

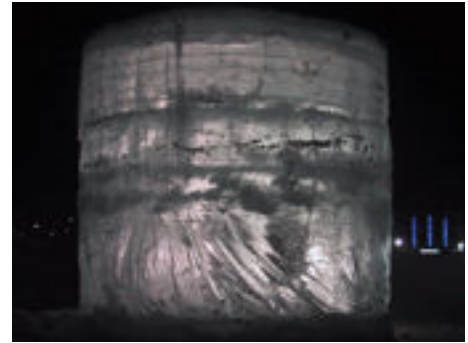
ALGORITMO GENERATIVO
Sobre el uso de Herramientas y Procesos Digitales Sofisticados
que Incentiven Nuevos Enfoques Académicos en la Arquitectura Dominicana

Prof. Juan R. Castillo Molina, Dr. Eng.,
Hiroshima University, Japón
Profesor Titular Escuela Arquitectura UNIBE

Arq. Jacobo Arismendy, PgDip.,
Arquitectura & Tecnología, Universidad Torcuato Di Tella, Argentina
Diseño Paramétrico, Universidad de Palermo, Argentina
Profesor Invitado Escuela Arquitectura UNIBE

0.0. INTRODUCCIÓN

En diseño computacional, un algoritmo es una secuencia de instrucciones que, procesadas, deviene un listado infinito de opciones para resolver problemas de diseño. Es un proceso tripartito donde primero el diseñador introduce y codifica los datos necesarios (input), segundo, el programa ofrece una serie ilimitada de respuestas (output), y tercero, el arquitecto escoge la opción óptima para formalizar su propuesta. Es decir, el arquitecto, cuyo rol tradicional era encontrar soluciones basadas en conocimientos finitos, es ahora transformado en un agente sensible que toma decisiones basadas en una gama infinita de posibilidades programadas.



El diseño generativo, al igual que todo proceso arquitectónico, necesita pasar de la imaginación a la materialización. En el caso digital, la industria ha venido introduciendo mecanismos y simulaciones que auxilien la rápida traducción de las ideas de un medio a otro garantizando productos con precisión impecable (por ejemplo, las impresoras 3D, los visores de realidad virtual (VR) y los robots programados para manufacturar piezas).

Hoy día, las herramientas digitales sofisticadas forman parte de la enseñanza en las escuelas de arquitectura internacionalmente, y han pasado de experimentaciones teóricas a realidades de la práctica profesional. En el caso nacional, para poder tener éxito en este proceso tendremos que adaptarlo a nuestra idiosincracia constructiva, pero antes tenemos que ir introduciéndolo como estrategia pedagógica que agilice la comunicación docente/estudiante y proporcione sistemas de producción y evaluación innovadores.

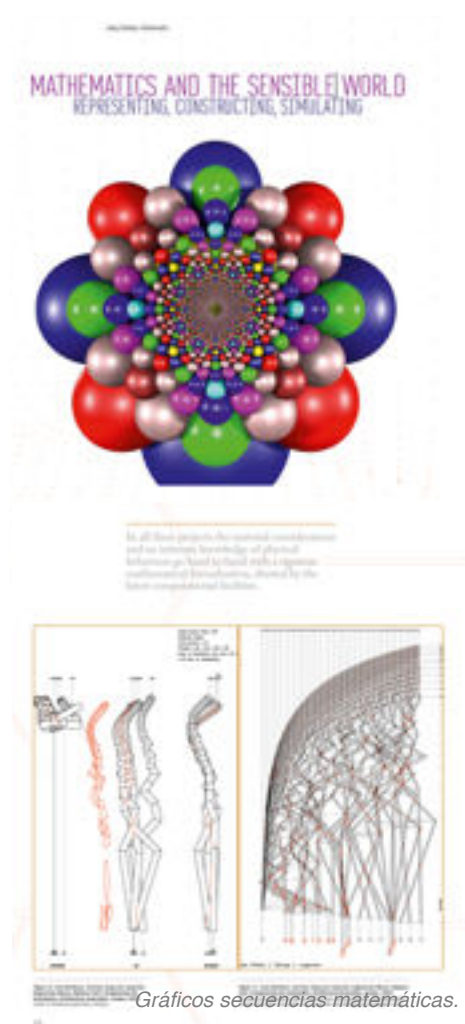
Eventualmente, esto nos llevará a que la industria y la academia trabajen finalmente juntas para abrir nuevas carpetas de producción en la economía Dominicana.

La presente investigación se presentó en el Simposio Internacional de Arquitectura Vítrea, coordinado y presentado por los autores en UNIBE en Marzo del presente año, con el objetivo de motivar el aprendizaje de estas herramientas en las escuelas de arquitectura. El contenido de la misma está organizado de acuerdo a una secuencia didáctica:

Primero se presentará el concepto Algoritmos Vivos | Inteligencia Artificial desarrollado a través de los temas: Algoritmos Vivos, Computación Evolutiva, Simulación, Optimización Estructural, Biomemesis y Programación, y Superficies Interactivas.

Segundo, el concepto Virtualidad | Materialidad está desglosado a través del tema único De lo Digital a lo Físico.

Esta publicación debe tomarse como introducción al tema, y se espera que su discusión incentive la relación entre innovación pedagógica y práctica arquitectónica, y así despierte el interés de estudiantes y docentes de arquitectura hacia estos procesos fundamentales de nuestra contemporaneidad.



1.0 ALGORITMOS VIVOS

1.1. Computación Evolutiva.

1.1.1. Ejemplo educativo de Galapagos. Arie-Willem de Jongh.

La computación evolutiva se inspira en la biología. Utilizan las mismas técnicas como la reproducción, mutación, selección y recombinación. El cálculo evolutivo se remonta a 1948, cuando Alan Turing propuso el término "búsqueda genética o evolutiva". El conjunto de variables o población se puede trazar en el paisaje y con cada iteración los genomas que son menos aptos se descartan y los que están lo suficientemente en forma generará descendencia y llevar a la siguiente iteración y así sucesivamente hasta que se encuentra un óptimo.



Simulación de Optimización.

Este es un ejemplo de una optimización volumétrica para un proyecto basándose en factores como: volumen total, programa de áreas y superficies, orientación climática, implantación e integración urbana inmediata.

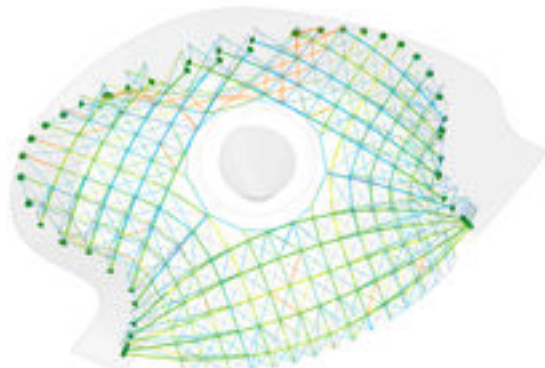
1.2. Optimización Estructural

1.2.1 DAWANG MOUNTAIN RESORT. Coop Himmelb(l)au y diseño estructural Bollinger + Grohmann.

Aquí podemos visualizar un proceso de optimización estructural, particularmente en la estructura de los cimientos. Esta va calculando una y otra vez los posibles esquemas de la estructura metálica hasta lograr la que cumpla la mayoría de los requisitos establecidos.



Modelo tridimensional de estructura



Simulación de optimización estructural

1.3. Biomímesis

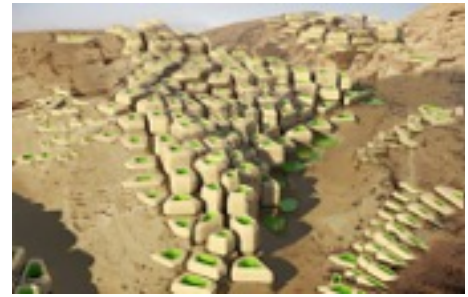
Es interesante ver cómo dos proyectos de distintos autores utilizan un proceso algorítmico similar (concepto de eco-máquinas), y, logran resultados formales y organizativos muy distantes de uno a otro.

1.3.1. Ka-Care. Ecologic Studio + Carlo Ratti

Mediante un proceso algorítmico se desarrolla un código que genera el crecimiento y la evolución de la ciudad según las especificaciones ambientales del territorio.

El algoritmo urbano es concebido como una máquina, típicamente definida por una lista de instrucciones para completar una tarea o para resolver un problema. Las instrucciones describen un cálculo que procede a través de una serie definida de estados sucesivos. Dentro del marco del proyecto estas reglas se han establecido con el propósito de concretizar la información extraída del medio ambiente y los prototipos arquitectónicos en un coherente e incorporado resultado.

Iniciando con la información morfológica del paisaje, aguas subterráneas, radiación solar y dirección del viento, un algoritmo inicialmente se utilizó para producir una serie de mapas y para sobresaltar una malla de parcelas con diferentes grados de atractivo para albergar el núcleo de la ciudad. Alimentando los espacios virtuales con información relacionada a condiciones económicas y tecnológicas como también creando tipologías y grados de conectividad dentro de la ciudad.



Visualización

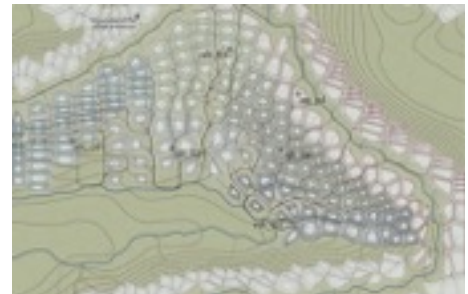
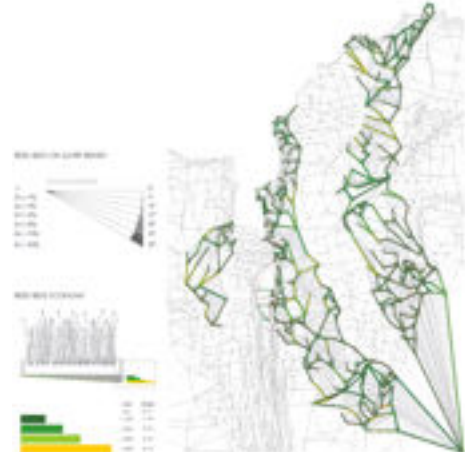


Diagrama en planta



Esquema de análisis

1.3.2. Artificial Biotic Corridors, Eco-Resort. AION

Los corredores bióticos son infraestructuras naturales las cuales habilitan el intercambio de la tierra y el mar. Mientras colectan y purifican el agua también fertilizan la tierra y fomentan la vida, activando la biodiversidad.

Uno de los aspectos interesantes de este proyecto es que se retro-alimenta directamente de la data que le suministran los canales subterráneos de agua y a partir de ahí en conjunto con los parámetros genera los aspectos tanto formales como funcionales del proyecto.



Visualización

1.4. Superficies Interactivas

1.4.1. Sistema Adaptativo Espacial. Cubierta Auto-Responsiva.

Jacobo Arismendy, Universidad de Palermo 2014.

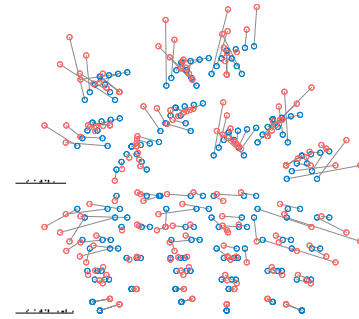
Uno de los aspectos interesantes de este proyecto es que combina 3 tipos de interacciones: el software, donde se desarrolla todo el concepto y proceso de diseño; el hardware, donde realizamos contacto y conexión con el exterior; y la interface, donde el usuario establece una comunicación con el sistema y donde el sistema responde al input del usuario.

La investigación del proyecto inicia con el análisis del Sistema de Lindenmayer (Sistema L). Es un sistema paralelo repetitivo de una gramática formal, una estructura abstracta que describe un lenguaje formal mediante secuencias de diversas cadenas. Dentro de la misma está la gramática analítica y la gramática generativa.

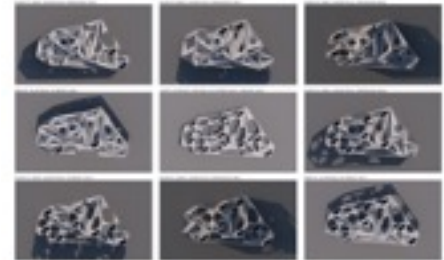
Este trabajo está enfocado a la gramática generativa que es la que formaliza un algoritmo que genera cadenas en el lenguaje definido y consiste en un conjunto de reglas de reescritura para transformar las cadenas, a partir de un símbolo de inicio aplica iterativamente las reglas para reescribir la cadena.

Aplicando parámetros como escala, apertura y densidad analizamos el proceso de evolución el cual nos permite estudiar el comportamiento del sistema. Como resultado obtenemos un sistema que a través de su modulación y/o subdivisión natural nos permite infinitas iteraciones globales, de esta manera siempre trabajamos con los mismo elementos localmente.

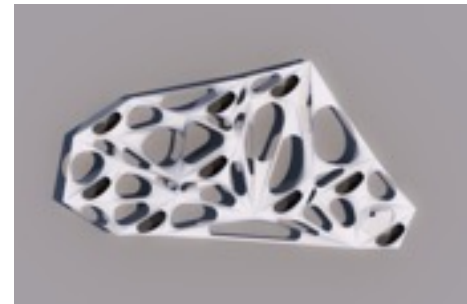
Mediante sistemas algorítmicos se crean sistemas y sub-sistemas espaciales los cuales dan respuesta a condiciones de lugar, terreno y clima. Sistemas con condiciones globales de adaptación y transformación, sub-sistemas que con dispositivos locales responden a situaciones naturales.



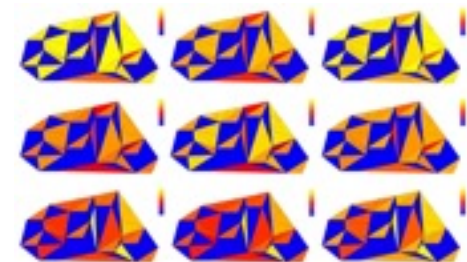
Esquema descomposición.
Planta y Elevación.



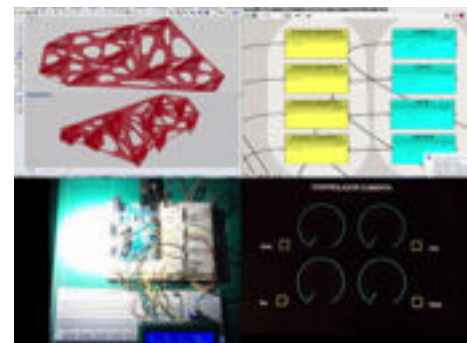
Visualización. Aperturas y cerramientos.



Visualización. Mayor apertura.



Análisis de radiación solar.



Ambientes de interacción.

2.0. VIRTUALIDAD I MATERIALIDAD

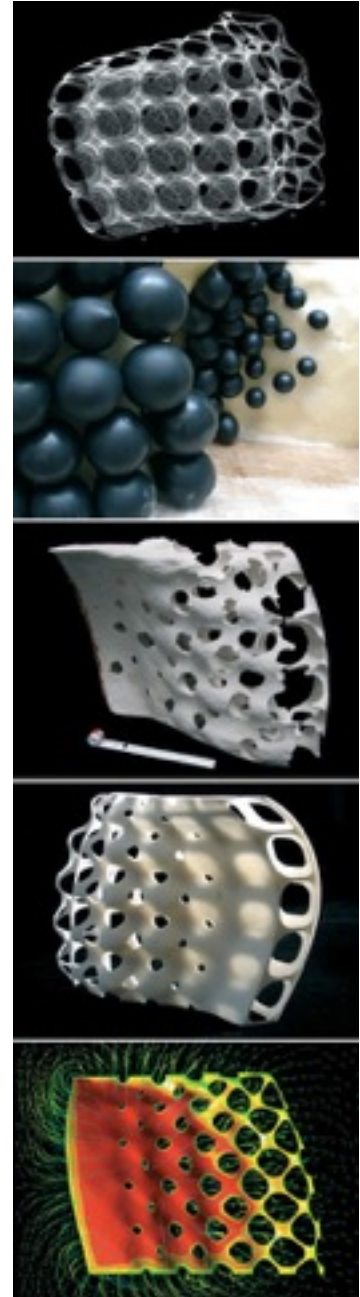
2.1. De lo Digital a lo Físico

2.1.1. Porous Cast. Gabriel Sanchiz Garin, Diploma Unit 4 (Michael Hensel and Achim Menges), Architectural Association, 2005-06.

El análisis es crítico durante el proceso de desarrollo morfológico, no solamente estableciendo criterios óptimos relacionados a temas estructurales y capacidades ambientales, pero también revelando la materialidad y las tendencias del comportamiento geométrico del sistema.

La investigación se centralizó en el proceso de formación de diatomeas y radiolaria. Las diatomeas son unicélulas o algas coloniales.

La fase inicial del sistema material desarrollado se enfoca en la producción de un marco de esqueleto articulado a través de espacios intersticiales dejados entre contenedores a presión. Mediante un proceso de experimentación y relaciones paramétricas como: volúmenes, forma, condiciones térmicas y espesor de cada elemento, se logró definir parámetros que nos permiten resultados, mostrando una comprensión muy definida de la morfología del elemento vivo.



Esquema digital.
Modelo físico.
Análisis de estrés morfológico.

2.1.2. Taller Domo. Jacobo Arismendy, Lucila Bacca, Juliana Botoni, Monica Cifuentes, Eleonora Marino & Fernando Robles. Universidad Torcuato Di Tella 2014.

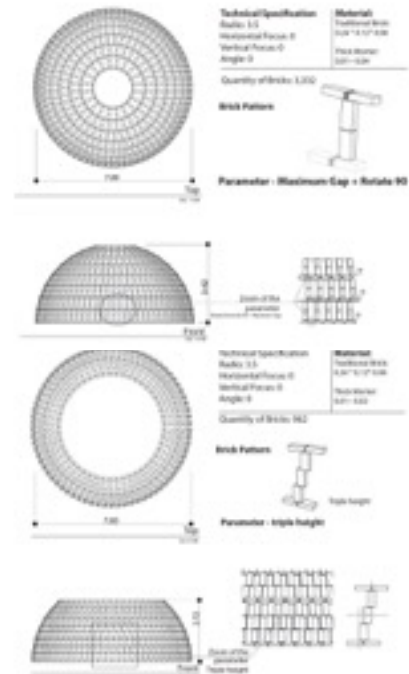
Este proyecto tuvo como propósito explorar los métodos constructivos de los domos de ladrillos de Fabrizio Carola en Africa posteriormente evolucionado por el estudio AION.

Lo interesante del proyecto es el proceso de la retroalimentación entre el modelo digital y el modelo físico, en el cual cada uno enviaba información que el otro no veía por la naturaleza de la tecnología y a partir de estos intercambios se fue creando la optimización de los modelos finales.

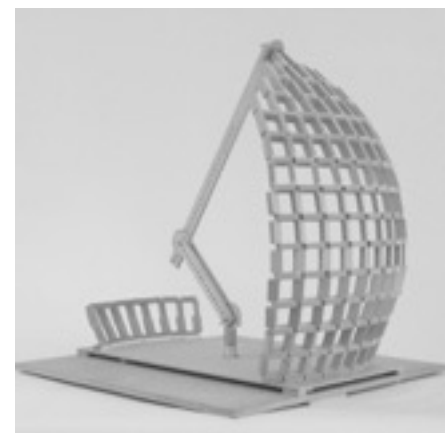
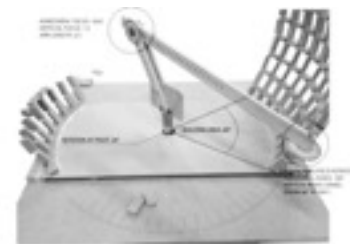
Este proyecto en particular trabajó en las posibles modificaciones e iteraciones de los patrones locales del ladrillo, de esta manera obtener soluciones de permeabilidad y de menor masa. Durante el proceso se creó una serie de variaciones paramétricas que permitieron automáticamente verificar e identificar las soluciones

Algunos de los parámetros son: rotación, desplazamiento, apertura, entre otros.

Simultáneamente se construyó un modelo físico(sección del domo) a escala 1:75, este nos permitió un constante intercambio de información entre el modelo digital y el físico. El mismo, tiene un eje de pivot central con rotación en dos ejes, el foco en la parte opuesta al muro con rotación en un eje y en la punta el goniómetro que nos permite la rotación local del mampuesto.



Parámetros de variaciones(digital).



Visualización.

Modelo análogo esc. 1:75.

2.1.3. Analogía. “Taller” impartido por AION / “Muro de Ladrillo” Gramazio and Kohler.

Domo diseñado digitalmente y de construcción análoga (mismo método que el “Taller Domo”) y muro de ladrillo diseñado y construido digitalmente.



2.1.3. Shellstar Pavilion I Wan Chai, Hong Kong, 2012. Andrew Kudless / Matsys.

Shellstar es un pabellón temporal ligero que maximiza su desempeño espacial mientras minimiza la estructura y el material. Ubicado en un lote vacío dentro del distrito de Wan Chai de Hong Kong, el diseño surgió de un deseo de crear un vórtice espacial por el cual los visitantes se sentirían atraídos hacia el centro del pabellón y posteriormente retirados hacia el sitio del festival más grande. Trabajando totalmente dentro de un entorno de modelado paramétrico, el diseño se desarrolló e iteró rápidamente en 6 semanas de diseño, fabricación y montaje. El proceso de diseño se puede dividir en 3 procesos que fueron habilitados por técnicas avanzadas de modelado digital:

•Form Finding

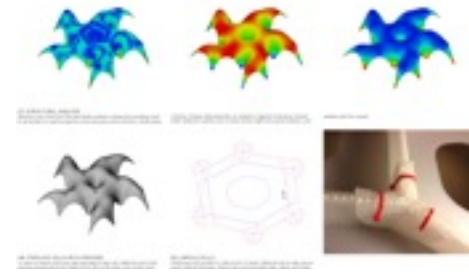
La forma surgió de un proceso digital de búsqueda de formas basado en las técnicas clásicas desarrolladas por Antonio Gaudí y Frei Otto, entre otros. A través de herramientas digitales se utilizaron algoritmos que trabajan la morfología y la auto organiza en las superficies de empuje, similares a las catenarias que están alineadas con los vectores estructurales y permiten profundidades estructurales mínimas.

•Optimización de superficies

La estructura se compone de casi 1,500 células individuales que son todas ligeramente alabeadas. En realidad, las células deben doblarse ligeramente para asumir la curvatura global de la forma. Sin embargo, las células en sí deben de ser planas. Utilizando una secuencia de comandos personalizada, cada célula se optimiza para eliminar cualquier doblez interno y hacerlas planas, lo que simplifica enormemente la fabricación.

•Planificación de la fabricación

Usando más scripts de personalizados, cada celda se despliega y es preparada para la fabricación. Las pestañas de las celdas y las etiquetas se añadieron automáticamente y se analizó la orientación de las células y luego se giraron para alinear las acanaladuras del material de coroplast con la dirección de flexión principal de la superficie.



Simulación y Análisis morfológicos.



Foto exterior instalación.



Foto interior instalación.

2.1.4. Elytra Filament Pavilion | London, 2016. ICD + ITKE.

El pabellón es un ejemplo impresionante de la creciente influencia de la robótica en la arquitectura. Sus módulos individuales fueron definidos por un algoritmo y luego producidos con la ayuda de un robot industrial, realizado por un equipo de la Universidad de Stuttgart.

Es el resultado de cuatro años de investigación innovadora sobre la integración de los principios de arquitectura, ingeniería y biomimética. Los componentes "Elytra Filament Pavilion" han sido fabricados por un robot de la Universidad de Stuttgart. La estructura de 200 metros cuadrados se inspira en los principios ligeros de construcción que se encuentran en la naturaleza: las estructuras fibrosas de los caparazones de los escarabajos voladores conocidos como elytra.

La cubierta de Elytra está formada por 40 celdas hexagonales. En promedio pesan 45kg cada una y tardan unas tres horas en hacer. Estas células y las siete columnas de apoyo fueron creadas por un robot Kuka programado por un ordenador en un proceso de construcción de cuatro meses en el Laboratorio de Construcción Computacional del ICD en Stuttgart. Para hacer cada componente, el robot entretejió vidrio y fibras de carbono empapadas en resina sobre un andamio hexagonal antes de endurecer. Cada celda y columna es individual. Su forma final de fibras densamente arrolladas es un resultado directo de las condiciones cambiantes de tensión determinadas a través de la simulación y análisis estructural llevadas a cabo por el ITKE. Esto permite una estructura excepcionalmente ligera que pesa menos de 9kg por m², lo que equivale un peso total del pabellón de 2.5 toneladas.



Foto exterior instalación.



Foto interior instalación.



Foto. Ensamblaje robótico de módulos.

3.0. CONCLUSIÓN

El eje que impulsa esta investigación tiene como propósito desarrollar una nueva manera de ver, entender y ejecutar los métodos y procesos de diseño. De manera tal que todos los elementos involucrados en el mismo sean parte íntegra del proceso. El lugar, el paisaje, la ciudad, la sociedad, la arquitectura y la tecnología deben actuar bajo el mismo sistema, cada sistema específico a sus reglas. Estas reglas establecidas específicamente para cada sistema.

En el paisaje se mezclan aspectos tangibles e intangibles. La incidencia del viento nos dice cuál es el flujo natural de la zona, cuál sería la fluidez con menos incidencia o más bien cómo sería la fluidez espacial del proyecto. El recorrido solar nos habla de cómo son los contrastes, los colores y a posteriori nuestras aperturas y espacios blancos, negros y grises. En casos, las corrientías de aguas subterráneas y/o superficiales son las principales catalizadoras del emplazamiento y/o cierta ubicación del proyecto. El terreno nos hace recorrer sus desniveles o sus no desniveles los cuales asumimos como cualidades y rasgos vivos.

Por otro lado la ciudad nos permite entender cómo hemos ido construyendo los espacios urbanos, los públicos, los privados y los intermedios. Cómo es el movimiento de la ciudad, es un dato fluido con el cual se crean análisis de densidades y futuras expansiones. Cómo se han venido dando las evoluciones, los cambios, cómo la tecnología ha sido escenario de esas transformaciones. La tecnología ha sido un factor crítico en los últimos 30 años, ha revolucionado la forma en que vivimos, trabajamos, y como diseñamos. Esto se ha reflejado en la ciudad tanto de manera positiva como negativa.

En conexión, la sociedad ha adoptado diferentes posturas y posiciones acerca de cómo el nuevo panorama global que ha sido tan influyente, cada vez estamos más conectados y más dependientes de los medios, de las tecnologías, tanto para el día a día personal como para el profesional. Las conexiones se dan a un nivel muy rápido, todo fluye muy rápido, el flujo de información que una persona maneja en el día es extremadamente mayor al que se manejaba unas décadas atrás. Pareciera ser que se ilustran de proyecciones que constantemente les modifican el pensamiento, la forma de reaccionar, donde hay a quienes los potencia y a quienes debilita. La tecnología viene con un cierto peso, con una responsabilidad de uso, la cual hay que asumirla con formalidad y discreción. La misma que nos expone nos destruye.

Hoy en día hay muchas propuestas arquitectónicas, en proyectos y en obra, en las que podemos seguir esa evolución. Desde los primeros planteamientos e imágenes digitales hasta algoritmos que definen nuestro espacio. Entendemos que la arquitectura debe dar respuesta a los problemas que se han discutido. En muchos casos se da la situación en la cual la arquitectura no responde a los principales temas del porqué en un principio se inició a hacer arquitectura. Si vemos el primer “espacio” desarrollado y/o apropiado por un ser humano, fue un espacio primordialmente para satisfacer la necesidad del habitar, el cual siempre estuvo conectado al lugar, el paisaje, la ciudad, la sociedad y la tecnología del momento.

Cuando se habla de tecnología, se habla de todo lo que ha ido evolucionando y revolucionando nuestra manera de vivir, pensar y actuar. Actualmente la sociedad se ha vuelto excesivamente dependiente de la tecnología, para la mayoría de las actividades tenemos una rutina tecnológica, esta con sub-listas de actividades. Cuando se habla de algoritmo la mayoría de las personas automáticamente piensan en “computadoras”, sistemas informáticos, y sí, tal vez tienen razón. La palabra algoritmo se hizo popular con la computación, pero la realidad es que se emplea en diferentes áreas como la matemáticas, la lógica y en disciplinas relacionadas.

Los algoritmos los aplicamos en el diario vivir de manera inconsciente, los algoritmos mentales los aplicamos cada vez que tenemos que seleccionar, si tomamos la decisión de tomar té o tomar café a la mañana antes de salir al trabajo, de camino al trabajo si giramos a la derecha en la luz o si seguimos recto. Estas lógicas de pensamiento son las que mantienen las tomas de decisiones en el día a día.

Están los algoritmos informáticos los cuales, de igual manera que los mentales, nos permiten realizar tareas, desde aplicaciones computacionales, hasta la más mínima simulación de una representación de un modelo digital arquitectónico. Los algoritmos ayudan a estructurar la información, la manera de visualizar, aportan a sistematizar los pensamientos estructurados y a traducirlos a propuestas arquitectónicas.

Se podría pensar que estos planteamientos los vemos de manera segregada, pero la realidad es que hay una urgencia para integrarlos. La arquitectura debe dar solución a todos estos problemas, que algunos de estos problemas son más recientes o han aumentado en las pasadas décadas, sí, es así, pero hay que estar consciente de que estos problemas no van a desaparecer si no más bien se intensificarán. El paisaje es algo que con el pasar del tiempo solo se convertirá más vulnerable por el cual tendremos que actuar con más responsabilidad y sutileza. La ciudad cada vez más se está convirtiendo en una más compleja y densa, y eso lo vemos en las ciudades de subdesarrollo contra grandes ciudades de países desarrollados, vemos hacia dónde van, por lo tanto hay que anticipar hacia dónde van esas grandes metrópolis que no tienen punto de referencia. De mano de la tecnología pareciera que todo es posible, y nos ha brindado un gran potencial de desarrollo, pero a la vez es muy delicado, hay que establecer una línea muy fuerte de hasta qué punto llega la tecnología y hasta dónde llegamos nosotros los seres humanos.

Juan Castillo

Arquitecto y docente interesado en filosofía, musicología, ciencia, tecnología y arquitectura. Por ocho años formó parte de Shearly Investments, Inc., / INICIA (antigua VICINI) trabajando en varias áreas como arquitectura, diseño industrial, urbanismo y arte. Juan es docente en la Universidad Iberoamericana (UNIBE), ha sido jurado de proyectos finales de Maestría en Columbia University (NYC, USA) y ha funjido como presidente del concurso nacional para estudiantes de arquitectura ADOACERO. En 2002, Juan obtuvo el grado de Doctorado en Arquitectura en la Universidad de Hiroshima (Japón) luego de graduarse de la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU). En su joven trayectoria, su trabajo e investigaciones se han expandido a través de intercambios interdisciplinarios con Japón, Berlín, Brasilia y Nueva York. Actualmente, Juan es miembro del Instituto de Arquitectos de Japón (AIJ), del Colegio Dominicano de Ingenieros Arquitectos y Agrimensores (CODIA) y de la Sociedad de Arquitectos de la República Dominicana (SARD); es fundador de la firma *FUTURA*, Arquitectura Emergente, y de *INDUSTRIA*, Laboratorio de Arquitectura Emergente.

Jacobo Arismendy

Egresado de la Escuela de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU). Especializado en Arquitectura y Tecnología por la Universidad Torcuato Di Tella y en Diseño Paramétrico en la Universidad de Palermo en Buenos Aires, Argentina. Anterior a sus especialidades trabajó en LMCAD y luego en ORBITARQ, Santo Domingo, donde desempeñó como encargado de taller y encargado de proyectos respectivamente. Durante su estadía en Argentina laboró en el Estudio RBL Arquitectos donde trabajó en el área de diseño y tecnología. También participó como docente de Proyectos en la Universidad de Morón y formó parte de algunas conferencias y talleres especializados. Actualmente practica la profesión en República Dominicana como fundador/director del estudio *RAAD*, Arquitectura & Diseño, y fundador de *Studiosotipo*, Investigación Desarrollo & Aplicación de Tecnologías en Arquitectura.

4.0. BIBLIOGRAFÍA & REFERENCIAS

- Architectural Design 77, Elegance.
- Architectural Design, Mathematics of Space.
- Artificial Corridos. AION.
- Inclusive Performance: Efficiency Versus Effectiveness. Achim Menges y Michael Hensel.
- Elytra Pavillion, ICD & ITKE.
- Ka-care, ecoLogic Studio.
- Sistema Adaptativo Espacial. Cubierta auto-responsiva, Jacobo Arismendy.
- Taller Domo. Jacobo Arismendy, Lucila Bacca, Juliana Botoni, Monica Cifuentes, Eleonora Marino & Fernando Robles. Universidad Torcuato Di Tella 2014.
- Shellstar Pavilion. Andrew Kudless / Matsys.
- Frozen Void I Kemi, Finland, 2004. Kivi & Tuuli Sotama. Ernesto Neto.
- Grasshopper, Galapagos. Arie-Willem De Jongh.S