

El diseño computacional Un estudio de casos

Computational design: A case study

Desenho Computacional: Um Estudo de Caso

DOI: <https://doi.org/10.18861/ania.2022.12.1.3216>

Arq. Marcelo Fraile Narvaez

marcelo.fraile@unir.net

España

Universidad Internacional de La Rioja

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0542-4315>

Recibido: 14/01/2022

Aceptado: 04/04/2022

Cómo citar:

Fraile Narvaez, M. (2022). El diseño computacional: Un estudio de casos. *Anales de Investigación en Arquitectura*, 12(1). <https://doi.org/10.18861/ania.2022.12.1.3216>

Resumen

A lo largo de la historia, el hombre ha buscado perfeccionar los sistemas para crear y representar el espacio de un modo cada vez más fidedigno. Pero no fue hasta la invención de los ordenadores, y el desarrollo de los sistemas digitales, cuando se produjo verdaderamente un giro copernicano dentro del diseño, una revolución que vino a reemplazar los procesos de diseño tradicionales, basados en el dibujo manual.

A partir de estos supuestos, y con la hipótesis de que una nueva generación de procedimientos digitales, pasaron de representar el espacio (diseño digital), a ser utilizados como una herramienta potenciadora de las capacidades proyectuales de los diseñadores (diseño computacional), este trabajo tiene como objetivo, el análisis y la clasificación de tres proyectos emblemáticos de finales del siglo XX que, aunque no construidos, marcaron un hito en la historia de la arquitectura reciente.

Para su análisis, tomaremos como referencia la taxonomía elaborada por Inês Caetano, Luís Santos y António Leitão, en su artículo Computational design in architecture: Defining parametric, generative, and algorithmic design (2020). En dicho artículo, los autores identifican que la bibliografía científica contemporánea relacionada con el diseño computacional, se encuentra asociada a tres términos: el diseño paramétrico, el diseño algorítmico y el diseño generativo. Razón por la cual, utilizaremos estos términos como ejes centrales para nuestra clasificación y análisis.

Palabras clave: Diseño computacional, diseño paramétrico, diseño algorítmico, diseño generativo, nuevas tecnologías, diseño digital.

Abstract

Throughout history, man has sought to perfect systems for creating and representing space ever more accurately. But it was not until the invention of computers and the development of digital systems that a Copernican turning point in design truly took place, a revolution that replaced traditional design processes based on manual drawing. Based on these assumptions, and with the hypothesis that a new generation of digital procedures went from representing space (digital design) to being used as a tool to enhance the design capabilities of designers (computational design), this paper aims to analyse and classify three emblematic projects of the late twentieth century that, although not built, marked a milestone in the history of recent architecture.

For their analysis, we will take as a reference the taxonomy elaborated by Inês Caetano, Luís Santos and António Leitão, in their article Computational design in architecture: Defining parametric, generative, and algorithmic design (2020). In this article, the authors identify that contemporary scientific literature related to computational design is associated with three terms: parametric design, algorithmic design, and generative design. For this reason, we will use these terms as central axes for our classification and analysis.

Keywords: Computational design, parametric design, algorithmic design, generative design, new technologies, digital design.

Resumo

Ao longo da história, o homem tem procurado aperfeiçoar sistemas para criar e representar o espaço de forma cada vez mais precisa. Mas foi só com a invenção dos computadores e o desenvolvimento de sistemas digitais que se deu verdadeiramente um ponto de viragem copernicano no design, uma revolução que substituiu os processos tradicionais de design baseados no desenho manual.

Com base nestas premissas, e com a hipótese de que uma nova geração de procedimentos digitais passou de representar o espaço (design digital) para ser usada como ferramenta para melhorar as capacidades de design dos designers (design computacional), o objetivo deste trabalho é analisar e classificar três projetos emblemáticos do final do século XX que, embora não construídos, marcaram um marco na história da arquitetura recente.

Para a sua análise, tomaremos como referência a taxonomia elaborada por Inês Caetano, Luís Santos e António Leitão, no seu artigo Computational design in architecture: Defining parametric, generative, and algorithmic design (2020). Neste artigo, os autores identificam que a literatura científica contemporânea relacionada com o desenho computacional está associada a três termos: desenho paramétrico, desenho algorítmico, e desenho generativo. Por este motivo, utilizaremos estes termos como eixos centrais para a nossa classificação e análise.

Palavras-chave: Desenho computacional, desenho paramétrico, desenho algorítmico, desenho generativo, novas tecnologias, desenho digital.



Introducción

Desde las primeras líneas trazadas por la mano del hombre, pasando por los estudios de las leyes de la perspectiva desarrolladas por Brunelleschi y Alberti en el Renacimiento, o el sistema diédrico elaborado por Gaspard Monge durante el siglo XIX, a lo largo de la historia, el hombre ha ido perfeccionando los sistemas para crear y representar el espacio de un modo cada vez más fidedigno. Sin embargo, no fue hasta la invención de los ordenadores, y el desarrollo de los sistemas digitales, cuando este concepto adquiriría un nuevo significado que revolucionaría los procesos de diseño tradicional basados en el dibujo manual.

Algunos investigadores atribuyen su nacimiento en coincidencia con los trabajos de Ivan Sutherland quien, en 1962, como parte del desarrollo de su tesis de doctorado en el Instituto Tecnológico de Massachusetts, desarrollaría él Sketchpad, "el primer programa interactivo que permitía la modelización geométrica de volúmenes" (Montagu et al, 1993: 15). Un sistema digital que posibilitaba dibujar directamente sobre la pantalla del monitor, líneas y formas geométricas; otros, en cambio, sitúan sus orígenes con Charles Adams y su compañía, quienes habían desarrollado CRAFT: "un sistema basado en algoritmos que utilizaba una heurística para optimizar los patrones de ubicación espacial para instalaciones físicas, como plantas de fabricación" (Armour & Buffa, 1963: 295); finalmente, un tercer grupo sitúa sus comienzos en 1957, en los trabajos del Dr. J. Patrick Hanratty y el desarrollo de PRONTO: un sistema de programación pensado para ser utilizado en máquinas CNC comerciales.

Lo concreto es que el nacimiento de los sistemas de representación digital se encuentra estrechamente vinculados con el surgimiento de las primeras computadoras personales (PC), y una reducción de los costos de los equipos periféricos (impresoras, plotters y tabletas digitalizadoras): "un efecto multiplicador comparable al impacto revolucionario que produjo

'la imprenta' en los procesos de comunicación de ideas" (Montagu et al, 1993: 15).

En arquitectura, los primeros intentos por emplear los sistemas digitales en el diseño comenzarían a finales de la década de 1970, por autores como Charles Eastman, Lionel March y Philip Steadman o William Mitchell, llegando a consolidarse recién en los años 80 con la aparición y comercialización de las primeras plataformas CAD (Caetano et al, 2020). Finalmente, con la llegada de la década de 1990, el uso de los sistemas digitales en el campo proyectual quedaría afianzado, principalmente con la popularización de los programas CAD, y la difusión de los ordenadores personales en los estudios de arquitectura.

En poco tiempo, un sinnúmero de nuevas herramientas computacionales ha permitido a los diseñadores automatizar tareas repetitivas, simular el rendimiento de los edificios, llegando a plasmar el tiempo y el espacio dentro de sus obras. Sistemas digitales cada vez más exactos, han dotado al diseñador de instrumentos que potencian su creatividad llevándolo hacia confines

remotos en que las fronteras disciplinarias acaban desdibujadas bajo una bruma binaria de ceros y unos. Para el crítico estadounidense Charles Jencks, se trata de una nueva racionalidad, donde los conocimientos quedan superpuestos en sus ingenios, proporcionando a sus autores desconocidas destrezas (2004).

En menos de treinta años, bajo un enfoque emergente los diseñadores han pasado de utilizar los sistemas digitales como herramientas de representación, hacia el desarrollo de potentes instrumentos para la creación de nuevas formas y procedimientos. En palabras de Edgar Morin, estamos viviendo un nuevo paradigma, el paradigma de la complejidad que parece querer superar cualquier elemento del pasado (1992). Una evolución donde el diseño computacional no ha sido la excepción: en los últimos tiempos se ha producido una nueva generación de procedimientos digitales cada vez más poderosos, que simbolizan el deseo del hombre por materializar y compartir sus pensamientos y creaciones. Para la arquitecta israelí Neri Oxman, se trata de un proceso que busca integrar diferentes técnicas basadas en la computación, como

la simulación de edificios, la optimización evolutiva y los procesos de fabricación innovadores, algo que ha originado nuevos enfoques y miradas de diseño (2014).

Buscando una primera clasificación sobre el tema, los investigadores Caetano, Santos y Leitão, diferencian el diseño digital del diseño computacional. En primer lugar, el diseño digital se refiere a aquellos procedimientos que utilizan la informática en el proceso de diseño, únicamente como elementos de representación, por ejemplo, el uso de herramientas CAD como dispositivos de dibujo, sin utilizar explícitamente el ordenador durante la etapa proyectual; en tanto que, el diseño computacional implica utilizar el ordenador para desarrollar el proyecto, se trata de un proceso que aprovecha las capacidades computacionales a través de la automatización de los procedimientos de diseño, gestionando de forma eficiente grandes cantidades de información, incorporando y programando cambios de manera rápida y flexible, y ayudando a los diseñadores en el proceso de búsqueda de resultados a partir de la simulación de modelos (Caetano et al, 2020).

A partir de estos supuestos, y con la hipótesis de que la evolución de los sistemas digitales usados durante el proceso proyectual, ha producido un distanciamiento con el tradicional enfoque que concibe al ordenador como un instrumento de representación del espacio (Diseño Digital), para producir una nueva perspectiva que vincula su utilización como una herramienta potenciadora de las capacidades proyectuales de los diseñadores (Diseño Computacional), este trabajo tiene como objetivo el análisis y la clasificación de tres proyectos emblemáticos de finales del siglo XX que, aunque no construidos, marcaron un hito en la historia de la arquitectura reciente.

Para su análisis tomaremos como referencia la taxonomía elaborada por Inês Caetano, Luís Santos y António Leitão, en su artículo Computational design in architecture: Defining parametric, generative, and algorithmic design (2020). En dicho trabajo, los autores identifican que el 71 % de la bibliografía científica contemporánea relacionada con el diseño computacional, se encuentra asociada a tres términos: el diseño paramétrico, el diseño algorítmico y el diseño generativo. Razón por la cual, utilizaremos estos términos a modo de ejes para nuestra clasificación y estudio.

Finalmente, este trabajo, no pretende ser una clasificación definitiva y cerrada, sino un punto de partida que anime a futuros trabajos que promuevan la discusión y el completamiento de este tema.

El diseño paramétrico: el uso de formas líquidas en el proyecto Variable Data Forms

Conceptualmente, el diseño paramétrico puede ser entendido como un proceso de proyectación basado en un pensamiento algorítmico que utiliza parámetros y reglas para restringir su actividad (Jabi, 2013), desde esta mirada se concibe a los parámetros como factores numéricos o

elementos medibles que forman un conjunto y definen un sistema, establecen las condiciones de su funcionamiento (Diccionario Oxford). Se trata de una codificación de las restricciones geométricas, y de los datos dimensionales capaces de definir geometrías (Szalapaj, 2001).

Para el arquitecto Yasser Zarei, el diseño paramétrico permite generar prototipos conceptuales para los que se requiere de conocimientos de programación (2012), un diseño basado en códigos que posibilita la generación de varias alternativas proyectuales, sin recrear manualmente los modelos (Elghandour et al. 2014). En su esencia implica la optimización del proyecto, buscando encontrar la solución que se desempeñe de un modo aceptable, y satisfaiga las restricciones iniciales (Eggert, 2004).

Un ejemplo interesante al respecto es el proyecto Variable Data Forms, elaborado en 1999, por el arquitecto Marcos Novak: una investigación de vanguardia, orientada al desarrollo de lo que él denominaba arquitectura líquida. Se trataba de un término acuñado en 1993, para referirse

a un nuevo tipo de arquitectura que no respetaba los códigos de la naturaleza: un modelo digital, de raíz algorítmica donde cualquier cambio en las variables iniciales, alteraba las características del espacio físico obtenido. Mediante una compleja relación de parámetros, Novak había desarrollado un conjunto de herramientas matemático-digitales, capaces de crear formas abstractas, fluidas e imaginarias: un compendio de nuevas geometrías topológicas que se desprendía de las expectativas lógicas, de las leyes de la gravedad y de las limitaciones racionales de la geometría euclíadiana (1991).

Pionero en el diseño de formas virtuales, Novak consideraba a los ordenadores como una herramienta de enorme potencial, que iba más allá que la de su utilización como un mero sistema de representación. Sus diseños están impregnados de una mirada escultórica, de formas geométricas abstractas, desarrolladas a través del uso de técnicas paramétricas dentro de una realidad virtual.

A partir del planteo de estos conceptos, Novak, elaboraría una serie de prototipos dando lugar a la creación de una arquitectura cambiante: un diseño digital, bajo un proceso metamórfico donde el espacio se dobla, gira, muta, cambia de color e interactúa con las personas, a través del ingreso y egreso de información (parámetros); se trata de un archivo codificado que permitía ser transportado a múltiples sitios, desde un entorno virtual, hasta una máquina CNC encargada de su fabricación.

En su desarrollo, Novak convierte sus creaciones en bits de información interconectados, una producción inmersiva y tridimensional susceptible de sufrir distorsiones: un mundo virtual, donde los parámetros y la forma, son convertidos en un flujo binario de contenidos, capaces de redescubrir relaciones invisibles a la vista normal de las personas. Se trata de una arquitectura “de partes fijas y vínculos variables”, un tipo de entidad animística, animada, metamórfica, que supera los confines de las categorías y requiere las operaciones cognitivamente ricas del pensamiento poético (Novak, 1991).

Para el arquitecto Branco Kolarevic, estamos ante un proceso de diseño mediante el cual se define los parámetros del proyecto, no su forma, esto posibilita la obtención de varias soluciones mientras que se mantiene la consistencia general (2003). En este sentido, Novak utilizaría los sistemas digitales como un vehículo de exploración: a través de sus códigos construye espacios virtuales mutables de acuerdo con vínculos paramétricos, perspectivas concebidas a partir de un número indefinido de operaciones topológicas de deformación (Kolarevick, 2003). Algo que para el profesor Yehuda Kalay, es un modelo computacional basado en ecuaciones que permiten visualizar en tiempo real los efectos al cambiar los parámetros iniciales (1989). Una nueva concepción de la forma, ahora fluctuante, una pulsación temporal y espacial, que reacciona a los estímulos: una sinfonía en el espacio reducida a bits de información (Kalay, 1989). (Figura 1)

El diseño algorítmico: la codificación de la forma en el proyecto del Biocentro de la Universidad de Frankfurt

Para el profesor Kostas Terzidis, el Diseño Algorítmico, es un tipo particular de trabajo basado en el uso de programas informáticos con el fin de producir formas y espacios utilizando para esto pautas inherentes a la lógica arquitectónica (2003). En esencia, se trata de un procedimiento que permite incorporar la complejidad computacional y la utilización creativa de los ordenadores dentro del proceso proyectual (Tersidis, 2003). Un medio para generar modelos de un modo directo, usando un conjunto de instrucciones o reglas matemáticas simples, las cuales son personalizadas por el usuario (algoritmos o scripts), con el fin de obtener una familia de posibles soluciones, reduciendo las limitaciones de las aplicaciones existentes.

Un ejemplo interesante al respecto es el proyecto para el Concurso Internacional para el Centro de Investigaciones

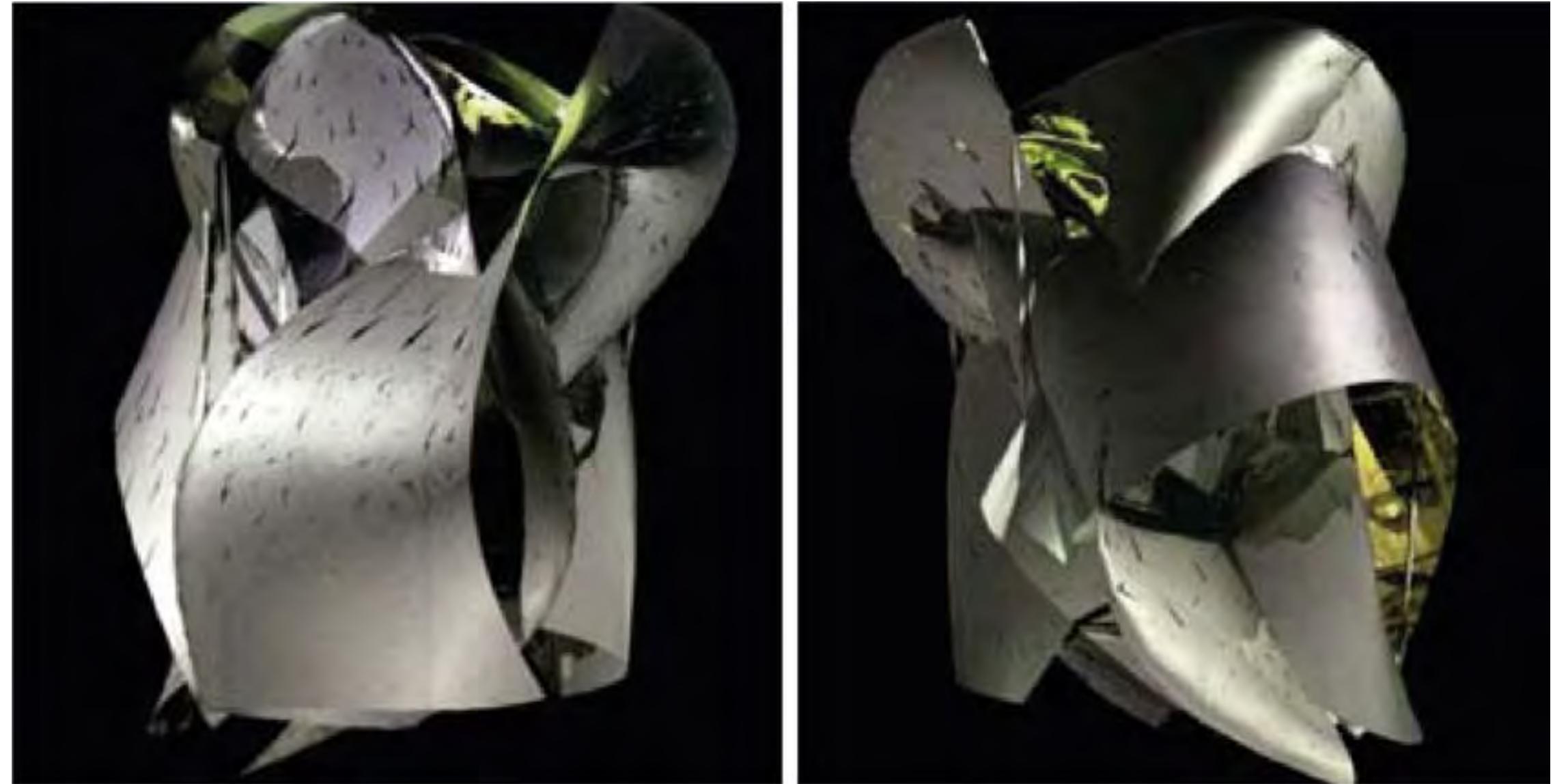


Figura 1. Variable Data Forms. Fuente: https://www.researchgate.net/publication/251076550_ENTRE_CONCEITOS_METAFORAS_E_OPERACOES_CONVERGENCIAS_DA_TOPOLOGIA_NA_ARQUITETURA_CONTEMPORANEA

Biológicas Avanzadas de la Universidad de Frankfurt, desarrollado por el arquitecto Peter Eisenman, en 1987. Conocido como Biocentro, la competencia preveía la ampliación de unos laboratorios y espacios anexos a los edificios principales existentes en el campus.

Por aquel entonces, en un intento por distanciarse de los criterios normativos de la arquitectura tradicional, Eisenman se encontraba interesado en las teorías desarrolladas por el filósofo y lingüista estadounidense Noam Chomsky (1957) que proponía lo que él llamaba “gramática generativa”: un proceso innato del cerebro humano a través del cual, este era capaz de traducir una combinación determinada de ideas, en una composición de códigos.

Como teórico de la arquitectura, Eisenman, buscaba “encontrar las estructuras, las leyes o principios que expliquen la aparición de la forma” (Moneo, 2004: 148). Para esto, en el proyecto del Biocentro, buscando explorar nuevos rumbos que lo llevaran a traspasar los límites disciplinarios Eisenman introduce un modelo biológico: la representación artificial que utilizan los biólogos para explicar la construcción de proteínas por parte del ADN. Se trata de cuatro figuras geométricas que representan a cada uno de los aminoácidos involucrados: pentágono para la citosina (C), cuña para la timina (T), arco para la adenina (A) y cinta para la guanina (G). Además, estas formas estaban representadas con un color específico, cuyas caras internas tenían un par correspondiente al que se les unía para generar una cadena de doble hebra que reproducía el esquema de la proteína del colágeno (Eisenman 1987).

Para el proyecto, Eisenman ubicaría sobre el terreno el esquema en escala de la cadena de ADN: una secuencia precisa en línea recta que comenzaba en la entrada principal del predio. A continuación, seleccionó los cinco pares de figuras ubicados cerca del edificio de química existente, para convertirlos en los elementos claves que darían origen a los nuevos laboratorios del proyecto. Se

trataba de una descomposición del objeto en sus partes elementales, para luego aplicarles una serie de operaciones formales. Un proceso generativo análogo al biológico, donde a partir de los sistemas digitales el diseño articulaba los tres procesos básicos que se producen en la generación de proteínas: la replicación, la transcripción y la traducción. En este sentido, es conveniente destacar que, pese a que Eisenman asegura haber utilizado procesos biológicos, de acuerdo con el profesor Chris Yessios (1987), en realidad lo que se utilizaron fueron procedimientos fractales análogos a estos. Es decir, a través del uso de la analogía, los cinco pares de figuras originalmente seleccionados fueron interpretadas arquitectónicamente y transformadas de modo sucesivo, mediante la utilización de algoritmos digitales, que empleaban técnicas fractales, para generar resultados similares a los procesos biológicos: una sucesión de transformaciones isomórficas, programadas y concatenadas, conocidas como macrotransformations, producían una progresiva alteración de la forma. Esto implicaba una subrutina de programación que agrupaba diferentes operaciones formales de manera consecutiva

(por ejemplo, traslación, rotación y extensión) y que podían ser aplicadas al modelo produciendo distintas deformaciones que alteraban el resultado espacial final (Lynn, 2013).

Con el fin de desarrollar este proceso, Eisenman recibía la ayuda de Chris Yessios, quien había creado los códigos de programación como diferentes capas de información, permitiendo que los resultados pudieran superponerse a modo de layers, y en caso de modificación, solo fuera necesario reescribir parcialmente la capa afectada. Introducidas las subrutinas en el ordenador, este efectuaba las operaciones matemáticas y generaba un modelado alámbrico bidimensional del proyecto, algo que permitía mantener controlada la complejidad del modelo. Posteriormente, se le añadía la tercera magnitud, posibilitando que las formas girasen y se movieran dentro de un espacio cartesiano de coordenadas.

Eisenman, utilizaría esta herramienta informática, para

generar figuras en diferentes escalas y posiciones, de acuerdo con una secuencia procedente de una estructura lógica del código, factible de revisarse, adaptarse o repetirse sin cesar, una codificación que, reconociendo la posición de los elementos pudiera cambiar sus resultados (Serraino, 2002: 39).

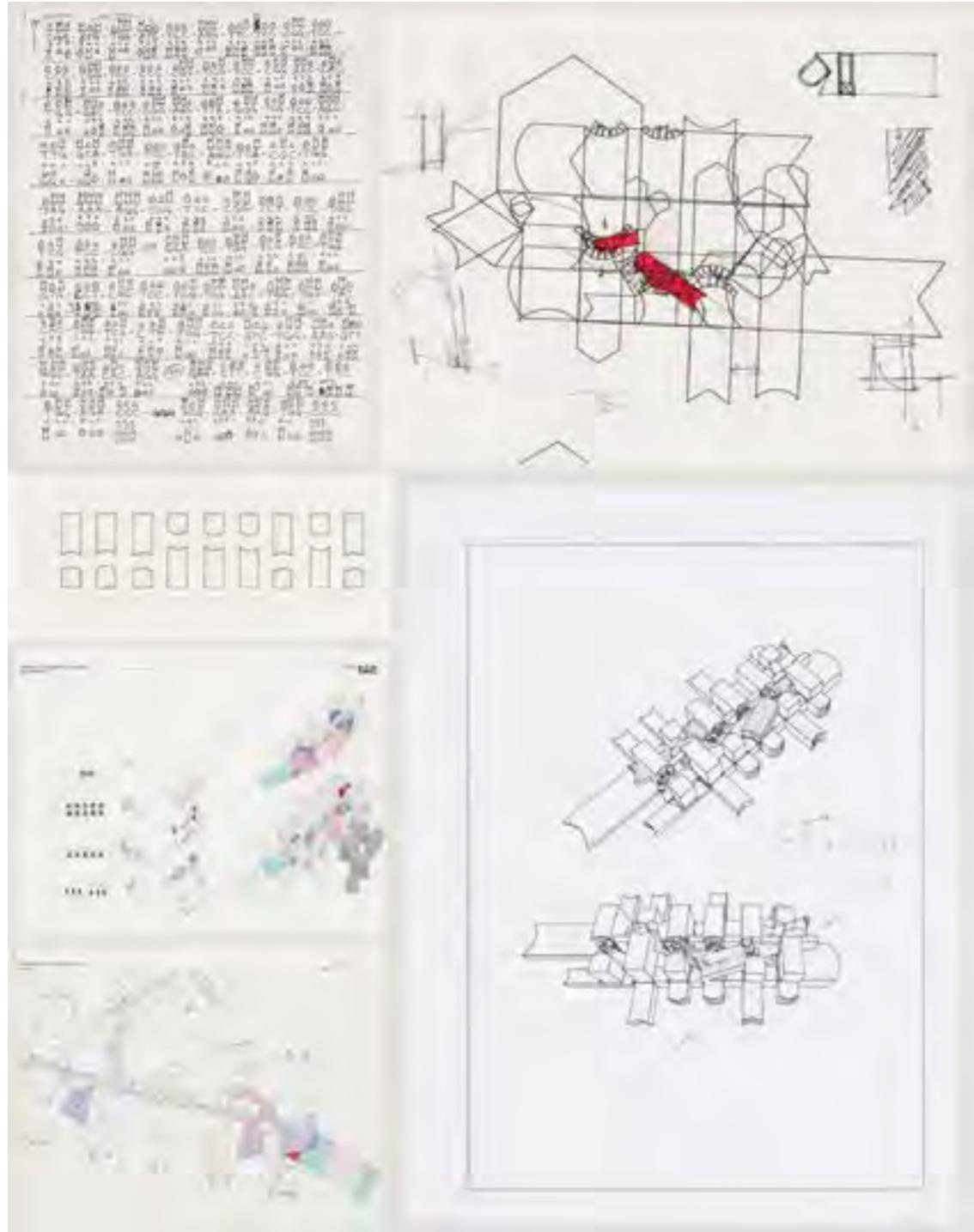


Figura 2. Biocentro de la Universidad de Frankfurt. Fuente: https://www.cca.qc.ca/en/search?page=6&query=biocenter+eisenman&_1642085539199

El diseño generativo: la génesis biológica en el proyecto de la Casa Embriológica

Para el profesor John Frazer, el Diseño Generativo corresponde con un tipo particular de diseño que utiliza el espacio virtual del ordenador de un modo análogo a los procesos evolutivos existentes en la naturaleza (2002). Es decir, un proceso proyectual que emplea algoritmos evolutivos con el fin de producir múltiples soluciones (Bernal et al., 2015) de una manera autónoma a partir de parámetros predefinidos.

Se trata de un proceso que supera los procedimientos tradicionales del diseño manual con el fin de obtener soluciones a problemas complejos, que difícilmente pudieran ser encontrados usando los métodos habituales (Zee y Vrie, 2008). Un proceso que aprovecha las potencialidades de los sistemas digitales, generando diferentes variaciones proyectuales, que incluye los accidentes felices, es decir, los resultados inesperados que impactan positivamente en los procesos de diseño (Chaszary Joyce, 2016). En este sentido, el Diseño Generativo permite alcanzar respuestas aparentemente creativas, ya que, con cada iteración del programa, al combinar de un modo diferente los parámetros, ofrece la oportunidad de generar nuevas composiciones resultantes (Bernal et. al., 2015).

Un proyecto interesante que utilizaría el diseño generativo para establecer una nueva relación entre arquitectura, tecnología y biología, es el de la Casa Embriológica desarrollado por el arquitecto Greg Lynn, en 1998. La Casa Embriológica, tomaba su nombre de un término heredado del campo de la morfogénesis biológica, y que sería adaptado por Lynn a través de las plataformas digitales para usarlo en el mundo del diseño.

El proceso comenzaba con una forma simple, bautizada como huevo, una célula básica o genotipo digital de conformación esférica regular y simétrica, definida matemáticamente mediante códigos binarios y geometrías

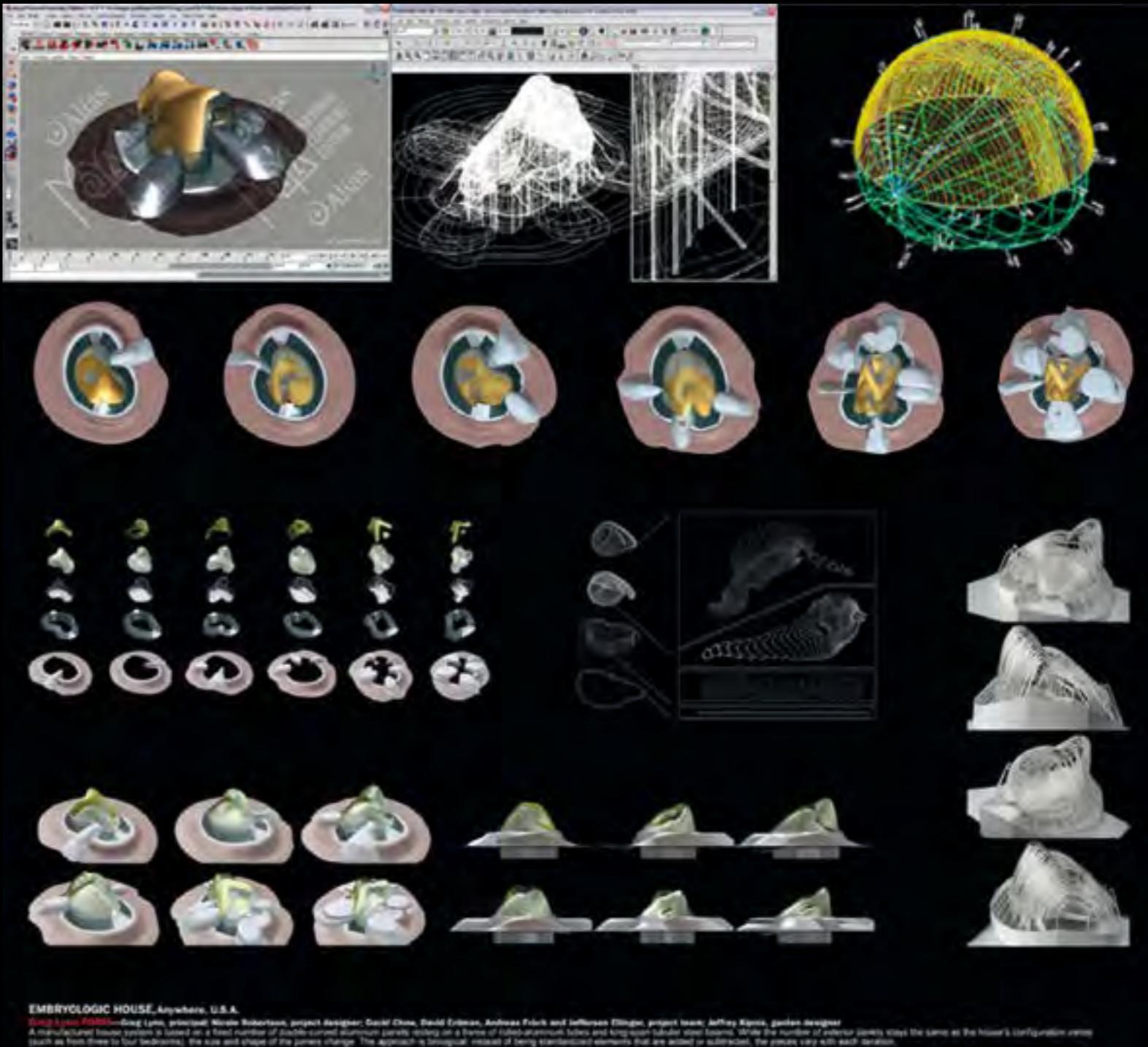
NURBS, con 12 puntos o parámetros de control, a través de los cuales se producirían las diferentes mutaciones de esta semilla (Lynn, 2013). A continuación, se introducía los valores del contexto en la matriz digital del ordenador (orientación, incidencia de luz solar, vientos, entre otros aspectos) dando comienzo al proceso de morfogénesis: una evolución matemático-digital del concepto de diseño bajo una transformación generativa que altera la célula base, permitiendo que la forma crezca y se desarrolle rompiendo su simetría inicial, de acuerdo con un modelo holístico que reaccionaba según las fuerzas producidas por el ambiente.

Una vez iniciado el proceso generativo el sistema ejecutaba las instrucciones codificadas hasta que se satisfacía el criterio de parada, es decir, hasta que el algoritmo encontraba la solución de diseño que mejor se aproxime al objetivo de rendimiento previamente establecido por el diseñador (Bernal et al, 2015).

Finalmente, el programa daba como resultado una forma virtual desarrollada a partir de teorías aritméticas y sistemas digitales, una arquitectura eficiente que se adapta al contexto de acuerdo con los parámetros previamente establecidos.

Un modelo digital, que utiliza la geometría topológica para producir formas no previstas inicialmente por el diseñador. Para Caetano, Santos y Leitão, este concepto es fundamental en el diseño generativo, ya que permite generar resultados complejos incluso a partir de descripciones algorítmicas simples, haciendo que sea difícil correlacionar el algoritmo usado con el resultado que este generará en el futuro (2020). Para el arquitecto Alfonso Muñoz Cosme, lo interesante de este proceso es que el diseñador desconoce las soluciones a las que arribará, en el camino no existe una imagen preconcebida de sus efectos: al carecer de condicionantes previos, sus diseños poseen una mayor libertad y apertura (2008).

Imagen 3. Casa Embriológica. Fuente: <https://www.docam.ca/conservation/embryological-house/GL6BContents.html>



EMBRYOLOGIC HOUSE, Anywhere, U.S.A.

Design: Lynn, Pfeiffer + Linares, principal: Nicolas Robertson, project designer; David Chou, David Erlichman, Andreas Fröhlich and Jefferson Ellingsen, project team; Jeffrey Kamps, graphic designer
A manufactured house system is based on a fixed number of double-curved aluminum panels resting on a frame of hollow-aluminum tubes and king-shear tubular steel beams. While the number of exterior panels stays the same as the house's configuration varies (such as from three to four bedrooms), the size and shape of the panes change. This approach is biological: instead of being standardized elements that are added or subtracted, the pieces vary with each iteration.

Conclusiones

En los últimos tiempos, los sistemas digitales han adquirido cada vez más relevancia en la arquitectura contemporánea. Un cambio crítico dentro de la disciplina, ya que – aunque aún subsiste el mito de azar, de los accidentes felices, de los experimentos sin motivación y de la eterna aversión del diseñador por ceder el control del proceso de diseño a un software– estamos ante una poderosa herramienta generativa proyectual que está modificando el modo en que se diseña y materializa la arquitectura (Lynn, 2013). Una nueva mirada audaz y atrevida que ha redefinido el papel del arquitecto contemporáneo, para que considere la tecnología como una aliada proyectual, donde “las formas dejaron de ser dibujadas o representadas para pasar a ser calculadas” (Cruz, 2013: 7).

De acuerdo con los objetivos planteados, y según el modo en como los diseñadores han empleado el diseño computacional durante el proceso de creación, se ha podido analizar y clasificar tres proyectos emblemáticos de la historia de la arquitectura reciente.

En primer lugar, en los casos estudiados tanto la obra de Novak como la de Eisenman, o la de Lynn, tienen en común la presencia de un sistema que establecía las condiciones generales de su funcionamiento, es decir, desde un punto de vista reduccionista, las tres obras podrían ser consideradas paramétricas, ya que todas ellas trabajan con parámetros: factores numéricos o elementos medibles que conforman un conjunto mayor, que define los límites y alcances del proceso particular. Sin embargo, esto no puede ser considerado una regla absoluta, puesto que es posible encontrar casos en donde pese a haber utilizado un diseño algorítmico, su resultado puede no llegar a ser un conglomerado articulado que lo transforme en un diseño paramétrico.

En segundo lugar, tanto la obra de Eisenman como la de Lynn o la de Novak, pueden considerarse desarrolladas a partir de un Diseño Algorítmico, ya que en todos los

casos emplean algoritmos para generar el proyecto. Sin embargo, la diferencia principal entre ellos es el concepto de trazabilidad: en el caso de las obras de Eisenman o de Novak, existe una correlación entre los algoritmos usados (descripción algorítmica que usa principalmente el concepto de operaciones formales) y el modelo final obtenido. Algo que no sucede en la obra de Lynn, desarrollada bajo un diseño generativo, capaz de producir resultados complejos e inesperados, a causa de lo que se conoce como “accidentes felices” (Chaszar y Joyce, 2016).

En tercer lugar, si bien los tres proyectos habían sido desarrollados a partir de un Diseño paramétrico, existía una profunda diferenciación entre ellos: en el caso de Eisenman, este había utilizado el diseño computacional de una manera intuitiva, ya que carecía de los saberes informáticos y tecnológicos para estos. En su proceso, requería de programadores y diseñadores que a modo de intérpretes tradujeran sus ideas a ceros y unos. En el otro extremo, se encontraban las obras de Novak, y de Lynn, una segunda generación de diseñadores computacionales, que

no solo poseían los conocimientos técnicos para programar sus propias plataformas, sino que también conocían los trabajos y los fundamentos teóricos previos. De hecho, Lynn había formado parte del equipo que trabajó en el Biocentro de Eisenman, situación que le otorgaba gran ventaja a la hora de gestionar y desarrollar sus proyectos digitales. Sin embargo, la diferencia fundamental entre los proyectos se encontraba en el modo en como se usaba el ordenador, mientras que en el proyecto de Novak o de Eisenman, eran ellos quienes interactuaban con el sistema dirigiendo los procesos para la elaboración de diferentes alternativas. En el caso de Lynn, una vez que el ordenador comenzaba a iterar, era un algoritmo generativo el encargado de producir una sucesión de posibles soluciones.

Para concluir, es importante remarcar que, en esta primera etapa del diseño computacional, los diseñadores carecían de una bibliografía consolidada, situación que producía que muchos conceptos fueran utilizados de un modo permeable, produciendo superposiciones y ambigüedades en sus significados. Un proceso de mutación en el tiempo, que aún

subsiste, y que dificulta en muchos casos la clasificación y el análisis de las obras.

Finalmente, es conveniente destacar de que, el uso de los sistemas computacionales no implica la ausencia o el reemplazo del “Diseñador”, que en este modelo de proyectación continúa siendo relevante para la elaboración de los procesos y las tomas de decisiones. Para Manuel de Landa, el diseñador se transforma en un “creador de formas” que mediante cambios genéticos continuos intentará determinar cuáles son las respuestas mejor adaptadas al entorno.

La implementación del diseño computacional ha obligado a los proyectistas, a que adquieran conocimientos adicionales que le permitan explorar y evaluar soluciones complejas, crear e implementar técnicas de fabricación avanzada, y controlar las diferentes etapas proyectuales (Caetano et al, 2020). Esto implica, un nuevo modo de plantear la relación entre teoría y práctica, un cambio de mirada que está influyendo tanto en la arquitectura, como en la conformación de las ciudades.

Referencias

- Armour, G, Buffa, E. (1963). A Heuristic Algorithm and Simulation Approach to Relative Location of Facilities. *Science* 9 (2). January, 294-309.
- Bernal, M.; Haymaker, J.; Eastman, C. (2015). On the role of computational support for designers in action. *Design Studies*. Volume 41, Part B, November 163-182.
- Caetano,I.;Santos,L.;&Leitão,A.(2020).Computational design in architecture:Defining parametric, generative, and algorithmic design. *Frontiers of Architectural Research*, 9(2), January, 287-300.
- Chaszar, A., & Joyce, S. C. (2016). Generating freedom: Questions of flexibility in digital design and architectural computation. *International Journal of Architectural Computing*, 14(2), 167-181.
- Cosme Muñoz, A. (2008). El proyecto de arquitectura: concepto, proceso y representación. Estudios universitarios de arquitectura. Barcelona: Editorial Reverté.
- Cruz, D. (2013). *Tecnologías aplicadas*. Santiago de Chile: Escuela de Artes Visuales Universidad.
- Eggert, R. (2004). *Engineering design*. Pearson/Prentice Hall.
- Eisenman, P. (1987). Biocenter. Eisenman Architects. <https://eisenmanarchitects.com/Biocenter-1987>
- Elghandour, A.; Saleh, A.; Aboeineen, O.; Elmokadem, A. (2014). Using Parametric Design to Optimize Building's Façade Skin to Improve Indoor Daylighting Performance. 353-361
- Frazer, J.; Frazer, J.; Xiyu, L.; Mingxi, T.; Janssen, P. (2002). Generative and evolutionary techniques for building envelope design. *Proceedings of the 5th International Conference on Generative Art*. Milan, Italy, 1-16.
- Iwamoto, Lisa. (2009). *Digital Fabrications. Architectural and material techniques*. New York: Princeton Architectural Press.
- Jabi, W. (2013). *Parametric design for architecture*. Hachette UK.
- Jencks, C. (2004). *El nuevo paradigma en la arquitectura contemporánea*. Valencia: Ediciones Generales de la Construcción.
- Kalay, Y. (1989). *Modeling Objects and Environments Principles of Computer Aided Design*. New York: Wiley.
- Krause,J.(2003).Reflections:the creative process of generative design in architecture. *Proceedings of the 6th International Conference on Generative Art*.
- Kolarevic, B. (2003). *Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing*. New York: Branko Kolarevic edic.
- Lynn, G. (2013). *Archaeology of the Digital*. Montreal: Canadian Centre for Architecture.
- Moneo, R. (2004). Inquietud teórica y estrategia proyectual en la obra de ocho arquitectos contemporáneos. Barcelona: Actar.
- Montagu,A.;Mariño,M.;Igarzabal De Nistal,M. (1993). *El aporte de la informática en la arquitectura, el diseño y el urbanismo*. Buenos Aires: Dir. Investigación, Sec. De Inv. y Post. FADU. UBA.
- Novak, M. (1991). *Liquid Architecture in Cyberspace*. *Cyberspace: First Steps*. Benedikt, Michael. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Oxman, N. (2013). *Water-base Digital Fabrication Platform*" [online]. Projects. Massachusetts. EE. UU: Massachusetts Institute of Technology.
- Pimentel, D. (2004). *Superconectados. Cultura Digital: comunicación y sociedad*. Arturo Montagu. Buenos Aires: Paidos.
- Serraino, P. (2002). *History of Form *Z*. Basel: Birkhäuser.
- Szalapaj, P. (2001). *CAD principles for architectural design*. Routledge.
- Terzidis, K. (2003). *Expressive form: A conceptual approach to computational design*. Routledge.
- Van der Zee, A., & De Vries, B. (2008, December). Design by computation. In *GENERATIVE ART CONFERENCE* (11, 35-37).
- Yessios, C. (1987). *A Fractal Studio. Integrating Computers into the Architectural Curriculum*. *ACADIA Conference Proceedings*. North Carolina: Raleigh, 169-182.
- Zarei, Y. (2012). *The challenges of parametric design in architecture today: Mapping the design practice* (Doctoral dissertation, The University of Manchester (United Kingdom)).

* **Contribución:** el trabajo fue íntegramente realizado por los autores.

* El Editor en Jefe de la revista Arq. Carla Nobile aprobó la publicación final del artículo.