| Carolina Briones

Profesora | Universidad Diego Portales
Facultad de Arquitectura, Arte y Diseño
Escuela de Arquitectura
Santiago | Chile

BITARTESANÍA: Del diseño digital a la manufactura artesanal

[BITARTESANÍA: FROM DIGITAL DESIGN TO TRADITIONAL MANUFACTURE]

Cavas para restaurant de Coco Pacheco. Fotografía de gt_2p

resumen_ El presente artículo hace un seguimiento e intenta retratar el estado del arte actual, en cuanto a la aplicación de conocimientos y herramientas proyectuales de diseño paramétrico o algorítmico en la arquitectura y el diseño de producción nacional, tecnologías que dentro de la última década han comenzado a emerger y proliferar fuertemente en el escenario internacional. Por medio de la presentación de casos construidos a variadas escalas, se develan los procesos de fabricación digital y manufactura artesanal que han sido utilizados en dichas obras. Desde una perspectiva local se discuten y evidencian ciertas dificultades, ventajas y virtudes que estas nuevas plataformas brindan, ya sea al ser abordadas desde un ámbito educacional o profesional.

palabras clave_ diseño paramétrico | fabricación digital | manufactura artesanal | arquitectura icónica

summary_ The present article tracks and attempts to portray the current state of the art in relation to the application of knowledge and parametric or algorithmic design tools in architecture and national production design. These technologies have emerged in the last decade and have become increasingly popular in the international arena. Through the presentation of examples made at different scales, the processes of digital and traditional manufacture used in each work of art are revealed. The difficulties, advantages, and virtues of these tools are discussed and addressed from a local educational or professional point of view.

key words_ Parametric Design | Digital Manufacture | Traditional Manufacture | Iconic Architecture

CAROLINA BRIONES LAZO_ Docente de la Escuela de Arquitectura de la Universidad Diego Portales. Arquitecta de la Universidad de Chile, titulada el 2002, con estudios de pregrado durante el 2000 y 2001 en L'École d'Architecture de Burdeos (Francia) y de postgrado el año 2004 en un Programa de Diplomado de Arquitectura Digital, Diploma en Tecnologías de Representación Digital para la Arquitectura, realizado en la Pontificia Universidad Católica de Chile ¶ Ha desarrollado desde 2005 a 2007 dos programas de magíster en Londres (Reino Unido): MSC Adaptive Architecture and Computation, en The Bartlett School, University College London y MA Computer Imaging in Architecture, en University of Westminster, ambos enfocados al estudio avanzado de las nuevas tecnologías computacionales aplicadas a la arquitectura en base a plataformas de programación y representación. ¶ Ha sido becada para realizar sus estudios por la comisión Europea Alban, por la Universidad de Westminster con The President´s Scholarship y patrocinada por la Universidad Diego Portales de Chile. Se ha dedicado a la docencia de taller en las escuelas de Arquitectura de la Universidad de Chile (2001 y 2005) y desde el año 2001 hasta el presente en Universidad Diego Portales. Ha sido invitada a dar ponencias y realizar workshops en universidades nacionales e internacionales. Su trabajo ha sido expuesto y publicado en diversos medios, galerías y conferencias a nivel mundial. Ha trabajado profesionalmente en Santiago, Burdeos y Londres. ¶ Actualmente se dedica también al desarrollo de proyectos de arquitectura, con un especial énfasis en la introducción de nuevas tecnologías y criterios sustentables.

***CAROLINA BRIONES LAZO_** is a professor at the School of Architecture at Universidad Diego Portales. She has a degree in Architecture from Universidad de Chile (2002) and undergraduate studies at L'École d'Architecture in Bordeaux, France (2000- 2001). In 2004, she received a certification in Digital Representation Technologies for Architecture at the Certification Program in Digital Architecture held at Pontifical Catholic University of Chile. Between 2005 and 2007, she obtained two Master's Degrees in England: Adaptive Architecture and Computation, at The Bartlett School, University College London, and Computer Imaging in Architecture, at the University of Westminster. Both degrees focus on the advance study of new computer technologies applied in Architecture based on software platforms and representation. ¶ She has received fellowships such as: the Alban European Commission, the President's Scholarship from the University of Westminster, and has also been sponsored by Universidad Diego Portales. She has been professor of workshops at the School of Architecture at Universidad de Chile (2001 and 2005), and since 2001, at Universidad Diego Portales. She has been a guest exhibitor and workshop professor in national and international universities. Her works of art have been shown and published in media, galleries, and conferences worldwide. She has worked in Santiago, Bordeaux, and London. ¶ Today, she is dedicated to the development of architectural projects, with an emphasis on the introduction of new technologies and sustainability criteria.*

Grandes manifestaciones de arquitectura y tecnología han sido desplegadas a nivel internacional recientemente gracias a dos singulares eventos llevados a cabo en China: las Olimpiadas de Beijing 2008 y la Exposición Internacional de Shanghai 2010. Ambos han dado muestra al mundo de una arquitectura que genera tecnologías de punta y también hace uso de ellas para poder erigirse. Espectaculares edificios de biomorfologías complejas, geometrías algorítmicas y procesos constructivos automatizados y computarizados (CAM: *computer-aided manufacturing*) han caracterizado parte de la arquitectura internacional icónica y representativa de estos eventos. Dichas características las vimos, en sus primeras manifestaciones, al ser utilizadas por Frank Gehry[1], quien fue el precursor en estrechar el vínculo entre lo que éramos capaces de imaginar y dibujar y lo que somos capaces de construir.

Si a mediados de los años 80 pasamos del tablero manual al dibujo en CAD *(computer-aided design)* y luego nos maravillamos con la modelación tridimensional, hoy conceptos como arquitectura paramétrica, generativa, BIM o fabricación digital nos parecen cada vez más familiares. Es evidente que en tan solo un par de décadas nuestras sociedades y disciplinas se han visto rodeadas de cambios que, gracias a la revolución de las comunicaciones, han logrado propagarse rápidamente sobrepasando toda barrera espacial y temporal que antiguamente como país nos aislaban del resto. La investigación y docencia en Chile así también lo reflejan: se han introducido nuevas tecnologías en el ámbito de la enseñanza universitaria tanto a nivel de software como hardware, lo cual ha llevado a las escuelas de diseño y arquitectura a actualizar sus programas de estudio y equipamientos, donde incluso varias de estas escuelas han implementado nuevos laboratorios de manufactura y fabricación digital, equipados con máquinas de última generación de digitalización tridimensional, prototipizado rápido o bien máquinas de corte de control numérico (CNC).

Sin embargo, ¿cuánto de aquello que vemos, leemos, escuchamos y aprendemos somos capaces de asimilar y traspasar desde un ámbito educacional a uno profesional? Es posible argumentar que el flujo y manejo de información y conocimiento se mueve más rápido que la capacidad de renovación que posee actualmente la arquitectura chilena, ya que a pesar de todo lo comunicacionalmente conectados que estamos con el resto del mundo, no son muchos los casos de proyectos construidos que apliquen estas nuevas técnicas o hagan uso de ellas en parte de sus procesos de diseño o constructivos.

DISEÑO PARAMÉTRICO O DE GEOMETRÍA ASOCIATIVA_

Una constante en la arquitectura ha sido la dificultad de homologar la fuerza de una idea, la soltura de un croquis o la intención presente en la representación de un proyecto, *versus* la obra construida. Distancia que se ha visto acortada en parte gracias a las nuevas aplicaciones de modelación digital, las cuales han permitido ligar los procesos de representación con los de construcción de un proyecto, por medio de plataformas computacionales de fabricación CAD/CAM.

Dentro de este conjunto de nuevas tecnologías digitales surge la arquitectura paramétrica, la cual se basa en el principio de que uno no comienza proyectando una forma deseada sino que se inicia declarando los parámetros de un problema arquitectónico en particular. Estos parámetros o variables son asociados a los diferentes componentes que conforman un diseño, desplegando toda una malla de relaciones o asociaciones entre estas entidades. Así como se definen parámetros y asociaciones, también se definen limitantes o restricciones (por ejemplo mínimos y máximos). Al modificar los valores de estos parámetros se puede obtener un sinfín de diferentes posibilidades de configuraciones formales como resultado de un mismo problema.

Algoritmos o ecuaciones son utilizados para describir estas asociaciones o relaciones entre las entidades, las cuales pueden ser modificadas y revisadas durante el proceso de creación, gracias a un historial que va dando cuenta de las decisiones tomadas y permiten al diseñador moverse dentro de la línea de tiempo del proceso desarrollado. Claramente, el hecho de proyectar en base a un software paramétrico exige al diseñador planificar una estrategia o protocolo desde un inicio, donde se deben declarar cuales serán los parámetros y variables esenciales que se requerirán dentro de la operación.

Por otra parte, el paradigma CAD/CAM moderniza el proceso diseño/producción no seriable. Modelos tridimensionales son generados en forma asociativa y gracias al software los componentes de estos modelos son abatidos en un formato bidimensional o plantilla, para ser llevados a corte por impresoras de corte láser o *routers* sobre algún material como acero, madera y acrílico, entre otros. Idealmente el sistema ofrece un alto grado de eficiencia en comparación con una producción con mano de obra tradicional, al producir en corto tiempo diferentes piezas, prácticamente anulando los márgenes de error al ser todo digitalmente controlado.

Lo que a primera vista parece atractivo de este tipo de tecnologías es que permiten obviar la producción de elementos seriados idénticos y estandarizados, ya que estas interfaces propician la fabricación de productos a la medida sin un aumento en los costos, afectando así drásticamente la forma en que podemos enfrentar un diseño. Así, la posibilidad de proyectar edificios personalizados que incorporen componentes únicos e innovadores, parece bastante más cercana que años atrás.

Se observan en el mundo ejemplos interesantes de edificios construidos utilizando diseños paramétricos aplicados, por ejemplo, a proyectos de geometrías o estructuras altamente complejas, proyectos focalizados en un determinado comportamiento acústico, en edificios con enfoques ecológicos en cuanto al comportamiento de sus fachadas y al manejo de la radiación solar sobre ellas (soleamiento, iluminación natural, ventilación), o bien por el uso más eficiente del material, variables todas que pueden ser introducidas desde un inicio en un proyecto por medio de un modelo parametrizado.

CASOS EN CHILE_

Dentro del panorama actual de la arquitectura y el diseño en Chile, son muy pocos los casos de obras construidas en las cuales podemos ver utilizadas estas tecnologías en parte de sus procesos, ya sea de diseño o constructivo. No parece ser coincidencia que de los pocos casos observados todos corresponden a creadores jóvenes que, de una u otra forma, están ligados al ámbito académico ejerciendo docencia y comparten un cierto optimismo y grado de experimentación en sus prácticas.

A escala de edificio institucional encontramos la bodega y las oficinas comerciales de Huanacu Ltda. (2010), ubicadas en la comuna de Pudahuel. El encargo encomendado por el cliente, fue el de desarrollar un proyecto novedoso (que se distinguiera y

destacara dentro de su entorno industrial) y de bajo costo. En parte gracias a esta dificultad, es que la oficina de arquitectos TFPS[2] decidió abordar el proyecto desde una perspectiva paramétrica, que les permitiera conjugar y controlar este conjunto de cuantificaciones de costos, normativa, optimización de estructuras y envolvente (la cual no debía superar los m² de envolvente de un galpón convencional) en una misma interfaz computacional[3]. Formalmente el proyecto encarnó el concepto de piel plegada, el cual por medio de rotarla envolvente de sus fachadas fue generando volúmenes sobresalientes que logran diferenciar los diferentes usos programáticos que alberga el edificio.

En conversación con el arquitecto Diego Pinochet, resulta interesante comprender las dificultades que tuvieron que sortear los arquitectos al momento de construir este edificio, el cual posee una mayor complejidad geométrica al presentar encuentros volumétricos con múltiples planos axiales. Por ello fue crucial durante el proceso de construcción darse cuenta de que requerían información planimétrica no convencional para lograr comunicar acertadamente el proyecto y sus detalles constructivos a los constructores, tomando en cuenta que no se contaba con tecnología de manufactura digital de control numérico para su fabricación ni mano de obra especializada. Esta dificultad, entre otras, influyó directamente en el tiempo estimado para su construcción, que finalmente se duplicó.

Otra obra del mismo arquitecto es *Cielo acústico* (2009) el cual fue construido y montado por alumnos del curso Arte + Ciencia[4] en la sala Refactorio del campus Lo Contador[5]. En este trabajo Pinochet crea un scripting o guión para el software RHINOCEROS, el cual por medio de generar un cielo falso de paneles de doble curvatura de yeso-cartón de 10mm marca KNAUF, intenta modificar las condiciones acústicas de un recinto. La serie de curvas onduladas fueron evaluadas acústicamente con el programa ECOTEC, para determinar qué geometría lograba acercar al óptimo los niveles de reverberancia para dicho recinto. Paradójicamente, todo el proceso de fabricación del prototipo fue realizado manualmente, ya que los estudiantes del curso en esos momentos no dominaban el uso de máquinas de control numérico, atribuyendo en parte a este factor la imposibilidad de obtener del prototipo construido, los valores acústicos arrojados por las simulaciones digitales previamente efectuadas.

Otros proyectos interesantes han sido desarrollados por la oficina gt_2P[6], quienes avocados al diseño paramétrico han sorteado parte de las dificultades del proceso de construcción presentes en los casos anteriores, al dedicarse tanto a diseñar digitalmente como a fabricar sus productos. Clave de esto ha sido introducir dentro del diseño algorítmico las variables relacionadas con costos, fabricación y ensamblaje, como también los parámetros específicos de las propiedades de cada material utilizado.

Una de sus recientes obras construidas es Vibración Parronal (2009), la cual fue desarrollada en el marco de un concurso de arte público llamado por el Ministerio de Obras Públicas y la Comisión Nemesio Antúnez. Este caso corresponde a una intervención artística instalada en el acceso del Consultorio Urbano nº 1 de Rancagua, la cual toma como fuente de inspiración el contexto rural circundante y el lenguaje de los viñedos. Los arquitectos querían recrear con esta obra, la experiencia de estar bajo un parrón junto con el movimiento de sus hojas frente al paso del viento.

Para el diseño de las hojas se desarrolló una definición algorítmica que regula la densidad de elementos, su espaciamiento, distancia de colgado y orientación de la grilla de hojas sobre una superficie previamente modelada. Para el diseño de la parra se elaboró un algoritmo que define una trama de vigas que interpretan el crecimiento de la parra y el modo en que sus troncos y ramas se articulan, así como el ajuste posterior a la estructura de cubierta del acceso ya existente en el consultorio. Esta definición regula el punto desde el cual crece una rama a partir de otra, su dirección y largo, pero también incorpora las variables de costos y construcción, lo cual permitió controlar en todo momento que el diseño se ajustara al presupuesto asignado y cubicar los materiales requeridos. Esta obra fue diseñada para ser fabricada con madera laminada y construida con mano de obra convencional.

A otra escala, creados por el mismo grupo, encontramos una gran variedad de muebles como libreros, repisas y mesas, los cuales definen, en su gran mayoría, su morfología al adaptarse a las solicitudes de uso demandadas por los clientes. Como es el caso del conjunto de siete cavas diseñadas para un restaurant[7], en el cual las restricciones al diseño estaban definidas por el diámetro de las botellas, la cantidad de botellas, y las propiedades del material a utilizar, donde el mismo software genera el despiece para la posterior manufactura y ensamblaje manual.

Todas estas obras han sido proyectadas con el software RHINOCEROS más su plug-in GRASSHOPPER, y dentro del transcurso de la construcción se han utilizado tanto tecnologías de manufactura digital como de fabricación artesanal. *Digital Crafting* ha sido uno de los conceptos que han comenzado a utilizar Guillermo Parada y Sebastián Rozas al referirse a sus obras, innovando en el hecho de superponer la vanguardia del diseño algorítmico junto con las tradicionales y artesanales técnicas de la cerámica, factibles de observar en su florero Heartdays (2009), formalmente inspirado en los nudos donde se encuentran las ramas de un árbol en crecimiento.

En el escenario nacional, aún no es viable encontrar referentes de obras que estén conjugando el diseño paramétrico con la fabricación y manufactura digital a gran escala. A pesar de que en Chile sí se encuentra disponible la tecnología de prototipizado rápido, *routers* o máquinas de corte de control numérico a escala industrial, la utilización de éstas aún presentan un altísimo costo *versus* la fabricación por medios tradicionales.

Es el caso experimentado por el arquitecto Arturo Lyon[8], quien desarrolló un modelo paramétrico para un stand a exponerse en una feria internacional en Bolivia. El pabellón estaba diseñado en base a un sistema constructivo conformado por una serie de módulos tridimensionales hechos a partir de láminas de metal plegado, que van modificando su forma al ir adaptándose iterativamente a una subestructura no homogénea, en la cual cada componente y su plantilla varían mínimamente el uno del otro. Para poder comparar costos, Lyon mandó a fabricar de modo artesanal y digital uno de sus componentes, lo cual evidenció que la manufactura de éste por medios digitales superaba por sobre las diez veces el costo de su manufactura por un artesano boliviano.

Frente a un contexto tal, y donde subentendemos que la tecnología es sólo un medio para llevar a cabo un propósito, cabe preguntarse dónde cede el traspaso de las tecnologías aplicadas desde un medio virtual a aquellas que se pueden erigir en el mundo físico. La docencia en las universidades así lo refleja también: con avanzados programas de estudios y nuevos laboratorios son capaces de educar a sus alumnos con los últimos contenidos y tecnologías disponibles a nivel internacional. Sin embargo, estos mismos métodos, no se ven desplegados en su total potencial en el ámbito profesional, dejando en parte desplazado lo que el conocimiento es a la práctica.

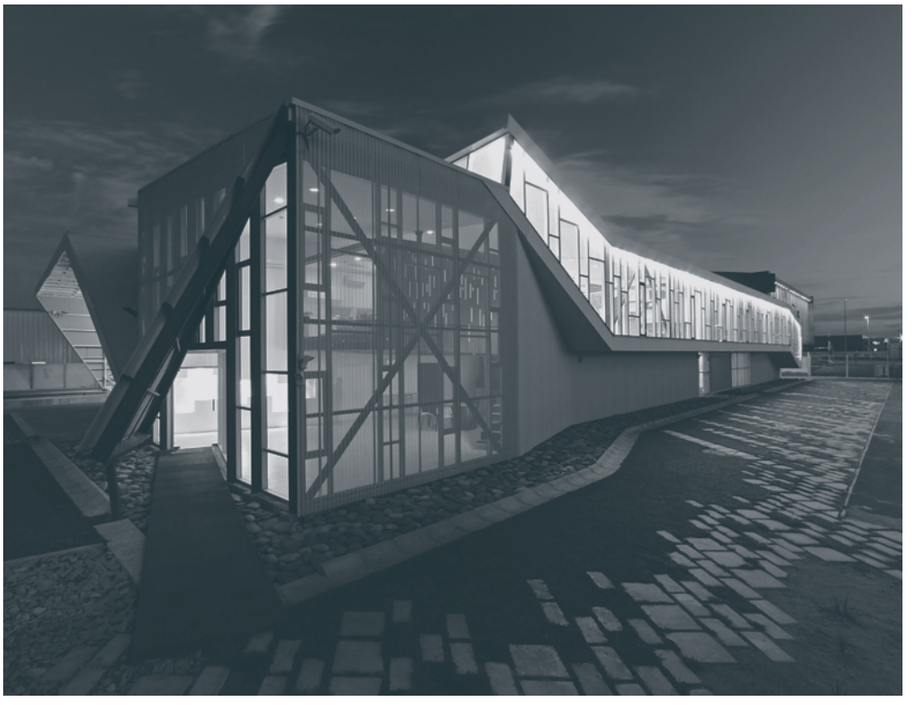
DE LO DIGITAL A LO ARTESANAL, HACIA UNA REALIDAD LOCAL_ No cabe duda de que las nuevas técnicas proyectuales y de representación han ampliado las posibilidades de exploración formal, por medio del soporte de variadas aplicaciones CAD de modelación tridimensional y su posterior producción con tecnologías de manufactura digital, sobre todo en el ámbito educacional, donde hemos visto con éxito implementarse laboratorios de fabricación digital que dan apoyo a toda una línea de cursos que se basan en el uso de estas nuevas metodologías proyectuales.

De las experiencias recogidas por los arquitectos docentes anteriormente consultados, ha sido clave comprender que a pesar de que el traspaso y uso de estas tecnologías desde un ámbito educacional a uno profesional no es homogéneo, sí hay contundentes aportes que el diseño paramétrico puede brindar al modelo educacional, especialmente al volver a entender las clásicas metodologías de diseño lineal, a uno que yuxtapone problemáticas y sus variables (ya sean conceptuales, programáticas, normativas, entorno y medioambientales, de manufactura, materialidad, sistemas constructivos, costos, entre otras) manejadas todas en conjunto y en tiempo real.

Un punto crítico para la masificación de estas tecnologías está aún presente en la falta de transversalidad en el uso de interfaces de modelación y evaluación tridimensional por parte del resto de los especialistas involucrados en un proyecto, ya sea cálculo estructural, especialidades o las mismas constructoras. Todavía se requiere una etapa de traducción en la cual el arquitecto debe pasar su información a un lenguaje CAD bidimensional, para darse a comprender con el resto de las especialidades, entendiendo que el saber ocupar las herramientas digitales no asegura el saber definir cómo se construirán las obras posteriormente.

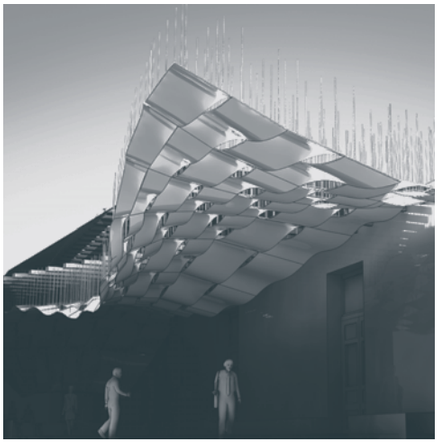
Sustanciales son los casos en que el desafío ha sido centrado en integrar los procesos de diseño y fabricación dentro de una sola causa, utilizando los algoritmos generativos para ello. En otras palabras, el diseño orientado a la manufactura, donde se definen en la fase inicial de diseño todos los procesos posteriores de fabricación, ya sea utilización de máquinas especiales, pinturas, termoformados, cortes, ensamblajes u otras, todas variables que se incluyen dentro del algoritmo primario.

En la medida en que las problemáticas de fabricación se integran, los algoritmos comienzan a ser más inteligentes y los procesos de producción son más sistematizados, manejando los costos y tiempos. Esto permite que se trabaje en paralelo, tanto la etapa de conceptualización de un proyecto como la etapa de documentación de éste, trascendiendo la clásica linealidad secuencial, en que se comienza con un croquis de idea inicial, luego se elabora, se evalúa, se vuelve atrás, hasta producir la planimetría final. Por el contrario, una plataforma paramétrica permite trabajar todas las etapas de modo superpuesto, yendo y volviendo en el modelo y las decisiones tomadas en el proceso.



Obra terminada de las oficinas Huanacu. Fotografía de Nicolás Sahie.

Obra "Vibración Parronal". Fotografía de Nicolás Sahie.



Render de instalación *cielo acústico*. Fotografía de Diego Pinochet.

Florero "Heartdays". Fotografías de gt_2p

Concluyendo, se puede deducir que la introducción del pensamiento algorítmico al proceso de diseño trasciende la generación de morfologías biométricas, curvilíneas o altamente complejas (actualmente reconocidas a nivel internacional como una arquitectura en boga y de vanguardia) y se aboca más bien a cambiar los métodos convencionales del diseño hacia procesos más vinculadores e integradores, brindando la capacidad de evaluar diferentes alternativas para un mismo encargo o problemática: obtener presupuestos o modificar el diseño para ajustarse a ellos en tiempo real y predecir complejidades en su futura fabricación, entre muchas otras. Es decir, ofrece ventajas al poder dominar las variables cuantitativas de un proyecto, en una misma interfaz.

El paradigma de la arquitectura digital CAD/CAM, incorpora dentro de todas las etapas de diseño y producción la utilización de tecnologías digitales. Sin embargo, recogiendo las experiencias antes expuestas, se deduce que diferentes tecnologías son utilizadas en las distintas etapas de producción, si bien el diseño paramétrico puede estar incluido en parte de estos procesos, también éste se abre al diálogo con otros escenarios donde se puede encontrar tecnología digital junto con producción artesanal y ensamblaje manual, logrando poner en valor técnicas artesanales actuales y milenarias, propias de una realidad regional.

> REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y COMENTARIOS DEL AUTORA:

1. El primero proyecto del arquitecto Frank Ghery diseñado, fabricado y ensamblado digitalmente fue la "Escultura del Pez" que se encuentra ubicada al inicio del sector de la Villa Olímpica en Barcelona, España 1992.
2. Oficina conformada por Eduardo Fam, Diego Pinochet y Leonardo Suarez, arquitectos de la Pontificia Universidad Católica de Chile.
3. En este caso se utilizó el software 3dmax.
4. Proyecto desarrollado en el curso Arte + Ciencia. Diseño experimental de prototipos, dictado por el profesor Arturo Torres, en el contexto de un convenio de colaboración entre la empresa KNAUF de Chile Ltda. y la Escuela de Arquitectura de la Pontificia Universidad Católica de Chile.
5. Ubicado en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago.
6. Great things_to People es un estudio conformado por Guillermo Parada, Sebastián Rozas, Tamara Pérez, Alexy Narváez, Diana Duarte y Cristopher Carter, dedicados al diseño paramétrico y fabricación digital de muebles y edificios.
7. Restaurant Coco Pacheco, Providencia, Santiago (Chile).
8. Arturo Lyon es arquitecto graduado de la Universidad Católica de Chile (PUC), y tiene un Master en el Design Research Laboratory de la Architectural Association. Ha hecho clases en el Landscape Urbanism Programme de la Architectural Association y ha realizado workshops en diseño paramétrico y el uso de algoritmos generativos tanto en AA como en la Universidad Católica de Chile. Actualmente es profesor en la Universidad Católica y es co-fundador de Lyon Bosch Arquitectos.