



## El Análisis de Formas Arquitectónicas ante nuevas formas de proyectar. ¿Es el diseño un arte, una ciencia o algún tipo de matemáticas?

Antonio García Bueno, Karina Medina Granados

*Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería. Universidad de Granada*

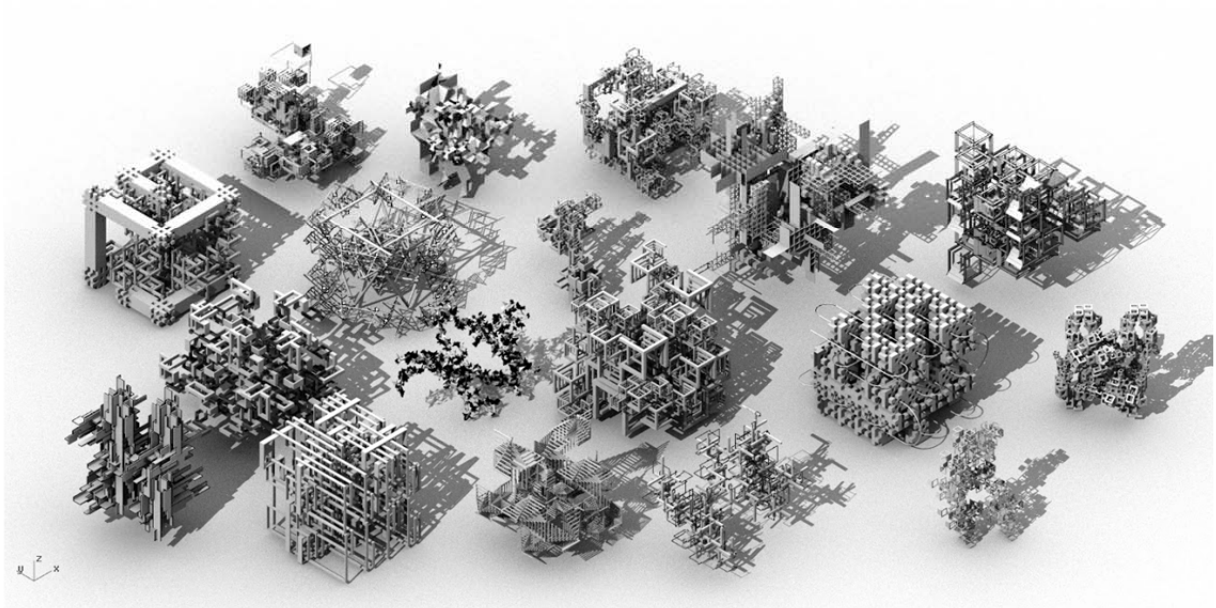


Figura 1. Imagen 3D formada por geometría compleja. Navarro, D. [imagen en línea]. Disponible en: <  
<https://sites.google.com/view/386diego/teaching/complex-geometry?authuser=0>> [Acceso el 12 de junio de 2021]

### Resumen / Abstract

*La presente comunicación trata de generar una línea de pensamiento sobre la evolución del diseño arquitectónico, así como de los sistemas gráficos para la ideación, representación o análisis de formas arquitectónicas. Además se trata de estudiar si estas tres funciones de la expresión gráfica han evolucionado en paralelo para adaptar la arquitectura a las vicisitudes de cada época. Se hace un breve recorrido por las distintas formas de expresar la arquitectura, y como gracias a su evolución se han podido crear nuevos lenguajes arquitectónicos así como diversos sistemas de diseño. En la década de los sesenta irrumpen los gráficos interactivos con la llegada de los sistemas informáticos al diseño y a la arquitectura, produciéndose un gran cambio en los sistemas de expresión gráfica arquitectónica conocidos hasta el momento. El “computer-aided design” CAD, ha evolucionado de forma exponencial hasta llegar a nuestros días, donde ya no solo se usa para expresar arquitectura y facilitar los procesos de producción, es una herramienta clave para el diseño de ciertos edificios. Ahora bien, si tratamos de analizarlos, nos encontramos con unos métodos que tratan de estudiar el edificio en partes para comprender el todo, pero que son poco adecuados para llegar a diseccionar estas arquitecturas del proceso.*

### Palabras clave / Key words

*Diseño; arte; ciencia; matemáticas; arquitectura paramétrica*

## 1. Introducción

La arquitectura está en continua evolución, por ende, el estudio y análisis de la misma, debe reaccionar de forma análoga. Con las nuevas herramientas de representación gráfica arquitectónica se ha hecho posible el diseño y construcción de obras con una gran complejidad geométrica. El estudio de algunas de estas obras, puede ser muy interesante, pero comprender su lógica y realizar una investigación sobre ellas, se convierte en una ardua tarea.

Diferentes autores hablan sobre la inserción de asignaturas de diseño paramétrico en los planes de estudio en los últimos cursos y de la necesidad de estudiar estos nuevos conceptos en los primeros años de carrera para luego poder usarlos con fluidez en cursos posteriores (González, García y Gómez 2019, p. 131). Esta comunicación trata de acercarse al problema desde el estudio de la evolución del proceso del diseño arquitectónico, realizando una evaluación de la información para poder detectar posibles carencias y proponer nuevos modelos de trabajo en el análisis y estudio de la arquitectura actual.

A lo largo de la historia, la geometría, junto con el resto de ramas de las matemáticas, han unido la creatividad del arquitecto con los procesos constructivos y técnicos, convirtiéndose en una herramienta fundamental de diseño y análisis de la Arquitectura (Sanchis y Fernández 2019, p. 169)

John Christopher Jones (1976, p. 6) define el diseño como, “una actividad híbrida que depende para su ejecución con éxito, de una correcta combinación de las tres”, refiriéndose al arte, la ciencia y las matemáticas. Cada área tiene sus herramientas, aptitudes y objetivos y lo que resulta interesante es la conjunción de todas ellas.

El arquitecto en una primera fase utiliza sus herramientas artísticas para realizar unos rápidos bocetos que le permitan dar respuestas a un conjunto de necesidades en unas particulares circunstancias, dejando trabajar a la imaginación para crear una obra única. La experiencia, la tecnología y la ciencia son necesarias para poder establecer los resultados del diseño de una forma controlada y real, basada en estudios y experiencias anteriores que van a ayudar a predecir el resultado. Las matemáticas ayudan a abstraer los hechos, a sacarlos del mundo físico y temporal, para encontrar soluciones precisas incluso si se producen cambios en las variables iniciales.

## 2. El diseño arquitectónico como proceso global

Si aunamos arte, ciencia y matemáticas, el diseño o *proyección*, consiste no sólo en la producción del dibujo o planimetría, sino en el proceso completo hasta llegar al resultado final. El profesor Enrique de Haro Ruiz (1977), en su tesis doctoral “La evolución de los procesos de proyección en arquitectura” se refiere a *proyección* como el proceso de realización del proyecto, entendiendo éste como hecho acabado. Esta forma global de entender el diseño, tiene sus orígenes en el artesano, quien posee su

sistema de información y transmisión para realizar ajustes y obtener el mejor proyecto a través de la experiencia, con un aprendizaje mediante ensayo y error en el que usa la propia obra como medio de experimentación. Con el dibujo a escala, estos cambios se pueden realizar antes de ejecutar la obra pudiendo intuir los resultados, comprobando la compatibilidad geométrica de los volúmenes y espacios, pudiendo escoger la solución óptima. Además estos planos pueden ser leídos y entendidos por otras personas ajenas al diseño como pueden ser los profesionales que ejecutan la obra o el usuario final de la misma. Por tanto, los bocetos y planimetría, nos han ayudado a tomar decisiones en el proceso de diseño a lo largo de la historia. Sin embargo, como consecuencia de procesos sociales paulatinamente más complejos, van surgiendo nuevas necesidades que requieren respuestas en las que cada vez influyen más parámetros y en las que hay más combinaciones de posibles soluciones, de ahí que el arquitecto necesite nuevas herramientas adaptadas a las nuevas problemáticas de la época. Por ello es lógico pensar que no solo evoluciona el lenguaje arquitectónico, sino que también se produce una evolución en la forma de diseñar arquitectura y que todo esto se produce de forma paralela a los cambios en la sociedad, la cultura, la ciencia y la tecnología.

## 3. La expresión gráfica arquitectónica y el diseño asistido por computadora (CAD)

Los avances tecnológicos nos dotan de nuevas herramientas para expresar arquitectura y las nuevas formas de dibujar “retroalimentan al diseñador llevando a transformar su arquitectura” (Solana y Gutiérrez, 2019 p. 161)

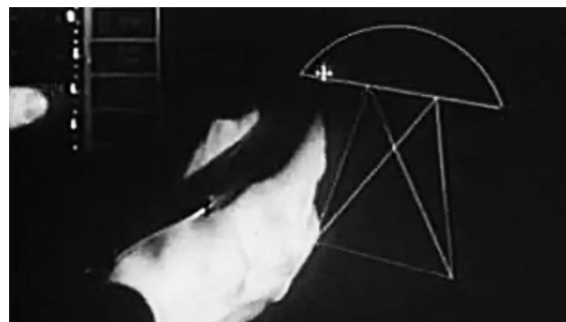


Figura 2. Imagen del sistema Sketchpad. Shuterland, I., 1963

[imagen en línea]. Disponible en: <

<https://atomicdigital.design/blog/1965-ivan-sutherland-father-of-ar->  
[Acceso el 12 de junio de 2021]

Fankhänel y Lepik (2020), hacen un detallado recorrido histórico de los hitos que se han producido entre ordenador y arquitectura. La forma actual de diseñar y los nuevos modelos de expresión gráfica, tiene su origen en los años 60, donde la sociedad sufre una fuerte industrialización y mecanización con una necesidad de una mayor exactitud en el producto. A finales de esta década aparecen las curvas de Bezier, desarrolladas para el diseño aeronáutico y automovilístico, y posteriormente aplicadas a los programas de dibujo asistido por ordenador

(Sanchis y Fernández, 2019 p. 170). En 1960 William Fetter acuña por primera vez el término “gráfico por computadora” para el diseño de Boeing y en 1962, Ivan Sutherland desarrolla el sistema Sketchpad e introduce los gráficos interactivos por ordenador ofreciendo respuestas a las nuevas necesidades (Solana y Gutiérrez, 2019 p. 163).

La irrupción del “computer-aided design” (CAD), supone la alianza de la arquitectura con la informática y la teoría de sistemas para buscar nuevos métodos de creación que no solo va a permitir un control más exhaustivo de los parámetros y resultados en la obra arquitectónica, sino que además va a proporcionar nuevos métodos para el diseño y lenguaje arquitectónico.

Al igual que los avances tecnológicos, estos métodos de diseño, como se ha indicado anteriormente, evolucionan de forma exponencial y actualmente podemos encontrar entre otros el “Generative Design”. Las obras diseñadas con esta herramienta, nos va a producir una arquitectura *parametrizada* donde el arquitecto crea un sistema de variables con una serie de restricciones, transformando la fase de proyectación en la búsqueda de una solución optimizada con referencia a un determinado parámetro elegido (Capone y Nigro, 2017 p. 173). En el Metropol Parasol de Sevilla proyectado por el arquitecto alemán Jürgen Mayer, se puede apreciar que ha sido diseñado bajo los principios de la arquitectura paramétrica.



Figura 3. Imagen del Metropol Parasol Sevilla de Jürgen Mayer H. , 2011 [imagen en línea]. Disponible en: < <http://manoloespaliu.com/projects/metropol-parasol-jurgen-mayer/> > [Acceso 12 junio 2021]

Por otra parte, el diseño procedural parte de axiomas iniciales y aplica una serie de reglas de producción, para generar formas que van creciendo de modo algorítmico automáticamente, como en los diseños mediante *Shape Grammars*, Gramática de Formas.

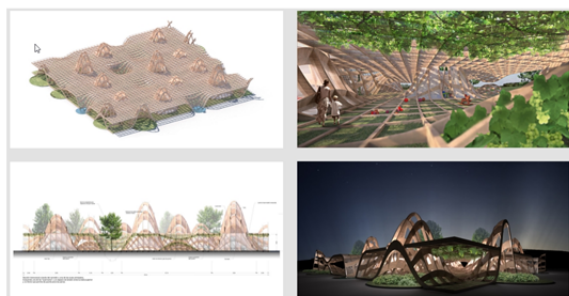


Figura 4. Genetic Architecture Office. Navarro, D. (2009-2017 [imagen en línea]. Disponible en: < <https://sites.google.com/view/386diego/projectsresearch?authuser=0> > [Acceso 12 junio 2021]

#### 4. Analizar el proceso

Los programas de modelado siguen evolucionando e introduciendo parámetros constructivos y estructurales que influyen en la toma de decisiones durante la fase de diseño. El uso de estas nuevas herramientas está totalmente implantado tanto en la representación como en la ideación arquitectónica, pero para realizar el análisis de un edificio construido, no se ha estudiado ninguna metodología a seguir.

Para comprender estos nuevos sistemas y así poder hacer un buen uso de ellos, hay que centrarse en su forma de trabajar, es decir, “trabajan sobre el proceso de diseño del modelado y no sobre su resultado final” (Coloma y Mesa, 2012 p. 203). Jones (1976) explica tres facetas del diseñador durante el proyectación, que en nuestro caso podemos asimilar al arquitecto. El arquitecto como caja negra “black box” sería la faceta creativa. El arquitecto como caja transparente “glass box” donde se produce el proceso racional que se puede comunicar. El arquitecto como sistema auto-organizado, el arquitecto es capaz de controlar el proceso y tomar decisiones. En la caja negra el proyecto se produce en la mente del arquitecto, de forma inconscientemente controlada, es decir, el cerebro es capaz de dar respuestas en base a experiencias previas. Para ayudarnos en esta etapa podemos usar el método de desencadenamiento mental *brainstorming* o el método de *sinestesia*. En el método de caja transparente, sin embargo, todo el proceso está controlado y es explicable. Al comienzo se fijan las variables, criterios, estrategias y objetivos, los analizamos y buscamos soluciones lógicas y racionales. Este sistema tiene un hándicap, que los parámetros y alternativas sean tan extensas que el proceso se vuelva tedioso incluso inescrutable. Por ello el autor hace referencia al sistema auto-organizado, que a través de un meta-lenguaje, selecciona las soluciones óptimas. Estos sistemas los podemos comparar con la forma de proyectar, las primeras ideas se pueden sacar de la caja negra, pero para que el resultado sea coherente hay que realizar un proceso racional en el que se estudian todos los parámetros y se encuentran sus respuestas más lógicas.

Como ya se ha visto anteriormente, cuantos más parámetros se quieren abarcar, más complejo es el proceso de reflexión y se requerirá de software cuyo funcionamiento se base en la generación y edición de formas a través de dichos parámetros. Coloma y de Mesa (2012) y González, García y Gómez (2019) han puesto en práctica la utilización de la representación paramétrica en niveles de iniciación y coinciden en que para poder comprender la lógica y los algoritmos para poder realizar la parametrización, es necesario el conocimiento de conceptos de geometría matemática y programación. “Lo que con regla y compás es un arco y la intersección con una perpendicular, con Gashopper es un giro de  $\pi/2$

radianes” (González, García y Gómez, 2019 p. 137)

## 5. El análisis de formas en los nuevos sistemas de diseño arquitectónico y conclusiones

Al tratar de analizar una obra arquitectónica generada con estos nuevos sistemas, nos encontramos ante un proceso tedioso y complejo. El analizar un modelo arquitectónico con un análisis estructuralista, dividiendo el análisis en partes para entender la obra desde su concepción holística, puede resultar confuso en obras arquitectónicas que se han concebido desde la totalidad, en la que todos sus elementos se modifican si se varía uno de sus parámetros. Por lo que es necesaria una reinención en el análisis de formas para hacer frente al estudio de esta nueva realidad en el diseño arquitectónico.

El análisis de formas de la arquitectura paramétrica y procedural no se puede realizar en función del resultado final como objeto arquitectónico. En esta forma de proyectar, donde se trabaja sobre el proceso para alcanzar el resultado, hay que saber leer los parámetros de partida y el conjunto de operaciones y planteamientos teóricos que se han seguido durante su diseño para alcanzar el resultado final.

Por último se trata de abrir un nuevo campo de reflexión para el estudio de una metodología que ayude a estudiar e investigar estas nuevas formas de proyectar.

## Referencias

Capone, M., Nigro, E., 2017. Desde la geometría hasta la representación generativa. La búsqueda de una solución optimizada en el proyecto del Club Táchira (Caracas, 1955). *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, v. 22, n. 31, pp. 172-183

Coloma, E., y de Mesa Gisbert, A., 2012. La docencia de la representación paramétrica. La representación paramétrica y los procesos no lineales. *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, v. 17, n. 19, pp.200-211.

Fankhänel, T., & Lepik, A., 2020. *The Architecture Machine: the Role of Computers in Architecture*. Basilea: Birkhäuser.

González Uriel, A., García Ríos, I., y Gómez Sánchez, M., 2019. GD en GD (Gramática Digital en Geometría Descriptiva). *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, v. 24, n. 35, pp. 130-139

Haro Ruiz, de E., 1977. *La evolución de los procesos de proyectación en arquitectura*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla.

Jones, J. Ch., 1976. *Métodos de Diseño*. Barcelona: Gustavo Gili

Sanchis Sampetro, F. J. y Fernández Plazaola, I., 2019. La geometría en los edificios de la Ciutat de les Arts i les Ciències de Valencia. *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, v. 24, n. 37, pp. 168-181

Solana Suárez, E. y Gutiérrez Labory, E., 2019. DesBIOS 3.0. Los proceso de rendering en la transformación del imaginario colectivo. *EGA. Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*. v. 24, n. 35, pp.160-167.

## Datos biográficos de los autores

Antonio García Bueno  
Universidad de Granada (UGR)  
Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería  
garciaabu1@ugr.es

Es Doctor Arquitecto por la UGR y Profesor titular del Dto. de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Granada (ETSAG) de la UGR.

Su línea de investigación en los últimos años se centra en proyectos relacionados con arquitectura, expresión gráfica, patrimonio y rehabilitación arquitectónica.

Tiene publicados 10 libros por diferentes editoriales, 6 artículos en revistas indexadas y más de 10 artículos en revistas especializadas. Además cuenta con obras artísticas premiadas y publicadas en medios digitales especializados, así como en revistas especializadas. Ganador de diferentes concursos de arquitectura.

Karina Medina Granados  
Universidad de Granada (UGR)  
Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería  
karinamedina.gra@gmail.com

Es Arquitecta por la Universidad de Granada y Doctorando en el Programa de Doctorado de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Granada (ETSAG) de la UGR.