando otras formas de pensar y de hacer. Quizá las más avanzadas entre todas, que ya se aplican en varios campos, como la bioingeniería y la medicina por citar sólo los ejemplos más relevantes, y que ya se están acercando cada vez más al mundo de la arquitectura y del diseño, hasta hacerse realidad. Hasta ahora en el proyecto Bichos la introducción de la vida ha sido experimentada a través de la comprensión de criterios de organización, procesos de generación de las formas y la simulación de comportamientos de seres vivos en relación entre ellos. El paso siguiente es la integración de tales elementos vivos como parte activa de los sistemas, que se convierte en el reto principal de las investigaciones futuras.

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial al equipo del FabLab Monterrey, a los alumnos del estudio de Elementos de la Arquitectura de la generación de otoño 2016, y a Guillermo I. López Domínguez, por sus preciosos consejos para la explicación del trabajo.

REFERENCIAS

- Costa, M. (2009). *Psicología ambiental e architettonica*. Milán: copyright 2009 by Franco Angeli s.r.l., Milán, Italia.
- De Kerckhove, D. (1999). *Inteligencias en conexión: hacia una sociedad de la web*. Barcelona: Editorial Gedisa. (Obra original publicada en 1997).
- Froggeri, D. (2018). *Entre el pensar y el hacer avanzados* (tesis doctoral). Barcelona: Universitat Internacional de Catalunya.
- Froggeri, D.; Estévez, A. T. (2016a). "Entre el pensar y el hacer avanzados". En AA.VV., XX Congreso de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital, Blucher Design Proceedings, v. 3, n. 1. São Paulo: Blucher, pp. 219-226.
- Froggeri, D.; Estévez, A. T. (2016b). "Transynaesthesia: Mapping, visualizing and materializing human synaesthesia to think and make multisensorial things". En AA.VV., XX Congreso de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital, Blucher Design Proceedings, v. 3, n. 1. São Paulo: Blucher, pp. 824-830.
- Gere, C. (2002). *Digital Culture*. Londres: Reaktion Books Ltd.
- Gershenfeld, N. (1999). *When Things Start to Think*. Nueva York: Henry Holt and Company Inc.
- Hall, E. (1971). *La dimension cachée*. París: Éditions du seuil.
- Maturana, H.; Varela, F. (1973). *De Máquinas y Seres Vivos*. Santiago de Chile: Universitaria Santiago de Chile.
- Ramachandran, V. S.; Hubbard, E. M. (2001b). "Synaesthesia: a window into perception, thought and language". *J. Consciousness Stud.*, 8, pp. 3-34.
- Wagensberg, J. (1999). "Complejidad e Incertidumbre". *Mundo Científico*, 201, Mayo 1999.

Daniela Froggeri
daniela.froggeri@udem.edu

Fernando Meneses-Carlos
fernandomeneses@nodolab.com

Alberto T. Estévez
estevez@uic.es