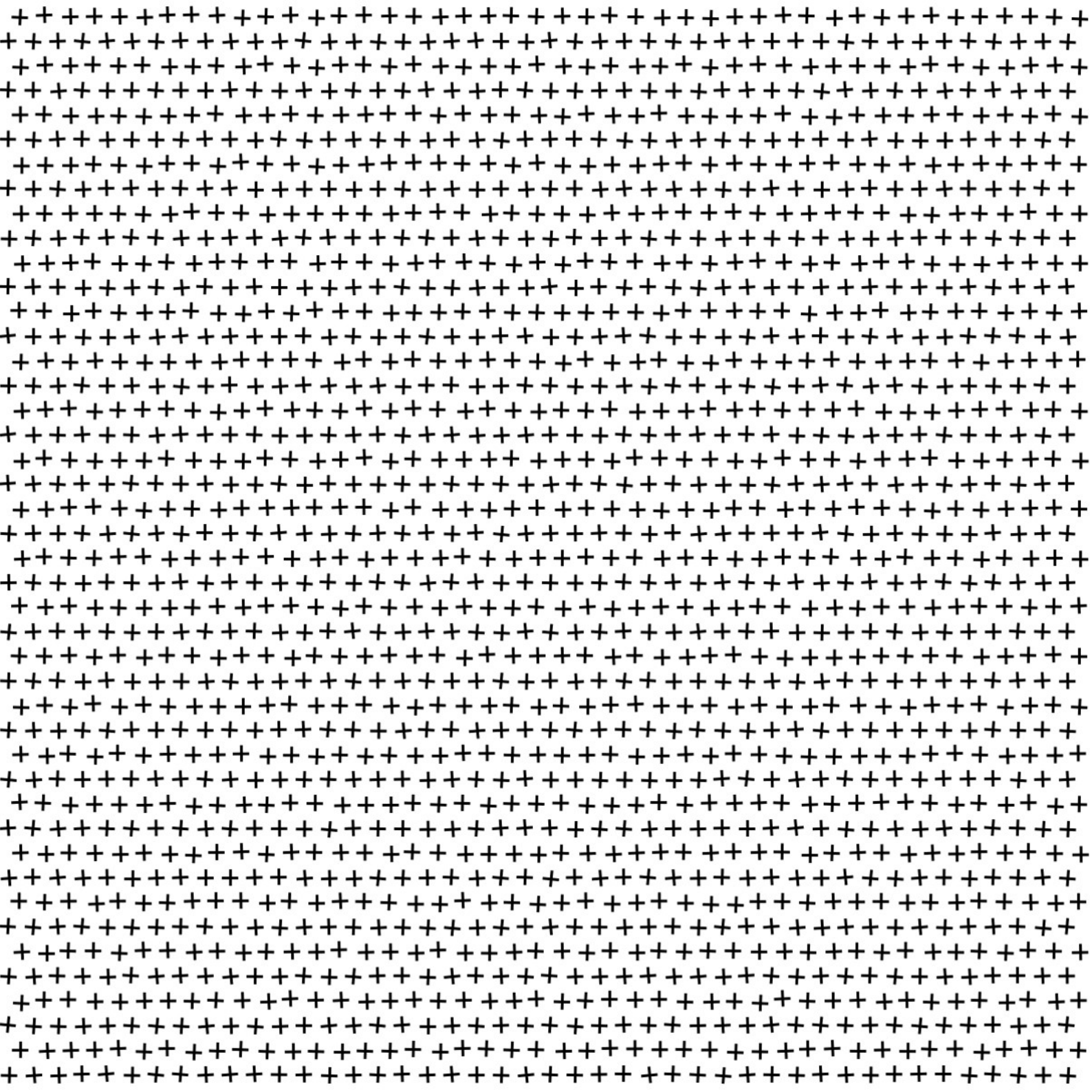




VANGUARDIAS COMPUTACIONALES

UN DISCURSO CONTEMPORÁNEO



Trabajo Fin de Grado
Noviembre 2018

VANGUARDIAS COMPUTACIONALES
Un discurso contemporáneo

Maravillas Fernández Castilla
Tutor: Eduardo Martín Martín

Departamento de Expresión Gráfica | Área de Proyectos Arquitectónicos
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Granada

ÍNDICE

1. Resumen y metodología	9
2. Introducción	10
3. Apartado I contexto	11
Procesos en la fabricación digital	18
4. Apartado II manifiestos	23
5. Apartado III el discurso figurativo	41
Instituto del Mundo Árabe / <i>Ateliers Jean Nouvel</i>	44
Experience Music Project / <i>Gehry and Partners</i>	46
Caixaforum Madrid / <i>Herzog & de Meuro</i>	48
Watercube – National Swimming Centre / <i>PTW Architects</i>	50
Northwest Corner Building - Universidad de Columbia / <i>Rafael Moneo</i>	52
Centro de Creación Contemporánea de Andalucía / <i>Nieto Sobejano Arquitectos</i>	54
Heydar Aliyev Centre / <i>Zaha Hadid Architects</i>	56
Louvre Abu Dhabi / <i>Ateliers Jean Nouvel</i>	58
6. Conclusiones	63
7. Traducciones	66
8. Bibliografía Webgrafía	69

“Abandonando el discurso del estilo, la arquitectura de los tiempos modernos parece que debe estar caracterizada por su capacidad de aprovechar las innovaciones que la ciencia y la técnica del tiempo presente ofrecen como logros específicos de esta misma modernidad. La relación nueva tecnología-nueva arquitectura queda ratificada como dato fundamental también en las que llamamos arquitecturas de las vanguardias, de tal manera que este ha sido un tópico difuso pero dominante en el pensamiento de los innovadores y en la figuración de las nuevas arquitecturas”.

Ignasi de Solà-Morales, 1997

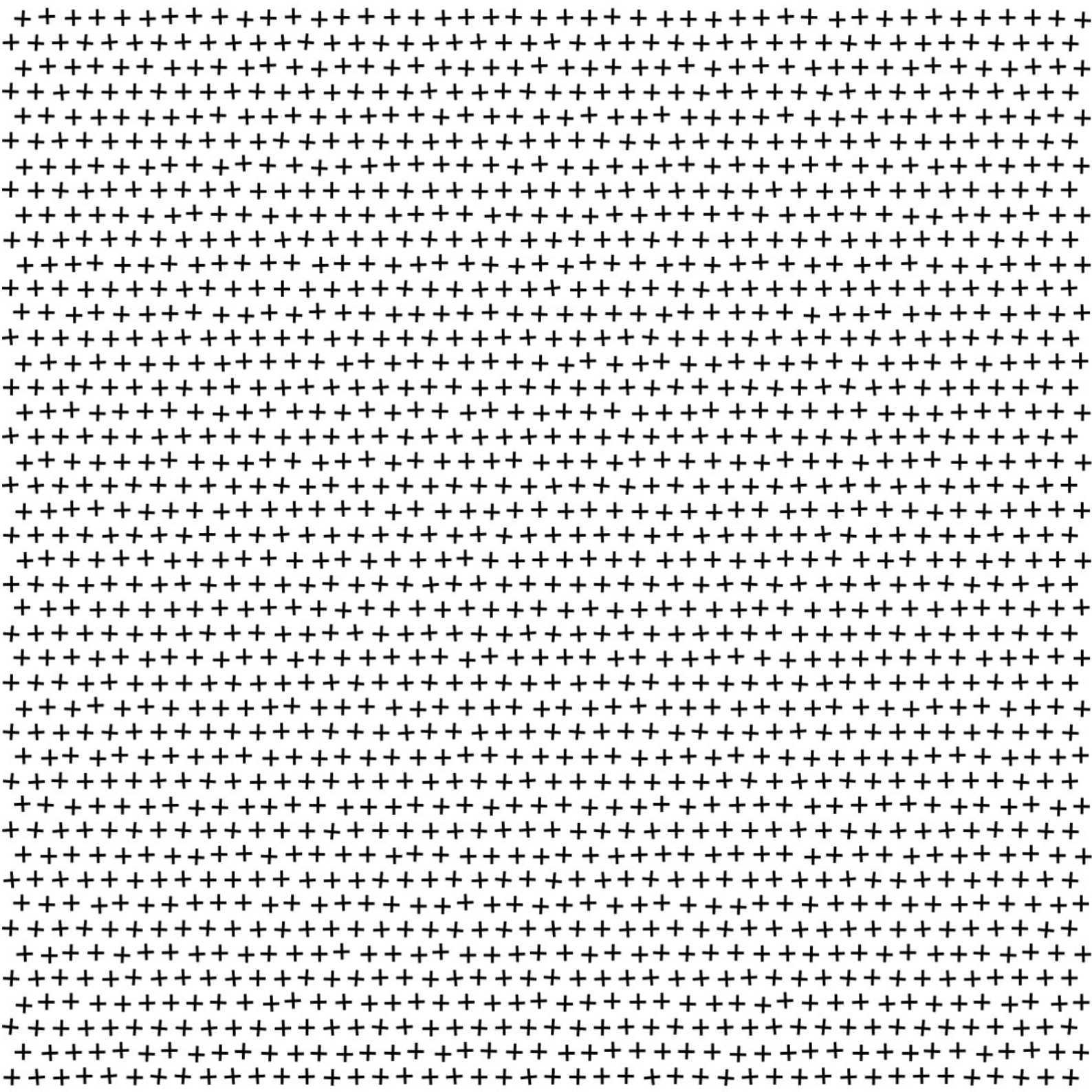
RESUMEN

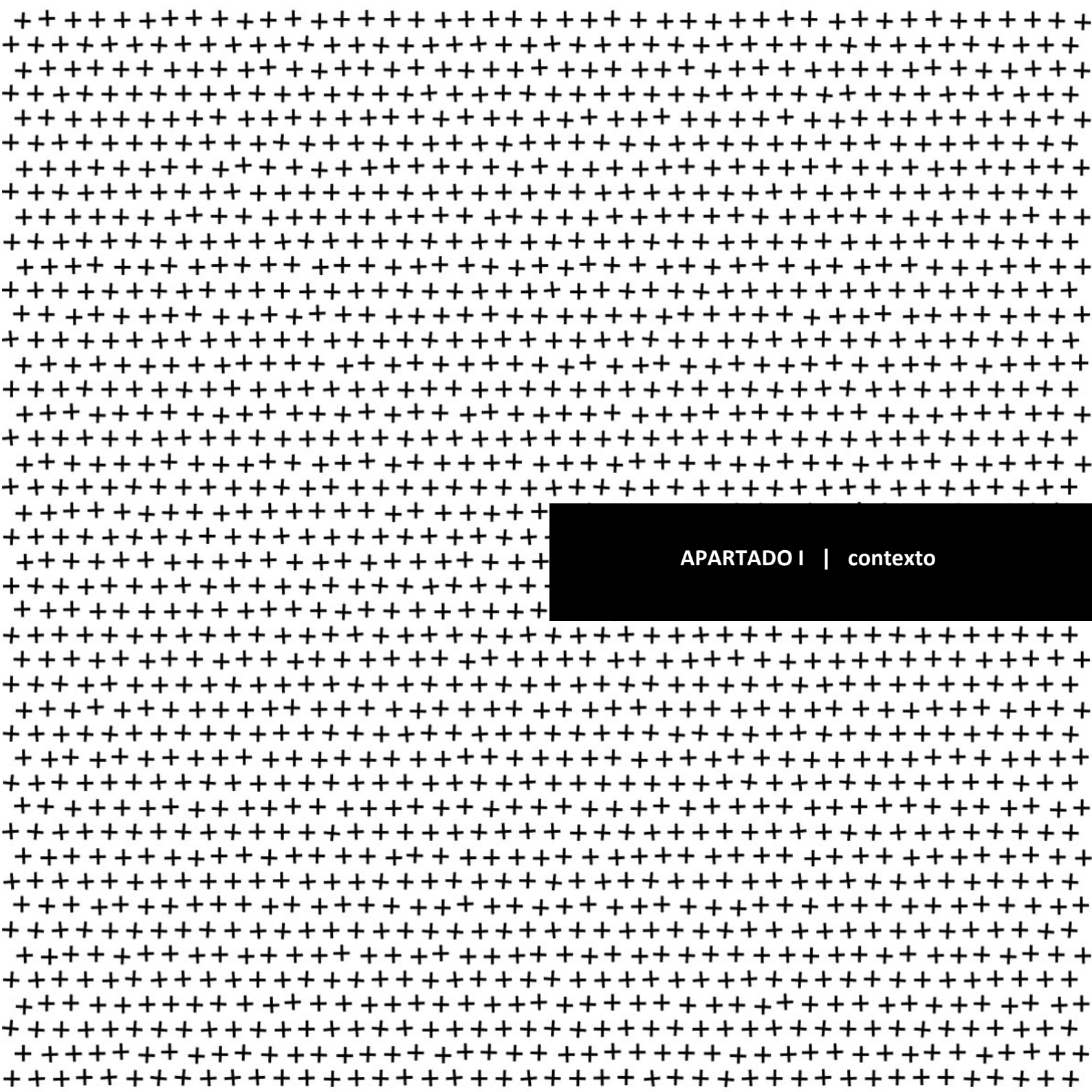
La sociedad cambia, evoluciona, y con ella la arquitectura. Los nuevos métodos computacionales se han filtrado dentro del campo del diseño permitiendo la solución de problemas complejos, algunos de ellos anteriormente irresolubles, que generan nuevas corrientes de pensamiento. Este trabajo pretende ser un altavoz de lo que sucede en la escena contemporánea, un resumen informando del impacto de las técnicas de computación y fabricación digital en el diseño arquitectónico actual, reconociendo los nuevos discursos formales que surgen a raíz de esta revolución, algunos de ellos buscando su lugar como estilo global, y brindando una instantánea de los últimos desarrollos en dicho campo ligado a un discurso histórico que permite entender cómo se han sucedido los hechos hasta la posición en la que nos encontramos.

METODOLOGÍA

Este trabajo es el resultado de la elaboración de un pensamiento crítico propio que intenta arrojar luz sobre las vanguardias arquitectónicas. Para ello se ha llevado a cabo una larga labor de recopilación de información que proporcione datos sobre los más novedosos pensamientos y desarrollos en el campo tecnológico, extrapolables a la arquitectura. La falta de bibliografía en lengua española ha llevado a consultar publicaciones en lengua inglesa de la Technische Informationsbibliothek de Hannover o a la búsqueda en repositorios digitales como el del Massachusetts Institute of Technology.

Tras la fase de recopilación bibliográfica, se ha procedido a una lectura detenida, madurando y creando un discurso que los interrelaciona con momentos históricos y pone en valor los procesos de investigación en la arquitectura actual. Este pensamiento se traduce en el presente trabajo, dividido en tres bloques temáticos que presentan la introducción, nudo y desenlace de una disertación formal sobre las nuevas formas de pensar, diseñar y construir arquitectura





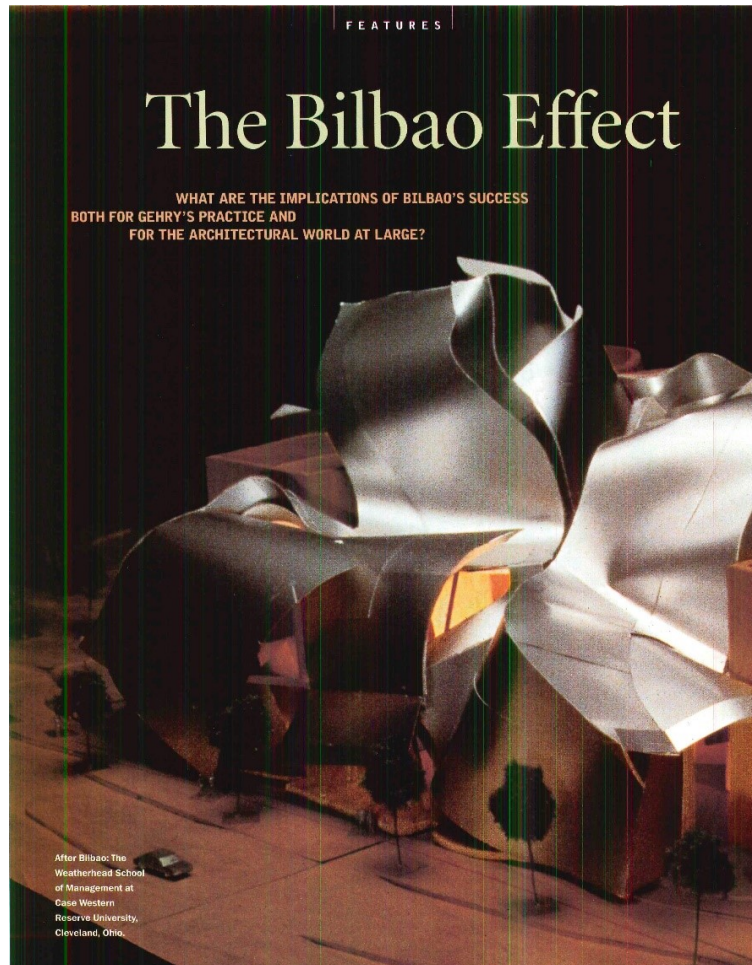
APARTADO I | contexto

“Integrating computer-aided design with computer-aided fabrication and construction [...] fundamentally redefines the relationship between designing and producing. It eliminates many geometric constraints imposed by traditional drawing and production processes—making complex curved shapes much easier to handle, for example, and reducing dependence on standard, mass-produced components. [...] It bridges the gap between designing and producing that opened up when designers began to make drawings.”

W. Mitchell y M. McCullough, 1995

Las superficies alabeadas que ostentan un lugar relevante en la arquitectura contemporánea plantearon en su origen la cuestión de cómo trabajar las variables espaciales y materiales de las formas no euclídeas. Para muchos escépticos las propiedades tectónicas de la arquitectura hacían cuestionable la utilidad de las complejas herramientas de modelado espacial introducidas por la nueva vanguardia digital. Sin embargo, aparecieron nuevos enfoques de diseño que se alejaban de la “producción de sistemas formales heterogéneos, fragmentados y conflictivos” del deconstructivismo para desarrollar una “lógica de conectividad más fluida” (G. Lynn, 1993). El hecho de que las geometrías topológicas se describan con precisión mediante NURBS (B-Splines racionales no uniformes), que resultan particularmente atractivas por la capacidad de dominio de su forma mediante la manipulación de puntos de control, hace posible las formas heterogéneas y coherentes y permiten su construcción por medio de procesos de fabricación controlados numéricamente por ordenador (CNC, por sus siglas en inglés). Es así como, recientemente aparecía el término “tectónica digital” al colapsar la vetusta dicotomía entre “digital” y “tectónica”, al tiempo que se extendía la computarización como mecanismo para entender ciertos materiales y su comportamiento estructural (N. Leach, 2004).

Los programas BIM (Building Information Modeling), siendo actualmente los más populares Revit y ArchiCAD, aparecieron a principios de siglo, cuando en 2002 Autodesk popularizó el término al publicar un libro blanco bajo el nombre “Building Information Modeling”. Aunque para aquel entonces ya existían algunos precedentes. Gehry and Partners había usado el software CATIA en los años 90 para el diseño y construcción del Museo Guggenheim de Bilbao, un hito en la historia de la fabricación digital. En un principio, Frank Gehry usó hojas de papel enrolladas y pegadas a mano para la obtención de la idea, sin embargo, las curvaturas de la propuesta excedían los conocimientos convencionales en la construcción con acero, por lo que Gehry tuvo que enfrentarse al reto de encontrar nuevas herramientas que le permitieran materializar su complejo proyecto. Es así como se introdujo el uso de CATIA en la arquitectura, cuyo uso había sido hasta entonces exclusivo de la industria aeronáutica, para conceptualizarlo mediante la cuantificación y mapeo de sus superficies. El posterior despiece de fachada permitió mediante procesos de fabricación CNC la manufacturación de las singulares piezas de titanio, numeradas en fábrica y colocadas in situ en su posición precisa.



F1. "The Bilbao Effect", *Architectural Record*, 1999

La falta de precedentes en este tipo de arquitectura llevó al edificio a poseer un desmesurado esqueleto conformado por unos cuatro millones de kilogramos de acero. Esto, junto con lo transgresor de la propuesta, lo convirtió en objeto de polémica durante su construcción, recibiendo duras críticas. Sin embargo, la importancia del Museo Guggenheim (1997) reside en la pionera utilización de la manufacturación digital, usándose por primera vez en la arquitectura. La denominada “*customización en masa*” (S. Davis, 1987) ha producido una brecha en la fabricación tradicional, posibilitando la producción en serie de piezas no estandarizadas sin que esto suponga un aumento del costo. La fabricación CNC ha desarrollado nuevas lógicas de seriado permitiendo la producción individual de los componentes directamente a partir de datos digitales, desvinculándose así el lugar de producción y el de diseño. Como podemos observar las implicaciones de la personalización masiva son trascendentes y su conocimiento permite entender los nuevos nichos de mercado y hacia dónde se dirige la manufacturación contemporánea que ha dejado atrás los modelos tayloristas y fordistas en los que eran cruciales las divisiones de tareas en la industria y las consiguientes cadenas de montaje de objetos en serie.

Henry Ford, padre del fordismo, creará en 1908 el primer automóvil producido en serie, iniciando la manufacturación en masa que abarataba los costes en grandes volúmenes de unidades de un prototipo, facilitando la producción y aumentando las ganancias. El Movimiento Moderno postuló la casa como un producto manufacturado a razón de la fascinación que despertaba la industria automovilística y aeroespacial de principios del s. XX, cuyos diseños resultaban universales, prácticos y funcionales a la par que estéticos. Es por ello que basándose en la lógica de la ingeniería, depurando el estilo y reduciéndolo a lo esencial, surge el Estilo Internacional convencido de que la estandarización extrapolada al terreno arquitectónico resultará en el sistema idóneo para satisfacer gran parte de las necesidades del hombre en máquinas destinadas a vivir (“*La machine à habiter*”, Le Corbusier, 1923). En este nuevo siglo el objetivo sigue siendo el mismo, aunque reinterpretado, en lo que algunos llaman la “tercera revolución industrial”.

CASAS EN SERIE

Acaba de comenzar una gran época.

Existe un espíritu nuevo.

La industria, desbordante como el río que corre hacia su destino, nos trae nuevas herramientas, adaptadas a esta nueva época animada de espíritu nuevo.

La ley de la Economía rige imperativamente nuestros actos y nuestros pensamientos.

El problema de la casa es un problema de la época. El equilibrio de las sociedades depende actualmente de él. El primer deber de la arquitectura, en una época de renovación, consiste en revisar los valores y los elementos constitutivos de la casa.

La serie se basa en el análisis y la experimentación.

La gran industria debe ocuparse de la edificación y establecer en serie los elementos de la casa.

Hay que crear el estado de espíritu de la serie.

El estado de espíritu de construir casas en serie.

El estado de espíritu de habitar casas en serie.

El estado de espíritu de concebir casas en serie.

F2. Le Corbusier, 1923, "Hacia una arquitectura", extracto

La revolución contemporánea viene de la mano de un nuevo lenguaje universal, el código, que permite al mundo real comunicarse con el entorno digital y cuya repercusión ha transformado disciplinas, pensamientos y a la sociedad en general, la cual se encuentra actualmente altamente informatizada. Nos encontramos en una nueva era en la que los algoritmos forman parte de nuestro entorno y progresivamente nos encontramos que esas ecuaciones no solo describen la forma de las cosas, sino también sus propiedades físicas. Al igual que los buscadores de Google usan sus algoritmos para ofrecer a cada persona resultados de búsqueda personalizados, estos se empiezan a utilizar en productos de consumo, que se vuelven personalizables sin que suponga ningún tipo de coste adicional. Es por esto que hablamos de la “customización en masa”, en la que resulta irrelevante para el fabricante si los artículos son únicos o estandarizados, dado que no repercutirá en ningún momento en los costes de manufacturación de una industria que actualmente, y gracias a la universalidad del lenguaje digital, se encuentra deslocalizada en un mundo cada vez más interconectado. La producción se realiza allí donde se cree conveniente sin importar dónde se diseña, ensambla o construye.



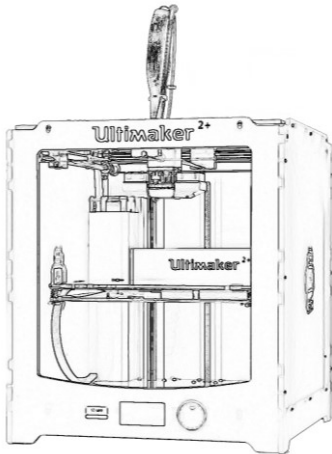
Esta nueva concepción de la fabricación ha abierto el mercado también a artesanos y pequeñas empresas. La versatilidad de las nuevas herramientas de fabricación digital ha democratizado la manufacturación, acercando el prototipado a quienes no disponen mucho más que de una idea y un ordenador. El modelado computacional se traduce en un archivo G-code de control numérico que encripta la descripción digital del objeto físico junto a las instrucciones concretas del mecanizado que la máquina CNC a de llevar a cabo y he aquí lo innovador del proceso, estos archivos pueden ser transferidos, compartidos y copiados ilimitadamente sin costo alguno y sin pérdida de calidad.

PROCESOS EN LA FABRICACIÓN DIGITAL

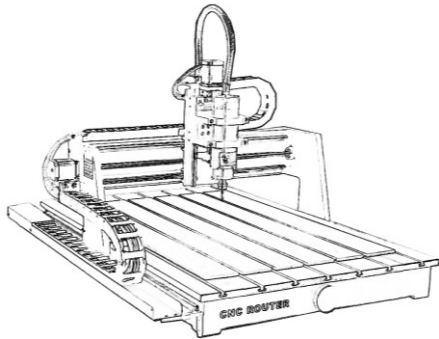
Continuos avances tecnológicos han dado como resultado una serie de máquinas de producción de proporciones más domésticas que las masivas herramientas de producción industrial, pero igual de poderosas. Dentro de la amplia definición de lo que es la fabricación digital, encontramos clasificados dos procesos clave, la fabricación aditiva y la sustractiva. No obstante, es necesario añadir la “fabricación robótica” como tercera categoría en auge. (N. Leach, 2017)

FABRICACIÓN ADITIVA

Hace referencia a aquellos procesos en los que el material es depositado capa a capa. Las impresoras 3D son el ejemplo más común, toman las geometrías del modelo digital y, mediante un extrusor de material, las convierte en objetos físicos. Los orígenes de la fabricación por adición se remontan a 1981 cuando se publicó un artículo perfilando el potencial para la impresión en tres dimensiones mediante la exposición a radiación ultravioleta de un fotopolímero (*H. Kodama, 1981*). Sin embargo, la revolución no se produjo hasta dos años más tarde cuando Chuck Hull - cofundador de 3D Systems - desarrolló la estereolitografía (SLA) que permitía por primera vez construir objetos físicos mediante el uso de datos. En 1992, aparecería el sinterizado selectivo por láser (SLS) cuya novedad consistía en el uso del polímero en polvo que se endurecía en los puntos seleccionados mediante un láser de CO₂. Desde entonces se ha desarrollado enormemente, existiendo hoy día una gran diversidad de máquinas y materiales con los que trabajar.

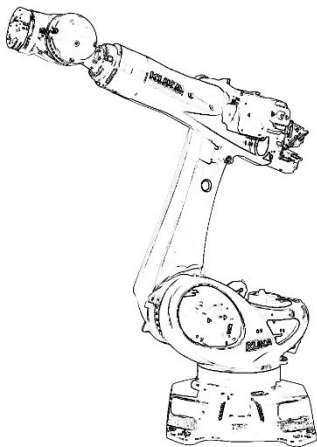


FABRICACIÓN SUSTRACTIVA.



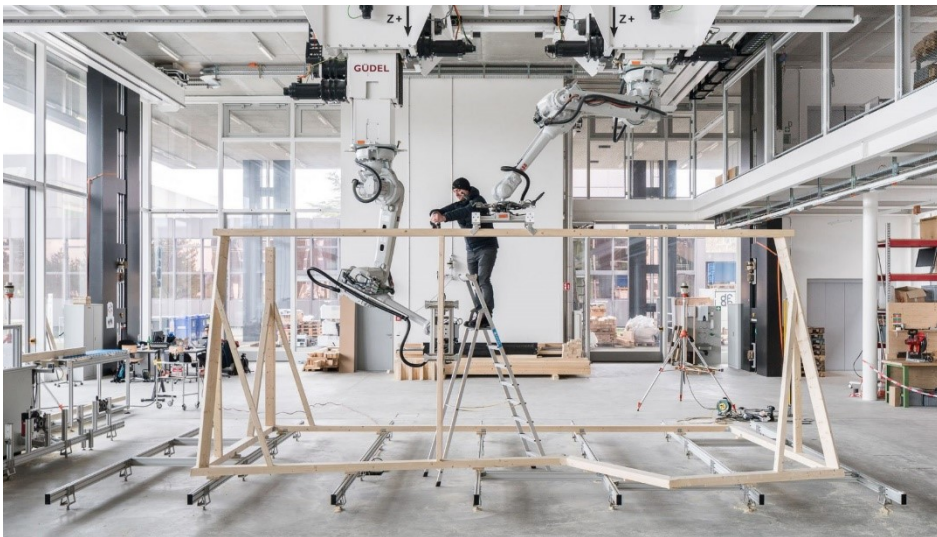
Por el contrario, es aquella en la que los objetos se construyen mediante el recorte del material. La fabricación sustractiva por excelencia es mediante la utilización de la fresadora CNC, pero también engloba otras tecnologías aunque en 2D como el corte láser, el corte por chorro de agua o el corte con hilo caliente. La historia de las herramientas CNC se remonta a la década de los 40, en la que fueron desarrolladas por John Parsons y Frank Stulen para la fabricación en serie de las aspas del rotor de un avión (R. Olexa, 2001). Aunque la máquina tal y como hoy la conocemos nació tras una colaboración entre el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) y la Asociación de Industrias Aeronáuticas (AIA) en 1957.

FABRICACIÓN ROBÓTICA



Esta tercera categoría engloba otras operaciones realizadas por máquinas en los procesos de fabricación digital, tales como el conformado, doblado, apilado, entrelazado y todas aquellas que el ser humano sea capaz de imaginar y programar. “La mayor ventaja de los brazos robóticos sobre otro tipo de máquinas convencionales es su multifuncionalidad. En lugar de estar optimizadas para una tarea en particular, como los routers CNC, estos pueden equiparse básicamente con cualquier herramienta, similar a la mano humana, y donde una fresadora de 3 ejes solo es capaz de cortar desde arriba, estos pueden intervenir desde todas las direcciones y orientaciones.” (J. Braumann, 2015).

La lista de nuevos procesos ligados a este ámbito se encuentra en una continua expansión, pero en sí no son novedosos. Al fin y al cabo, ¿qué es el aparejo de la fábrica si no una manera de fabricación aditiva? ¿No es tallar, cincelar o desbastar fabricación sustractiva? Por no hablar de otras técnicas que serían claras analogías de lo que hoy en día se está llevando a cabo por herramientas robóticas. En 2015, Neil Gershenfeld - director del Centro de Bits y Átomos del MIT - señalaba que, en realidad, eso que llamamos “fabricación digital” no es más que los mismos procesos analógicos que ya conocemos, pero ahora controlados por medios digitales (N. Gershenfeld, 2015). A pesar de ello, y en comparación con otras industrias, la arquitectura se retrasó bastante en generalizar el uso del Diseño Asistido por Ordenador (CAD, por sus siglas en inglés) y, por consiguiente, en asimilar los procesos de fabricación digitales estrechamente ligados al diseño computacional. Al principio, el ordenador fue entendido esencialmente como una herramienta sofisticada que permitía agilizar la representación, pero conforme la cultura de lo digital se fue afianzando fueron apareciendo diversos grupos de investigación computacional dentro de los principales estudios de arquitectura como son Foster + Partners (Specialist Modelling Group), Gehry and Partners (Gehry Technologies) o Zaha Hadid Architects (ZHACODE).

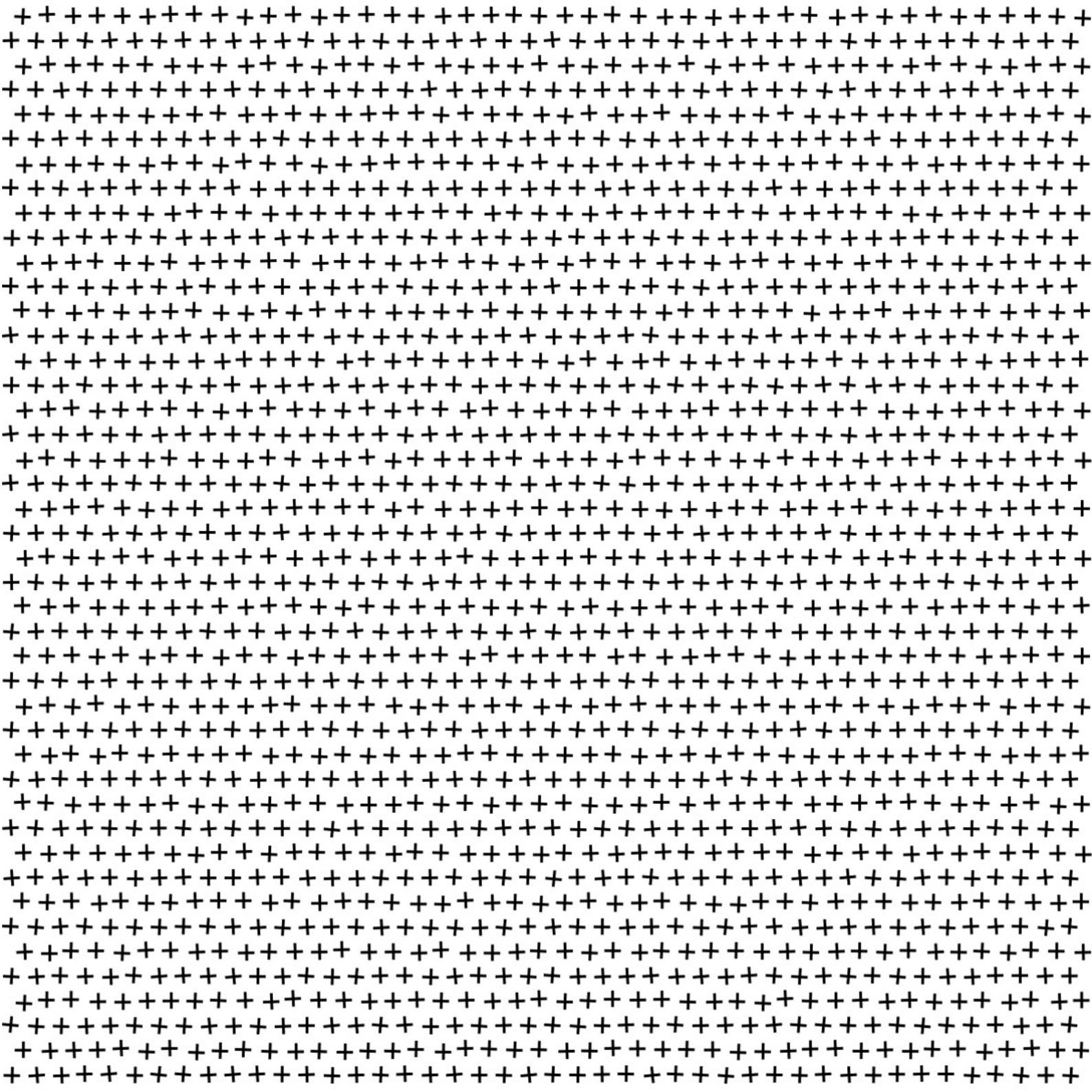


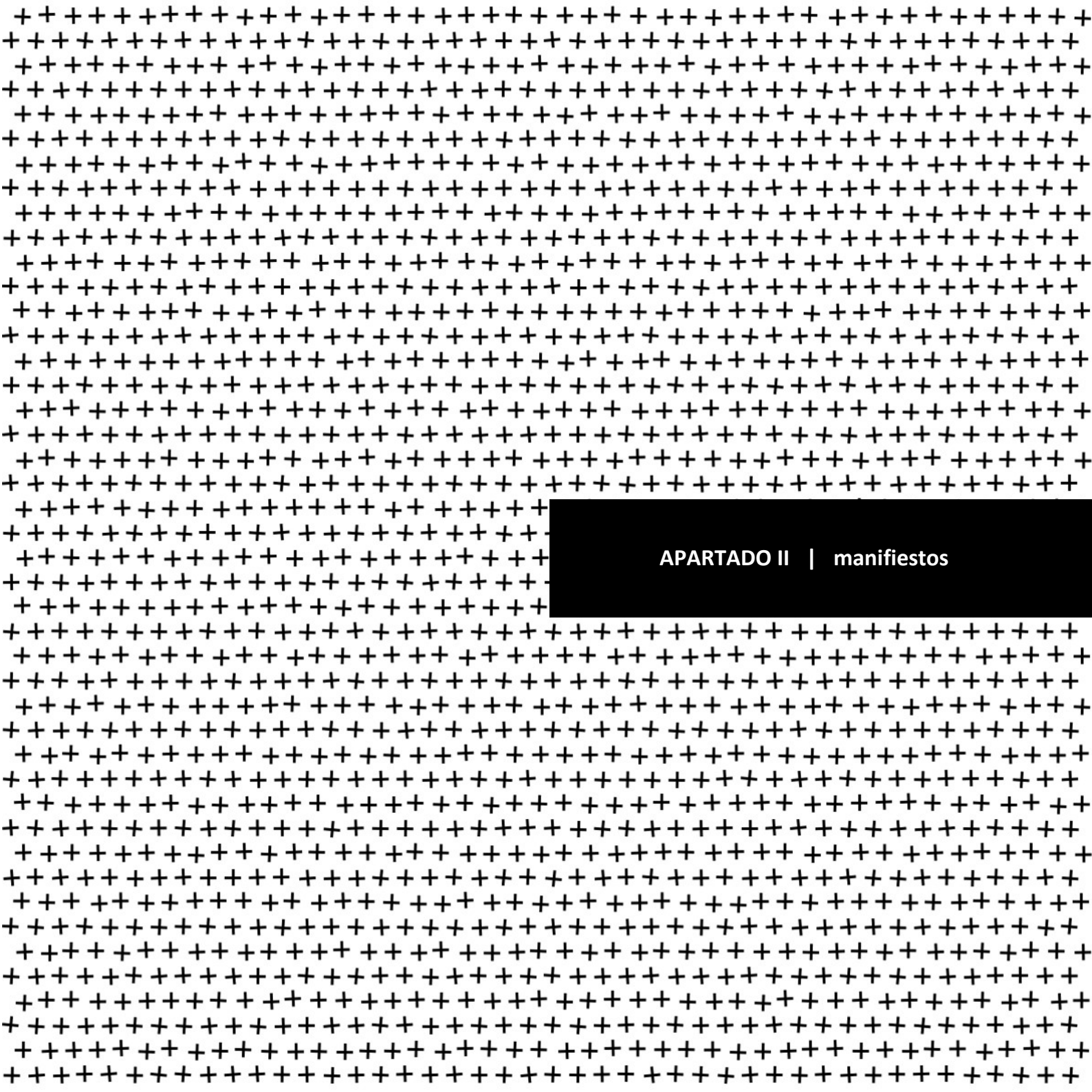
F3.
Researchers at
ETH Zurich |
Spatial Timber
Assemblies
(DEZEEN)

Como hemos visto, no es en los procesos donde reside la diferencia entre la fabricación tradicional y la fabricación digital sino que es una cuestión de control, siendo uno de los mayores beneficios la obtención de una mayor exactitud y precisión en los tratamientos.

Un par de décadas atrás, estas herramientas eran tan costosas que su uso era casi restringido a espacios fabriles, siendo utilizadas únicamente para la producción en masa. Sin embargo, hoy en día estos mecanismos se han democratizado en términos de uso, llegando a lugares recónditos, empoderando a las personas, habilitando la materialización de lo impensable y alimentando una visión de fabricación distribuida y colaborativa. Y sí, nos suena familiar pues es exactamente lo que ha ocurrido en el último medio siglo en el campo computacional, primero colonizado por empresas tecnológicas de altos recursos, desarrollándose progresivamente hasta dotar al ordenador de una interfaz sencilla y multifuncional que caló globalmente, implantándose en el día a día de cada uno de nosotros. Y este desenlace es al que aspira la fabricación digital, que comenzó como un cambio cultural ligado a la fascinación producida por los avances en mecanización y el movimiento DIY y cuya democratización puede observarse a simple vista, traducida a la aparición exponencial en todo el mundo de espacios MakerSpace y FabLab, espacios colaborativos de fabricación y prototipado de modelos realizados previamente con herramientas digitales. Nos estamos aventurando, pero quién sabe si en un futuro estas máquinas resultarán tan económicas y sencillas de utilizar como una impresora (cuya lógica no dista en demasía de la de estas herramientas que ahora nos resultan tan sofisticadas) y acabarán por colonizar las vidas de la gente ordinaria, resultando imprescindibles.

Lo que ha de resultar claro es que la fabricación digital aún se encuentra en una etapa muy temprana de su potencial en lo que a la arquitectura se refiere. Sin embargo, algunos arquitectos han sido cautivados por lo inexplorado de sus posibilidades y han demostrado su capacidad en la producción arquitectónica tanto en las escuelas como en su práctica profesional. Aunque resulta imposible predecir el porvenir de la fabricación digital, es presumible dada la trayectoria actual que continuará su progresión exponencial, desarrollando nuevas técnicas y materiales que traerán consigo un nuevo paradigma. Sin embargo, lo que no está tan claro es si el término “fabricación digital” será tan usado en el futuro o si acabará resultando redundante, y es que cuando todo pasa a ser digital el término en sí mismo se normaliza y pierde su significado como calificativo. Quizás, las herramientas digitales acaben conociéndose simplemente como “herramientas” y la fabricación digital pase a ser sencillamente “fabricación”.





APARTADO II | manifiestos

“The dominant mode of utilizing computers in architecture today is that of computerization; entities or processes that are already conceptualized in the designer’s mind are entered, manipulated, or stored in a computer system. In contrast, computation or computing, as a computer-based design tool, is generally limited. The problem with this situation is that designers do not take advantage of the computational power of the computer. [...] Computation is a term that differs from, but is often confused with, computerization. While computation is the procedure of calculating, i.e., determining something by mathematical or logical methods, computerization is the act of entering, processing, or storing information in a computer or a computer system. Computerization is about automation, mechanization, digitization, and conversion.”

Kostas Terzidis, 2003

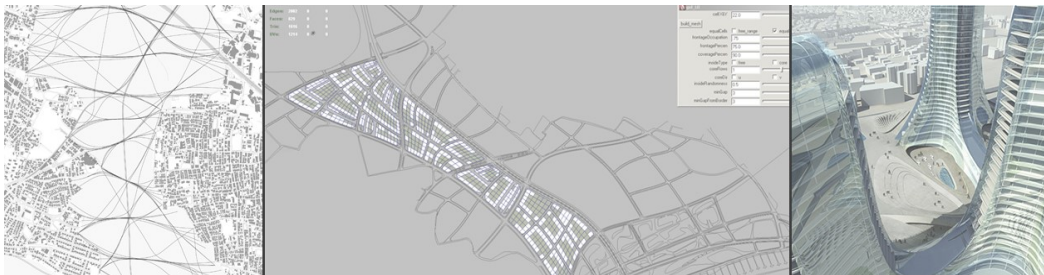
Entre los diferentes avances del campo computacional, es el diseño paramétrico el que parece resonar con más fuerza en estos últimos años dentro de los círculos de arquitectura, sin embargo, para muchos continúa siendo todo un enigma en qué consiste y cuáles son sus utilidades prácticas. Cuando hablamos de diseño paramétrico en el diseño contemporáneo nos referimos al que se realiza mediante programas de modelado paramétrico (CATIA, Digital Project), los cuales vinculan dimensiones y parámetros a la geometría de un elemento permitiendo mediante el cambio de las variables el ajuste de sus componentes que, al estar interconectados, da paso a la consiguiente modificación lógica del conjunto que se adapta, combina e iguala creando otra versión del mismo diseño. Las posibilidades que se ofrecen por tanto resultan infinitas y el diseño no acaba con la proyección misma de la idea, si no que se reitera a cada variación de parámetro hasta llegar a una solución óptima.

Resulta importante distinguir los términos “paramétrico” y “algorítmico” pues su confusión es bastante usual, a pesar de las diferencias intrínsecas entre ambos. Técnicamente, el algoritmo es una simple instrucción, una operación sistemática que permite hacer un cálculo o hallar una solución. En el campo del diseño computacional se refiere específicamente al uso del lenguaje informático que permite al usuario ir más allá de las limitaciones de la interfaz de un programa y diseñar no desde la forma, sino desde el código (RhinoScript, Processing) explotando la capacidad inherente de un ordenador para operar, optimizando tareas que de otro modo requerirían de gran cantidad de tiempo. El plug-in de Rhino “Grasshopper” es el software más extendido entre los arquitectos, enseñándose incluso en las escuelas de arquitectura¹; sin embargo, a menudo es confundido con diseño paramétrico puro debido a sus “sliders” que inducen a pensar que estamos introduciendo parámetros, pero nada más lejos de la realidad, pues nos encontramos ante un editor gráfico de algoritmos geométricos donde el código y la forma se interrelacionan. Semejante confusión induce a pensar que el diseño algorítmico y el paramétrico, aunque diferentes, han de verse como las dos caras de una misma moneda que constituye un enfoque radicalmente nuevo de abordar el diseño. Téngase en cuenta que en este apartado, cuando se

¹ Ejemplo de ello es la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Granada, donde los estudiantes aprenden a utilizar esta herramienta en la asignatura optativa de 4º curso “Prácticas emergentes de proyecto”.

hable de diseño computacional, salvo anotación explícita de lo contrario, se estará hablando de esta moneda compuesta por ambos enfoques computacionales sin distinción formal de los mismos.

Este debate nos lleva a plantearnos de dónde surge y hacia dónde se encamina el término neológico “parametricismo” (P. Schumacher, 2008), pues para muchos se ha convertido en sinónimo de diseño computacional, desechando sus matices, y postulándose como un nuevo estilo arquitectónico de impacto global. Sin embargo, hay quien lo rechaza ~~lo~~ categóricamente y argumenta que este nuevo paradigma no es más que una manifestación contemporánea del estilo postmoderno. Un análisis detallado de diferentes manifiestos de destacados arquitectos por su incursión en este nuevo campo, nos ayudará a desarrollar ~~un~~ el pensamiento crítico necesario para dilucidar el papel del arquitecto contemporáneo. Para ello, se han elegido los textos más notables generados a lo largo del debate desencadenado a partir del Manifiesto “PARAMETRICISM, a new global style for architecture and urban design” lanzado por Patrik Schumacher, cabeza de Zaha Hadid Architects, en 2008: “FORGET PARAMETRICISM” de Nick Pisca miembro de Gehry Technologies, 2017; “COMPUTING THE CITY OF TOMORROW” de Tom Verebes perteneciente a Turenscape Academy, 2012; “THE SECOND DIGITAL TURN, design beyond intelligence” de Mario Carpo miembro de UCL, 2017; y “AI TECT, can AI make designs?” de Makoto Sei Watanabe arquitecto principal de Makoto Sei Watanabe Architect’s Office, 2017.



F1. Network – Fabric – Building. Zaha Hadid Architects, Kartal-Pendik Masterplan, Istanbul, Turkey, 2006
Imágenes incluidas en “PARAMETRICISM, a new global style for architecture and urban design”, 2008

Lo que conocemos como diseño paramétrico es el resultado del desarrollo científico en el campo computacional de los últimos quince años, retroalimentado por los avances en los sistemas de diseño avanzado por ordenador. Sin embargo, el concepto no es reciente, la resolución de problemas mediante el estudio de múltiples contingencias siempre ha sido inherente en el papel del arquitecto. El diseño paramétrico tan solo ha permitido externalizar este proceso que hasta ahora ocurría en la mente del profesional, permitiendo una economización de tiempo y medios y un avance en la resolución de problemas complejos al poder simularlos en un entorno computacional.

El nuevo paradigma digital ha penetrado en todos los estratos de la arquitectura de manera incontestable debido a las posibilidades que ofrece y a la multiescalaridad en sus procesos. La capacidad de modificar al mismo tiempo la integridad del conjunto mediante la variación total o parcial de las diferentes escalas de los componentes es uno de sus rasgos más sugerentes. Se produce una sinécdoque computacional por la que se modifica la parte con el todo y viceversa. Es decir, sea cual sea la alteración producida, ésta no solo varía la parte, sino que con ella lo hace la totalidad del conjunto. Otra aplicación notable se basa en la posibilidad de optimizar matemáticamente el modelo que responde en función de los valores de aquellos condicionantes algorítmicamente preestablecidos.

El estilo paramétrico demuestra madurez y versatilidad convirtiendo sus conceptos, herramientas, software y tecnologías de la producción en algo cada vez más globalizado y ubicuo. La sensibilidad fruto de esta revolución, ha permitido el surgimiento de nuevas prácticas arquitectónicas comprendidas entre el diseño de interior y el diseño urbano. Zaha Hadid Architects es un claro ejemplo de ello, abanderando su uso al considerar que esta nueva praxis busca la hegemonía entre las prácticas vanguardistas *“sucediendo al Movimiento Moderno como la siguiente ola de innovación sistémica”* (P. Schumacher, 2008).

La innovación en la arquitectura es el detonante de la progresión de estilos. Su evolución viene dada por ciclos de descubrimiento que se desarrollan de manera sucesiva (sub-estilos) entre períodos de transición revolucionaria sistémica (estilos). Al hablar de la disciplina actual Patrik Schumacher –Zaha Hadid Architects– nos habla de una “liberación de las constricciones de las

formas tradicionales” y se remonta a los principios ideológicos del Movimiento Moderno, y con ello a los primeros planteamientos teóricos que postuló Le Corbusier, los cuales se generan discursivamente en torno a un denominador común, un elogio a la línea recta y al ángulo recto como conquista del hombre sobre la naturaleza. *“La curva es ruinosa, difícil y peligrosa: paraliza. La recta está en toda la historia humana, en toda intención humana, en todo acto humano”* (Le Corbusier, 1929). Este racionalismo arquitectónico surge en un período de entreguerras en el que se afianza un pensamiento crítico que busca romper con lo preestablecido, dejando a un lado el Art Nouveau, los eclecticismos y regionalismos tan de moda a finales del s. XIX.

Le Corbusier ensalzará el trazado ortogonal de las antiguas ciudades romanas frente a la irregularidad característica de la ciudad medieval. Un claro ejemplo es el diseño del Plan Voisin para la regeneración de París (1925), en donde busca la racionalización de espacios imponiéndose a la intrincada trama preexistente. *“El hombre camina en línea recta porque tiene un objetivo; sabe a dónde va, ha decidido ir a un determinado sitio y camina derecho. El asno serpentea, pierde un poco el tiempo, sesera esmirriada y distraída; zigzaguea para evitar los cascotes, para esquivar la pendiente, para buscar la sombra; se preocupa lo menos posible”* (Le Corbusier, 1929). Sin embargo, largo tiempo ha transcurrido y actualmente la sensibilidad contemporánea da más crédito al “tortuoso camino del asno” que a la simplicidad de las geometrías impuestas por un gesto.

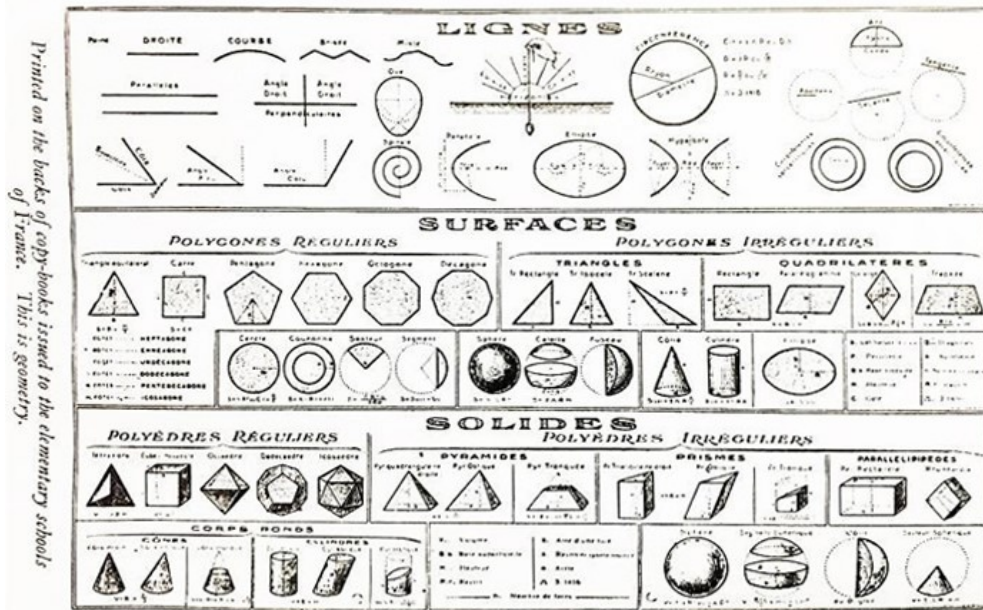
La figura de Le Corbusier fue clave en el desarrollo teórico de la historia de la arquitectura, sin embargo, casi un siglo después, su discurso nos resulta limitado al circunscribirse única y exclusivamente a una geometría clásica. Durante el transcurso de su obra, el propio arquitecto abandona sus esfuerzos por abstraer y racionalizar los fenómenos naturales y acaba abandonando su rígido pensamiento en pos de formas más orgánicas que materializará en la construcción de la capilla de Ronchamp (1954), cuya cubierta curva está claramente influenciada por los avances tecnológicos del momento. Años más tarde, Oscar Niemeyer, pionero en la exploración de las posibilidades constructivas y plásticas del hormigón armado, escribiría “O Poema da Curva” (1988) que marcaba la total obsolescencia del discurso moderno.



F2. Le Corbusier, 1955, "El poema del ángulo recto", *portada del libro original*

Los continuos avances en el terreno científico, y más recientemente en el computacional, se demuestran así cruciales en la historia de la arquitectura. El auge en el uso de los programas de diseño asistido CAD fue un factor decisivo en el desarrollo del Deconstructivismo al permitir mediante el modelado tridimensional un mayor dominio de las formas complejas y los espacios poco ortodoxos. No obstante, aunque su llegada supuso una verdadera revolución en el ámbito creativo, estas herramientas se han demostrado mecanismos de informatización capaces de asistir –categorizando y simplificando- el desarrollo geométrico, y no de diseño al “solo estar capacitadas para ejecutar estrategias basadas en el encapsulamiento de la información en representaciones simbólicas” (A. Menges, 2011).

En el último medio siglo se han desarrollado diferentes modelos de representación de datos virtuales en la arquitectura. Nick Pisca, gerente técnico de Gehry Technologies, los clasifica en tres: “modelado explícito” (compuesto por las herramientas CAD y programas de modelado 3D y animación 4D), “modelado asociativo/paramétrico” y “modelado computacional/algorítmico” (N. Pisca, 2017). La geometría en el “modelado explícito” se entiende como inconexa por lo que su modificación resulta una cuestión tediosa y analógica, requiriendo grandes cantidades de tiempo. Por el contrario, las geometrías paramétricas y algorítmicas están ligadas, por lo que pequeñas modificaciones producen un cambio en tiempo real del sistema completo lo que permite que el ordenador maneje todo o parte del diseño. Estas relaciones internas entre sistemas y subsistemas son el quid de la cuestión computacional pues permiten que cierta información sea liberada de la abstracción inicial en forma de código que contiene ciertos valores característicos, resultando ser un método extraordinario de exploración, simulación y acción.



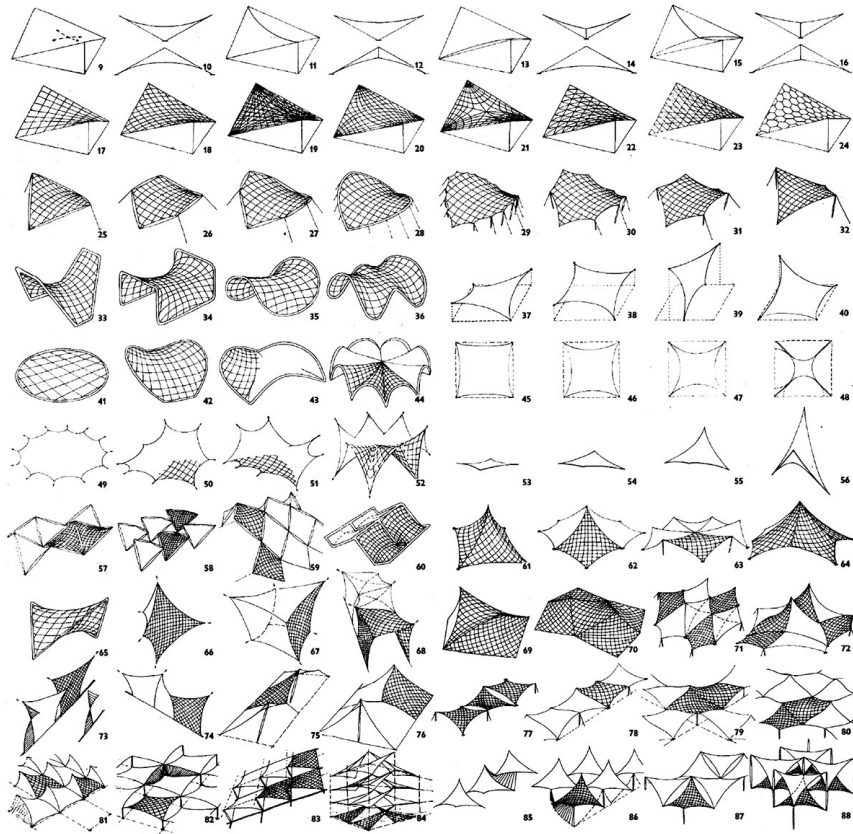
F3. Elementos geométricos contemplados por Le Corbusier, detalle de “La ciudad del futuro”, 1929

Un intento reciente de clasificar los cambios masivos en el panorama del diseño arquitectónico viene de la mano de Patrik Schumacher que introduce el término “parametricismo” para referirse al uso del diseño computacional avanzado en los procesos creativos, y la consiguiente liberación de las formas, promoviéndolo como “candidato para convertirse en el estilo unificado que marcará una época en el s. XXI” (P. Schumacher, 2012). El arquitecto alemán toma como referencia los ensayos de Frei Otto, al que considera precursor del movimiento, y se apoya en los cambios que ha introducido la era post-fordista de la customización en serie en la sociedad contemporánea. El discurso sobre el que cimienta y acredita esta idea viene recogido en los dos volúmenes publicados bajo el mismo nombre: “The Autopoiesis of Architecture” (2011/12), en los que desarrolla un “sistema teórico unificado que sea capaz de

integrar diversas teorías parciales como la función social, la arquitectura, la auto-demarcación de la disciplina, las vanguardias, la teoría estética, la teoría de los medios, la teoría de los procesos...”, presentando la arquitectura como un sistema autorreferencial en el que cada nuevo estímulo externo produce cambios en su práctica, siendo a esto a lo que se refiere cuando habla de su autopoiesis². Schumacher promueve esta nueva vanguardia que busca ser un “sistema teórico integrado, [...] la reconstrucción racional y sistematización del discurso evolutivo de la disciplina” (P. Schumacher, 2012).

“Puesto que la práctica aislada carece de discurso, la arquitectura se ve, muy a su pesar, necesitada de ensayos de entendimiento más allá del marco concreto de las condiciones de una determinada obra” (I. de Solà-Morales, 1995). La necesidad de crear un discurso teórico en torno a la arquitectura es innegable al no resultar una práctica lógica, sino empírica y artesanal. Cada nueva corriente precisa de una considerada cantidad de tiempo y esfuerzo por parte de sus impulsores para que sea aceptada, extendida y globalizada. Patrik Schumacher nos recuerda así a otros grandes teóricos que publicaron sus ideas en pos de defender la arquitectura que ejercían y en la que creían –*“Ornamento y delito”* Adolf Loos (1908), *“Hacia una arquitectura”* Le Corbusier (1923) *“Complejidad y contradicción en la arquitectura”* Robert Venturi (1966) o *“La construcción de la ciudad”* Aldo Rossi (1969) – y cuyo pensamiento influyó globalmente en las corrientes arquitectónicas del momento propiciando la consagración de nuevos estilos.

² El término autopoiesis inicia su recorrido a finales de los años setenta del pasado siglo de la mano del biólogo chileno Humberto Maturana para explicar la condición íntima de los seres vivos. "Los seres vivos son sistemas de dinámicas cíclicas, cerradas en sí mismas, como redes de autoproducción de los componentes moleculares que las constituyen" (1984). Este concepto –revolucionario e innovador- en dónde los sistemas se definen como cíclicos, autónomos y cuyos elementos se autoproducen independientemente de su entorno, se ha extendido a otros ámbitos de conocimiento para informar y explicar comportamientos inherentes a múltiples fenómenos o estructuras.



F4. Variaciones, adiciones y combinaciones de estructuras de redes con formas alabeadas.
Sistematizaciones gráficas de Frei Otto.

Schumacher defiende que el “parametricismo” solo puede existir mediante el continuo avance y la apropiación de la sofisticada geometría computacional. Es por ello que, en 2008, formula cinco procedimientos heurísticos a desarrollar en la agenda del s. XXI con los que incluir nuevos aspectos en el paradigma paramétrico e impulsar el estilo:

- *“Parametric Inter-articulation of Sub-systems”* – El Parametricismo busca sistemas abiertos que siempre permanecen incompletos, es decir, sin establecer conjuntos. Al aumentar la densidad de asociaciones, los componentes pueden agruparse en múltiples sistemas.

- *“Parametric Accentuation”* - El sistema asociado debe acentuar la diferenciación inicial de tal manera que se logre una articulación mucho más rica y más orientada a la información visual disponible.

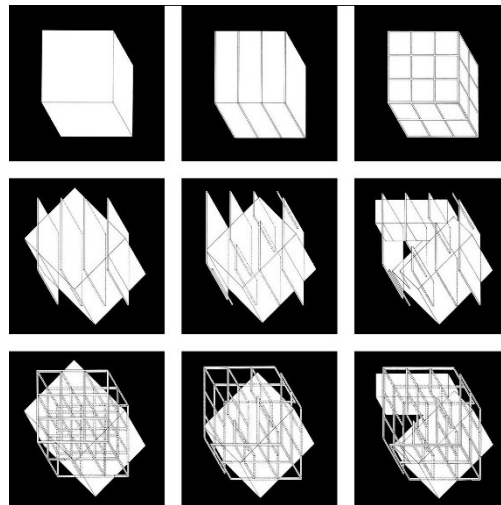
- *“Parametric Figuration”*- La modificación cuantitativa en los parámetros desencadena cambios cualitativos en la configuración percibida, por lo que los parámetros ambientales y del observador deben integrarse en el sistema.

- *“Parametric Responsiveness”* - Los entornos urbanos y arquitectónicos poseen una capacidad cinética incorporada que permite que se reconfiguren y adapten en respuesta a los patrones prevalentes.

- *“Parametric Urbanism, Deep Relationality”* - El objetivo es la integración total del entorno construido en evolución, desde la distribución urbana hasta la morfología arquitectónica, la articulación tectónica detallada y la organización interior, utilizando los puntos anteriores para lograr una relación estable y profunda.

No obstante, las conclusiones de la Teoría de la Autopoiesis no resultan convincentes para todos, generándose así un interesante debate en torno a esta nueva corriente. Los más escépticos sustentan que cualquier estilo muy estrechamente relacionado con su predecesor resulta ser un movimiento reaccionario, no un arquetipo, y argumentan que la próxima vanguardia arquitectónica ha de surgir a raíz de avances filosóficos y técnicos tan radicales que acaben por detonar en un cambio paradigmático a todos los niveles. Además, los movimientos históricos han demostrado poseer un trasfondo teórico extrapolable a todas las artes.

El Deconstructivismo surgió de la influencia del movimiento teórico-literario de la *deconstrucción* y las ideas del filósofo francés Jacques Derrida, desarrollándose un pensamiento crítico que rompe con lo preestablecido, buscando un formalismo radical, y se apoya en los avances de la industrialización, mecanización, ingeniería y ciencia de los materiales para este fin. El discurso arquitectónico deconstructivista se constituyó como la nueva vanguardia relacionándose con otras teorías artísticas, más específicamente con variedades tardías del expresionismo, cubismo y arte abstracto (A. Hoteit, 2015). Sin embargo, a pesar del reciente auge de las técnicas paramétricas y algorítmicas, el Parametricismo aún parece ser un campo más específico de la arquitectura, que busca responder a la nueva problemática del s. XXI y a la insatisfacción producida por las limitaciones funcionales de los programas de representación anteriores.



F5. Peter Eisenmann, House III, Lakeville, EEUU, 1969-70, diagramas

En la detenida lectura de los preceptos de Nick Pisca se denota su clara desconfianza hacia el Parametricismo como estilo, al considerarlo mayormente descrito por técnicas de diseño explícito. Considera que los arquitectos paramétricos han fallado al encontrarse más preocupados por la búsqueda de un estilo formal y la estética del resultado que de ensalzar el poder computacional en los procesos de optimización. Es entonces que plantea la posibilidad de que nos acerquemos cada vez más a la aparición de un nuevo paradigma en el que los ordenadores no estén destinados a fines de dibujo y modelado, sino que reemplacen los límites de la creatividad humana. Habla así de la digitalización como pieza indispensable en el desarrollo de este nuevo estilo y propone tres pautas clave en su desarrollo (N. Pisca, 2017):

- *Los resultados de sistemas computacionales y paramétricos deben permanecer fuera de juicios estéticos.*
- *El proceso de diseño debe requerir de la eliminación/reducción de la participación humana, ya sea por medios tecnológicos (ordenador) o por computación analógica (material).*
- *El método operacional debe ser despojado de cualquier “regla de oro” e intuición convencional. La sabiduría deriva del proceso del ejercicio, no de la interacción humana.*

“This movement prides itself on the beauty of the logic of a system over the culturally-accepted preconceptions of beauty and form. Logic is the new form. Form follows formula.”

(Nick Pisca, 2017)

El cariz transgresor de este enfoque invita a reflexionar sobre cómo la arquitectura parece oponerse al desarrollo tecnológico, ignorando sus innovaciones, recelosa como siempre de cada nuevo gran avance ante la incertidumbre de si debilitará sus privilegios clásicos. Ahora que los

programas de modelado han sido aceptados, quizás sea el momento de trabajar con nuevas herramientas ajenas a la lógica humana que modifiquen nuestra percepción sobre la práctica.

“The first digital turn in architecture changed our ways of making; the second changes our ways of thinking”

(M. Carpo, 2017)

La Inteligencia Artificial (IA), entendida como la inteligencia exhibida por una máquina, realizó su primera intervención en la arquitectura en 2001 al resolver autónomamente el diseño de la estación de metro de Lidabashi en Tokyo, obra de Makoto Sei Watanabe / Architect's Office, convirtiéndose en el primer proyecto en ser generado por ordenador (M. S. Watanabe, 2017). El núcleo de este método se basa en el trasvase de juicios y valores a un entorno computarizado, resultando procesos similares a los que se desencadenarían en el cerebro del facultativo pero traducidos y encriptados en un software de modelado. La condición para que el programa pueda operar con libertad consiste en establecer previamente unos juicios universales que guíen a la AI en sus procesos, definiendo qué es “correcto” y qué no. La tarea puede resultar sencilla con fenómenos como la temperatura o el soleamiento, pero la cuestión toma un cariz complejo cuando se trata de traducir decisiones intuitivas, condicionantes basadas en los sentimientos humanos y sus preferencias. Hasta no resolver esta cuestión, el diseño algorítmico puro resulta imposible.

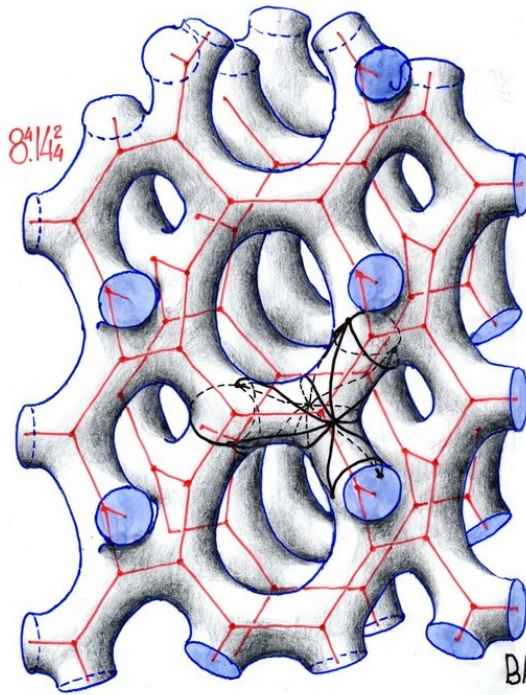
En 2001, Watanabe desarrolla “Program of Flow”, un sistema creado con el objetivo de esbozar lo “correcto” sin necesidad de crear algoritmos para ello. La AI del programa aprendía mediante la interacción con el arquitecto: este realizaba bocetos y el programa los traducía en lo que consideraba una solución válida, el profesional la puntuaba, y el ordenador proseguía su labor en la búsqueda de un nuevo resultado. La intención era que el arquitecto encontrara la solución deseada entre todas aquellas iteraciones del proceso (M. S. Watanabe, 2017). No obstante, el

hecho de que la Inteligencia Artificial responda a preguntas dicotómicas (sí/no) que generan juicios internos, conlleva a prescindir de variables, lo que hace más compleja su lectura y nos aleja de la posibilidad de dilucidar la lógica por la que se rige el sistema, dotando así al proceso de matices cualitativos. Actualmente, la complicada racionalidad de este método ha quedado eclipsada por el diseño paramétrico, sin embargo, y dado su potencial aún por explorar, se auguran nuevas situaciones futuras, aún inimaginables, que llevan incluso a plantearse el papel del arquitecto del futuro y su relación con el diseño asistido por ordenador.

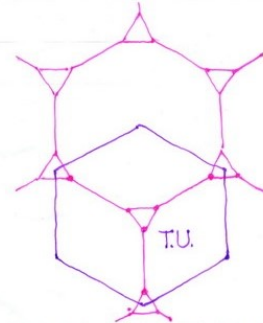
“When giving lectures on algorithmic design, there is a question that comes up often: if programs generate architecture, what will architects do? I always answer as follows. Machines are better than people at solving complex problems with many intertwined conditions. In that realm, people are no match for machines. But people are the only ones who can create an image that does not yet exist. Machines do not have dreams.”

(Makoto Sei Watanabe, 2017)

El papel del arquitecto consiste en organizar, supervisar y coordinar los procesos envueltos en la práctica de la arquitectura, sin importar si son realizados analógica o paramétricamente, o si se encarga de agilizar el proceso de diseño una Inteligencia Artificial. “La tecnología es algo básicamente neutral” (N. Chomsky, 2012) y el reto flagrante del arquitecto versa en saber llevar el pulso a las herramientas digitales, convirtiéndose en el desafío intelectual de nuestra generación el “descubrir las implicaciones teóricas, culturales y sociales de estas nuevas prácticas.” (T. Verebes, 2012)



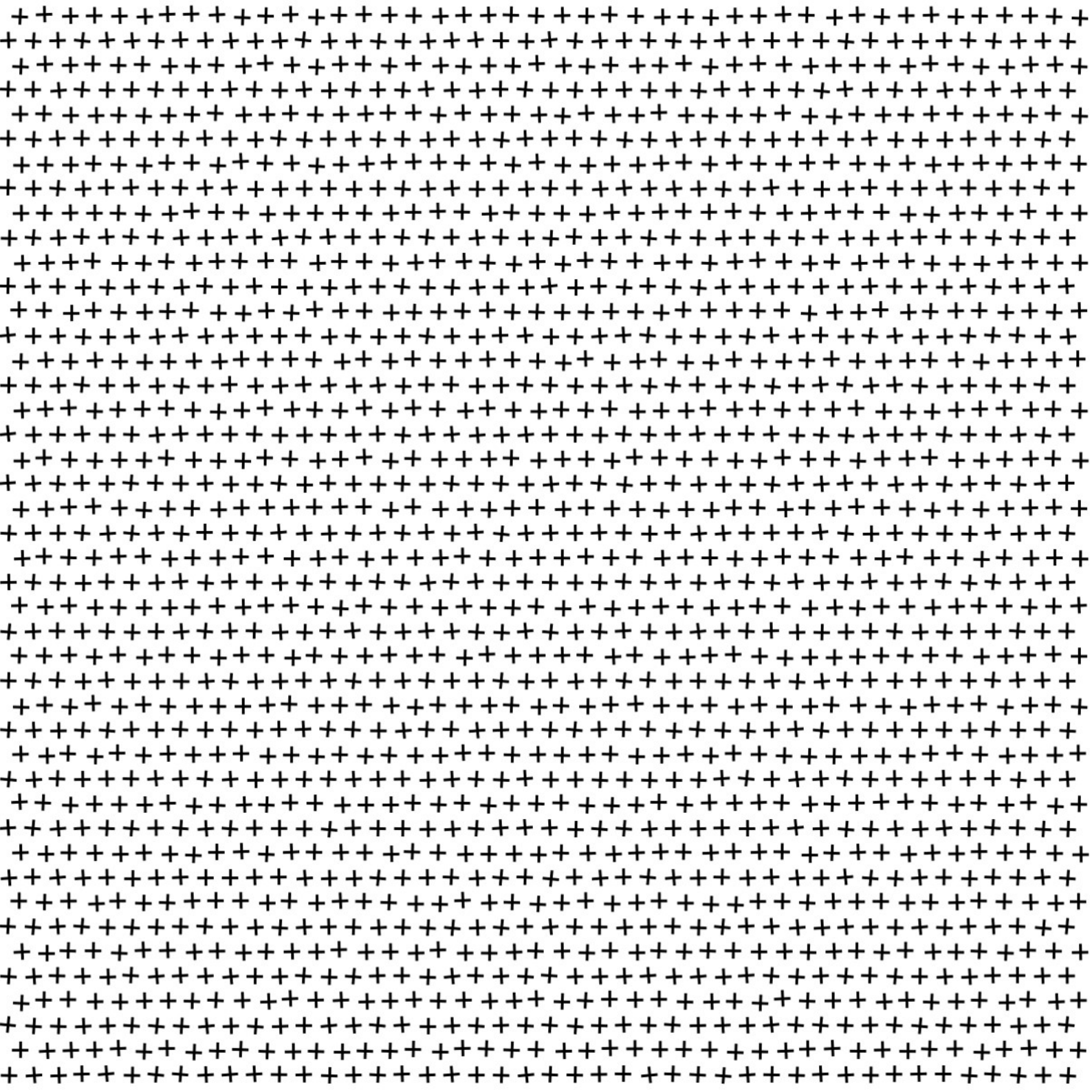
$$\begin{array}{r} (3^3)_4 \\ \hline g = 4 \\ \sum \alpha = 3\pi \\ \hline \text{Val.} = 9 \\ \hline V_{\text{T.U.}} = 12 \\ E_{\text{T.U.}} = 54 \\ F_{\text{T.U.}} = 36 \end{array}$$

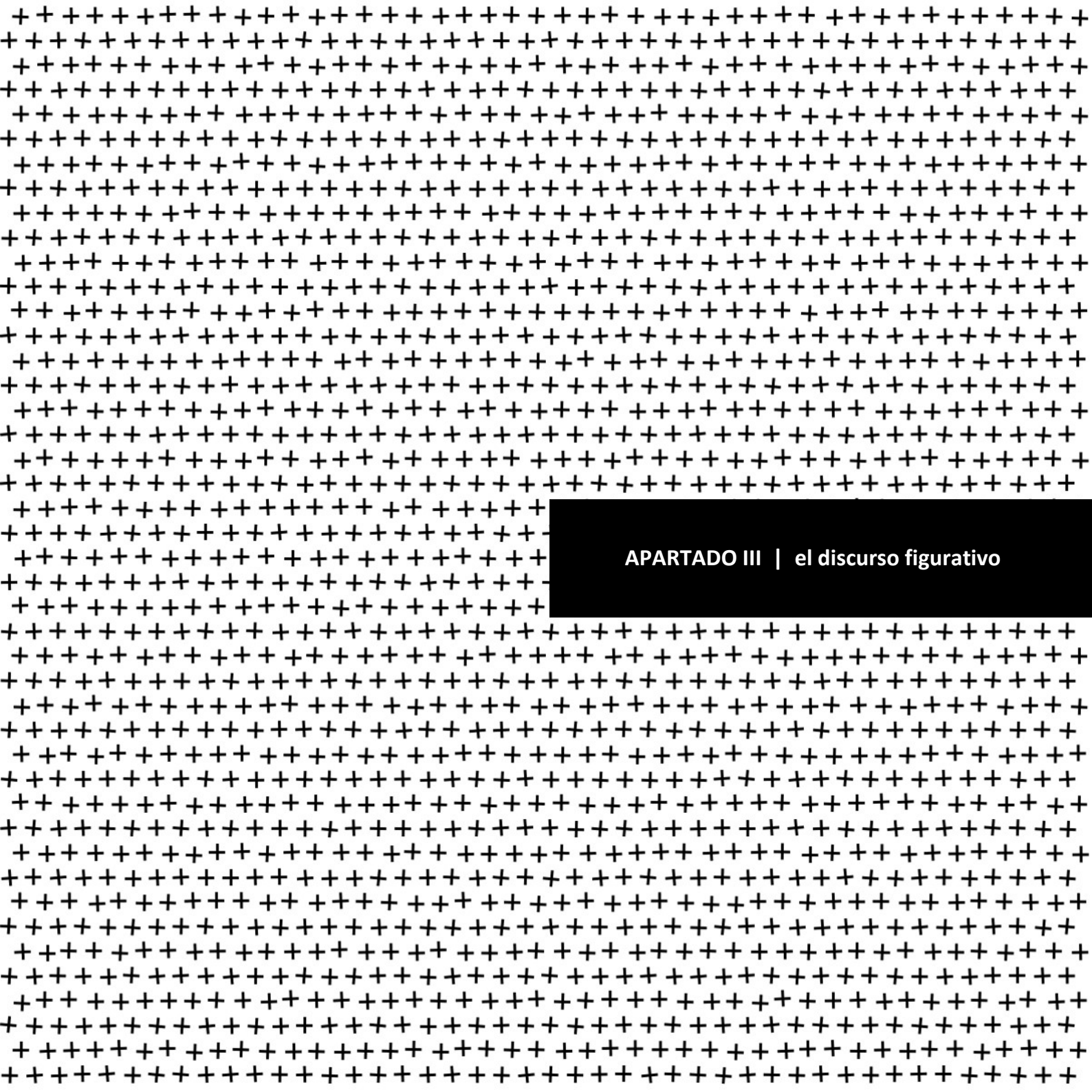


UNIFORM SPONGE POLYHEDRON

PERIODIC SPONGE SURFACE ON THE
BASIS OF A UNIFORM TRIVALENT LATTICE

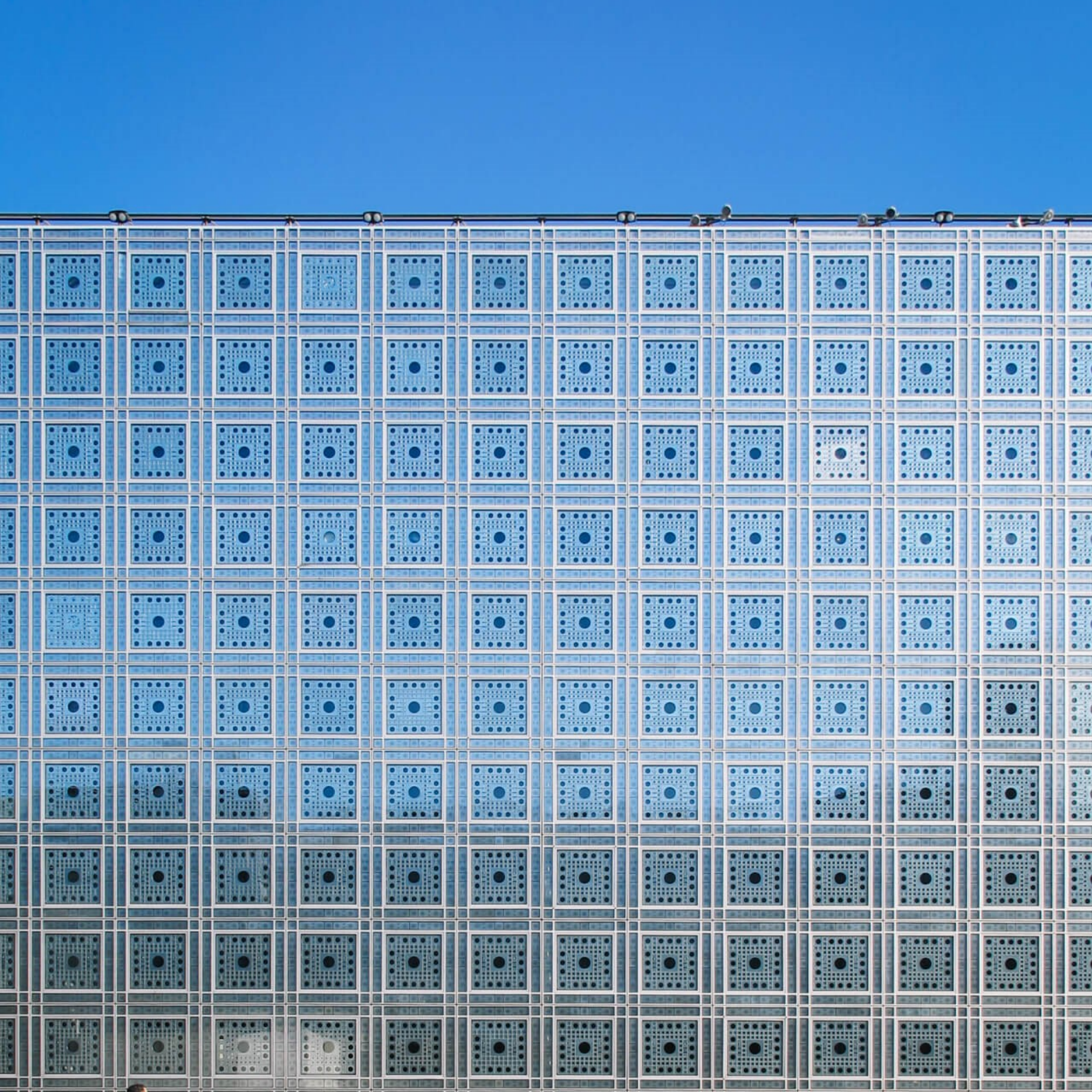
F6. Modelo geométrico analógico configurado por el matemático y arquitecto Michael Burt





APARTADO III | el discurso figurativo

Si del complejo discurso contemporáneo resulta una cosa clara es la interdependencia absoluta que existe entre el ordenador y la producción de la arquitectura. En este apartado se desarrollará un discurso figurativo que visibilice cómo ha evolucionado la práctica de la profesión hasta nuestros días mediante la exposición de diversos proyectos que beben de los avances tecnológicos de su momento y que demuestran esta innegable conexión establecida con las herramientas computacionales. A fin de establecer un criterio formal se ha articulado el discurso en torno a la materialización de la piel exterior del edificio – subsistema del sistema global de la obra arquitectónica – cuyo estudio resulta interesante al haber presenciado un desarrollo tal que ha logrado desvincularse de la lógica sustentante del muro y ahora se materializa bajo apariencias dispares. Para el desarrollo de este trabajo, se ha recuperado la clasificación que realiza Nick Pisca de las herramientas computacionales, las cuales eran separadas en tres grupos: “modelado explícito” (compuesto por las herramientas CAD y programas de modelado 3D y animación 4D), “modelado asociativo/paramétrico” y “modelado computacional/algorítmico”. Con estos términos se procederá a clasificar los siguientes casos, en los que se busca determinar el grado de computarización empleado en el proceso de diseño mediante el dibujo como herramienta de estudio.



Instituto del Mundo Árabe

París, 1987

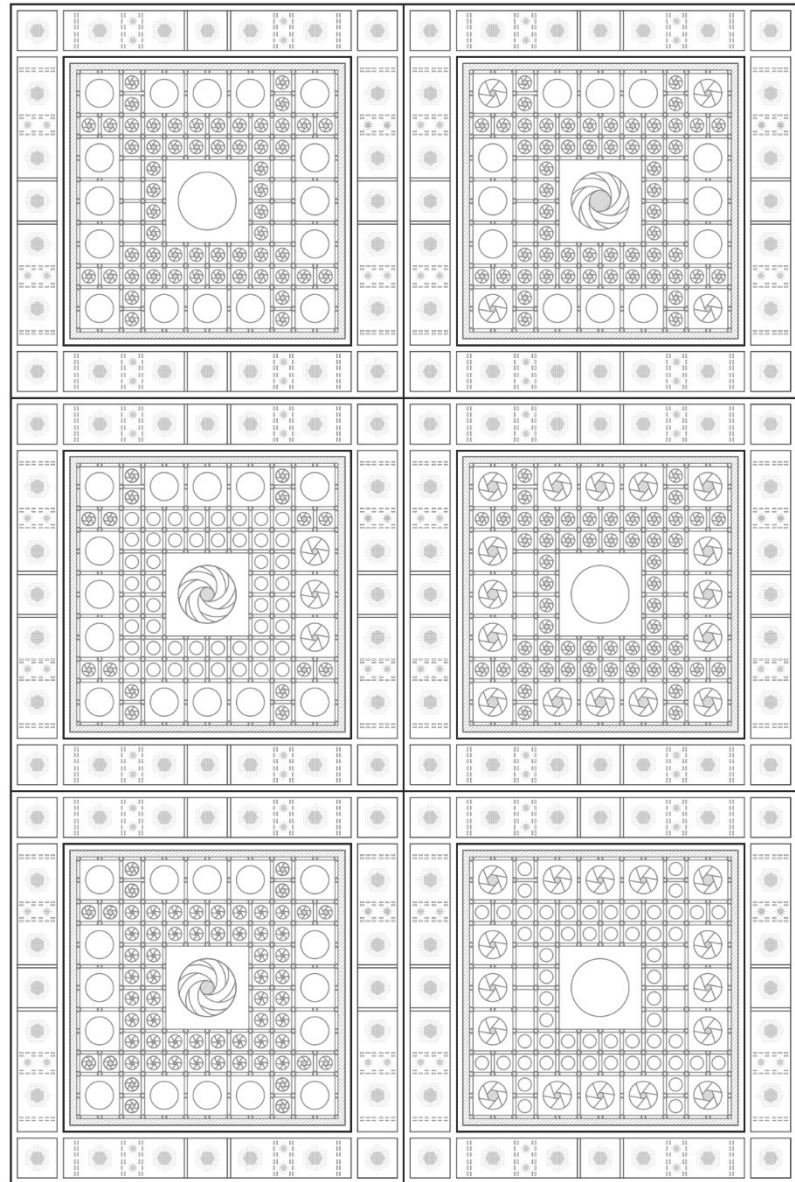
Ateliers Jean Nouvel

Diseño explícito

Este clásico de la arquitectura se caracteriza por la tecnología de su fachada y por el simbolismo de la misma, que intenta recrear una mashrabiya, característica de la cultura árabe.

La piel del edificio se compone por 240 paneles dotados de diafragmas móviles que se regulan en función de la luz exterior, recreando en su configuración una serie de patrones tradicionales del mundo árabe tras una cortina de vidrio que le infiere un aspecto contemporáneo al desvincularlo de la concepción tradicional de fachada.

Por su configuración en el momento en el que se construye podemos hablar de un edificio singular que ya se servía de los avances en la industria para realizar elementos que hace un siglo se encontraban fuera del imaginario arquitectónico.





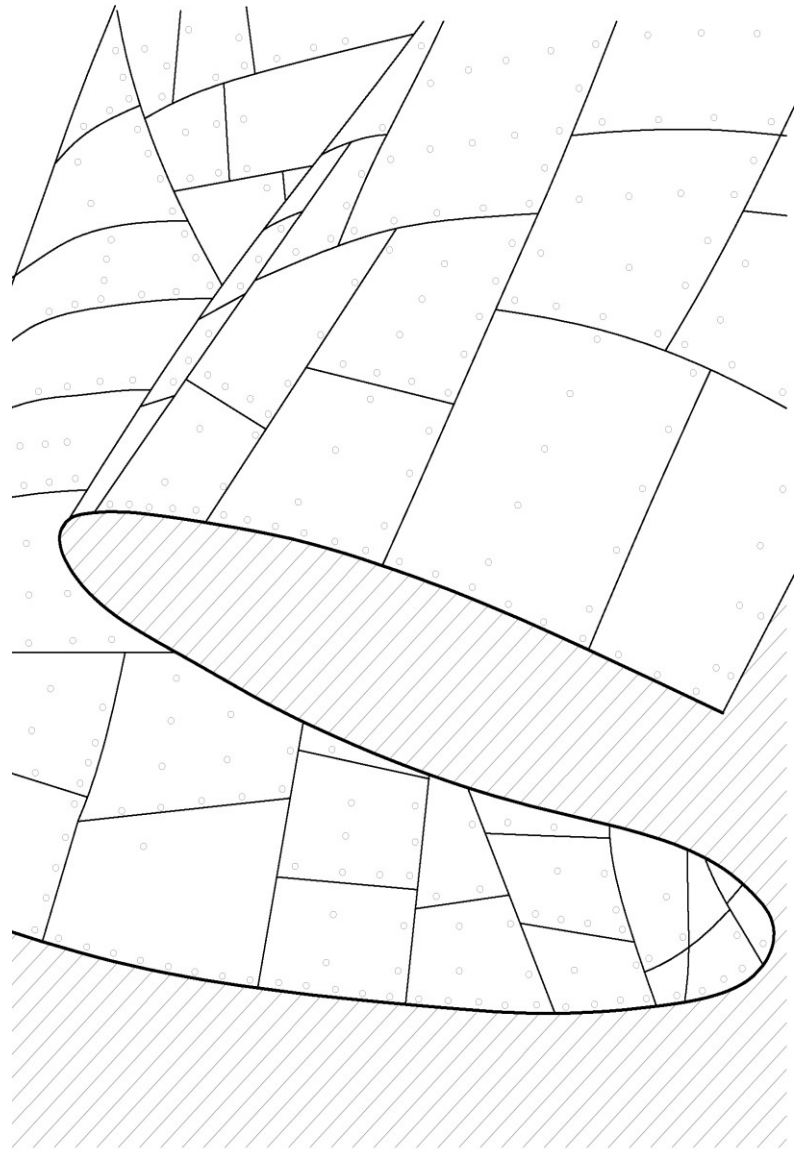
Experience Music Project

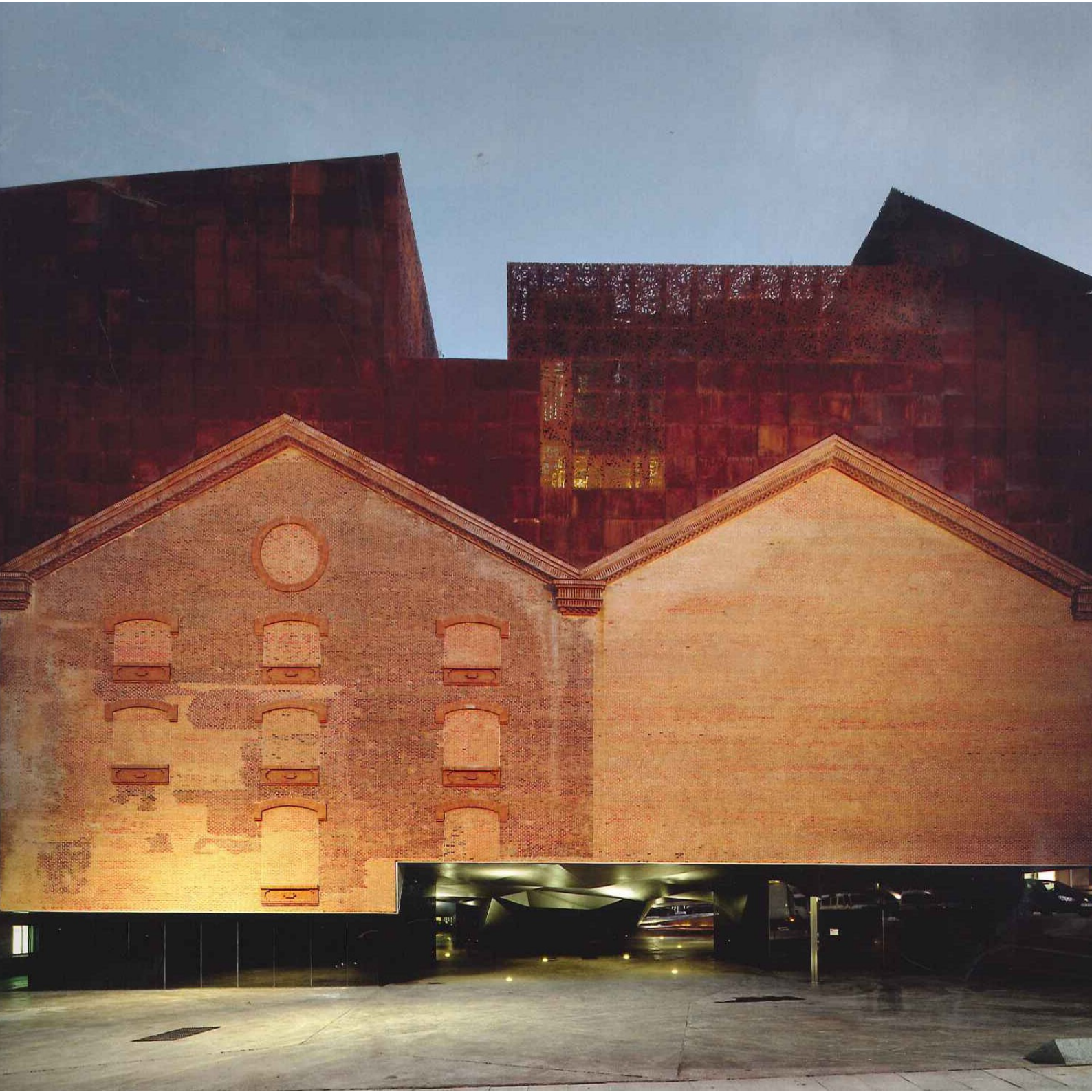
Seattle, 2000
Gehry and Partners

Diseño paramétrico

La piel de acero inoxidable que envuelve el edificio simula una tela levantada por a una ráfaga de aire. Para su materialización fue necesario que cada uno de los paneles que conforman la fachada poseyesen una forma y dimensiones únicas, cortados y combado para encajar en su lugar específico. La utilización de CATIA, programa de diseño paramétrico, permitió realizar el despiece de fachada, definiendo cada elemento que serían recortado por un sistema de corte láser

La influencia de la industria aeroespacial resulta evidente y no solo por la utilización de un software que anteriormente era exclusivo de ese campo. El ensamblaje de los paneles de fachada es realizado con los mismos métodos con los que se realiza el fuselaje de un avión que busca juntas perfectas entre piezas.





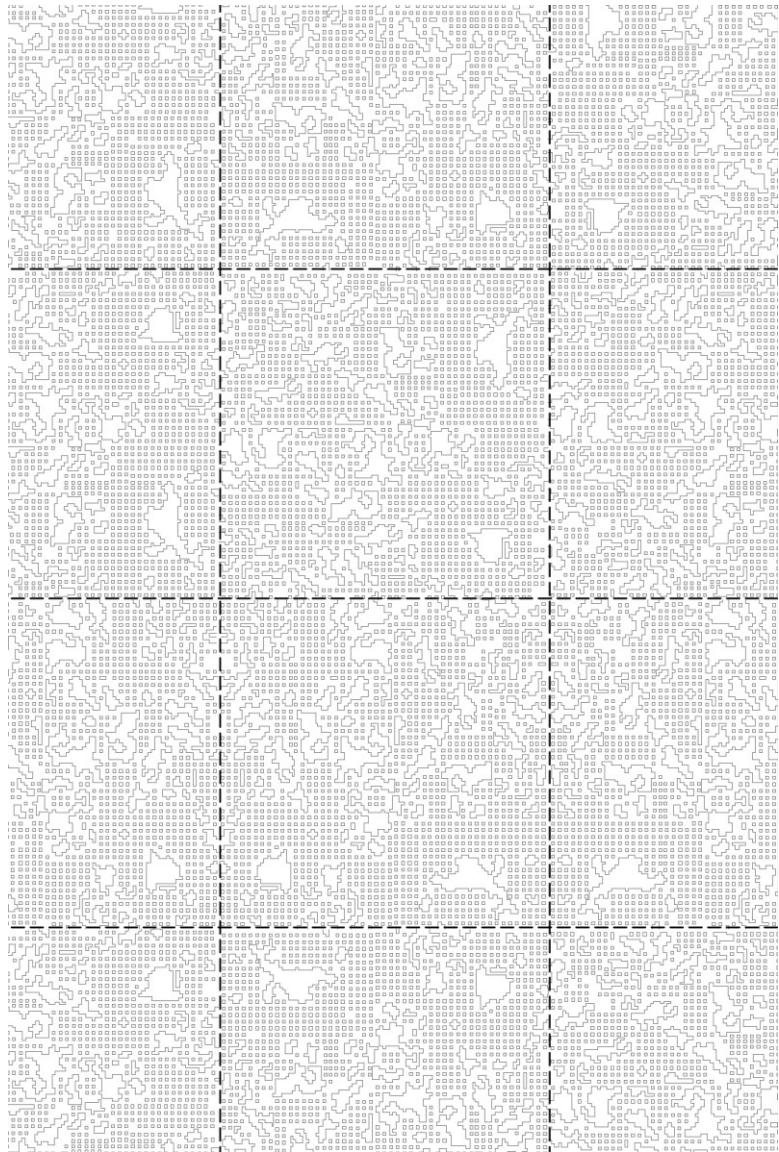
Caixaforum Madrid

*Madrid, 2008
Herzog & de Meuron*

Diseño algorítmico

La antigua Central Eléctrica de Mediodía trata de esconder su última planta mediante una celosía de acero corten.

Esta piel resulta subdivisible en pequeños paneles que repiten patrón pero varían su posición. Estos módulos resultan perforados por pequeños y simples “píxeles” que en ocasiones se unen realizando figuras más complejas. La lógica tras este diseño es compleja, existiendo infinitas soluciones que hacen que realizar ese estudio analógicamente resulte tedioso. Recurrir al diseño algorítmico resulta primordial para optimizar el tiempo que se invertiría en generar infinidad de variables que nos ayuden a llegar hasta el resultado final. El mismo ordenador es entonces quien lo define, por lo que solo será necesario decidir antes de exportarlo y mandarlo a fábrica.





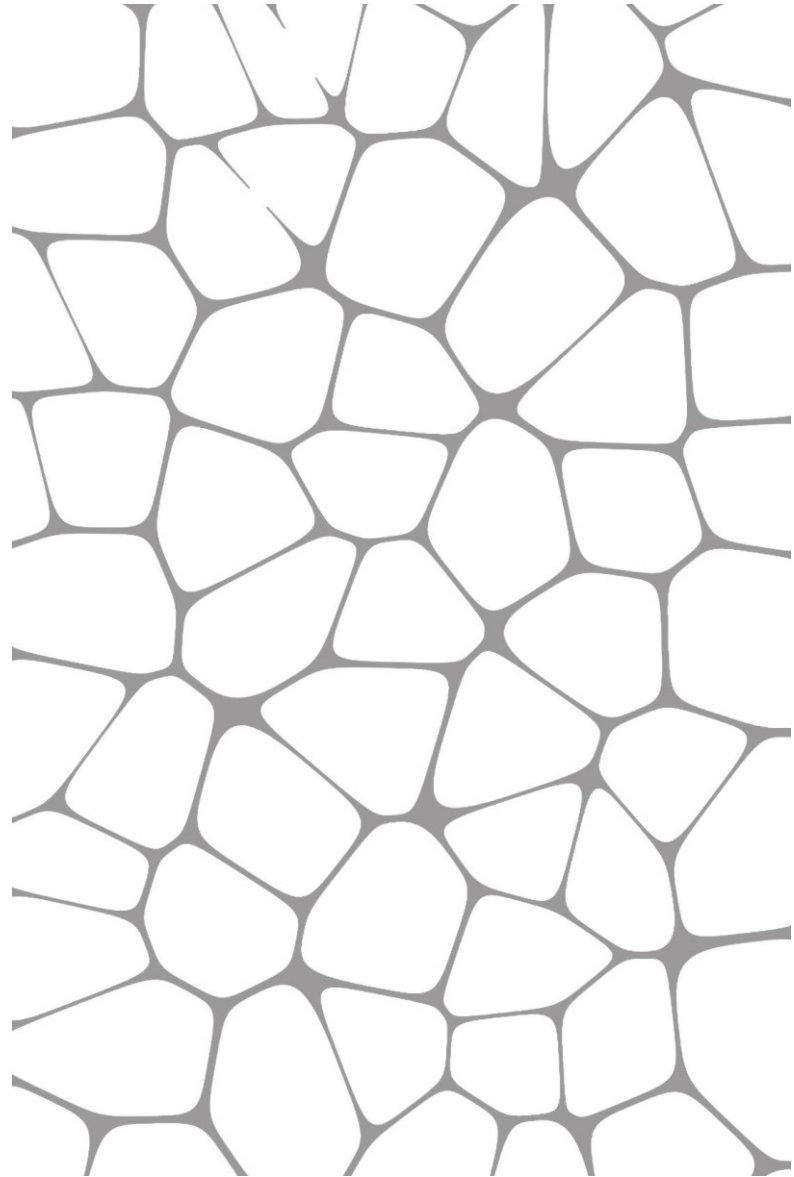
Watercube – National Swimming Centre

Beijing, 2008
PTW Architects

Diseño algorítmico

La piel que envuelve las piscinas olímpicas de los Juegos de Beijing busca simular la geometría de las pompas de jabón otorgándole un aspecto más orgánico. La fachada está realizada en ETFE, material más ligero que el vidrio que permite la entrada de luz natural.

Para la resolución de las formas de fachada se tienen en cuenta los diagramas de Voronoi y la estructura de Weaire-Phelan, ambas figuras geométricas complejas cuyo desarrollo analógico se torna muy difícil de realizar. La lógica computacional, sin embargo, ayuda a la resolución del patrón mediante la utilización de algoritmos que las múltiples soluciones y variables considerando las intersecciones que producirían estas esferas entre sí. Finalmente, resultan quince tamaños distintos de paneles de fachada.





Northwest Corner Building - Universidad de Columbia

Nueva York, 2010

Rafael Moneo

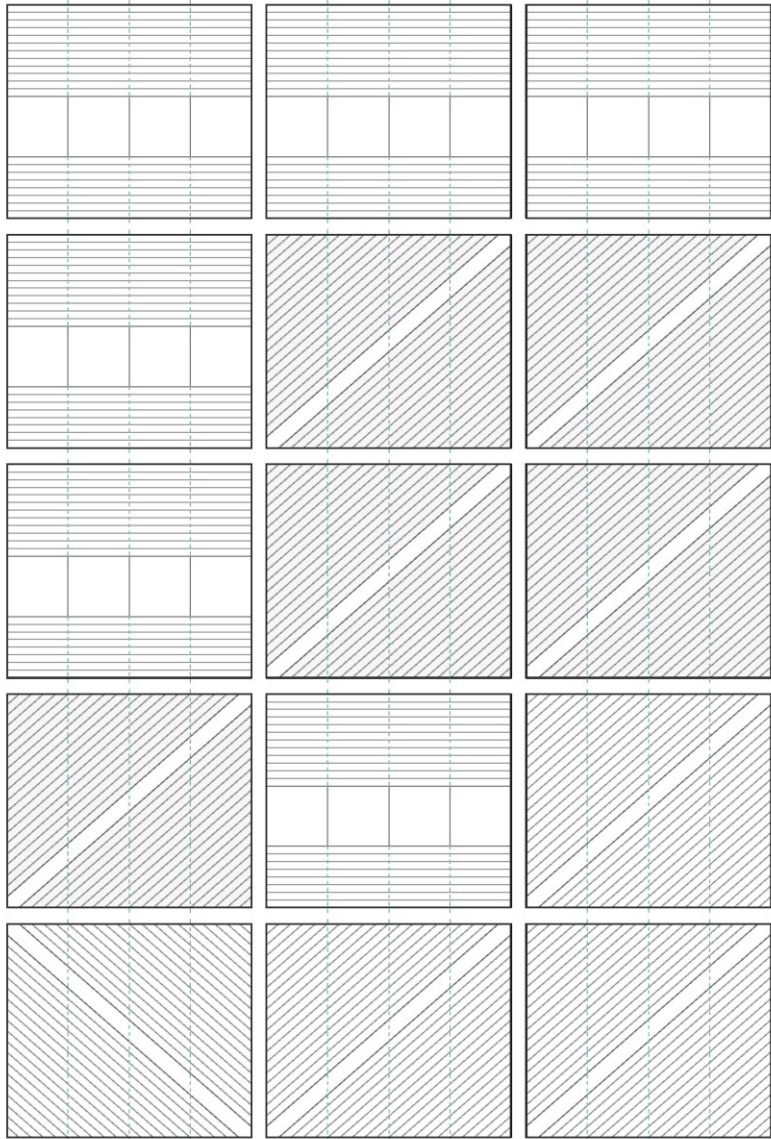
Diseño explícito

La piel del edificio responde a un esquema convencional, en el que se adopta una solución sencilla en el diseño de los módulos que lo conforman. La celosía ha sido definida con criterios preestablecidos por el arquitecto y se ha traducido a programas explícitos dándole una mayor rigurosidad para su posterior manufactura.

El patrón es sencillo, con tres tipos diferentes de módulo que se entremezclan para crearlo: paneles fenestrados, paneles opacos y paneles acristalados bajo las lamas extruidas de aluminio anodizado que los conforman.

El módulo tipo, de 6 x 5,7 metros, se subdivide a su vez en cuatro paneles para facilitar el traslado y puesta en obra.

El resultado es excepcional aportando absoluto control sobre la arquitectura.





Centro de Creación Contemporánea de Andalucía

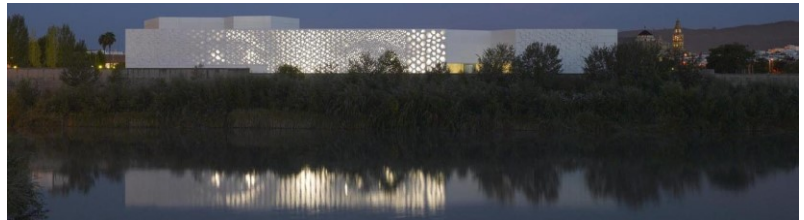
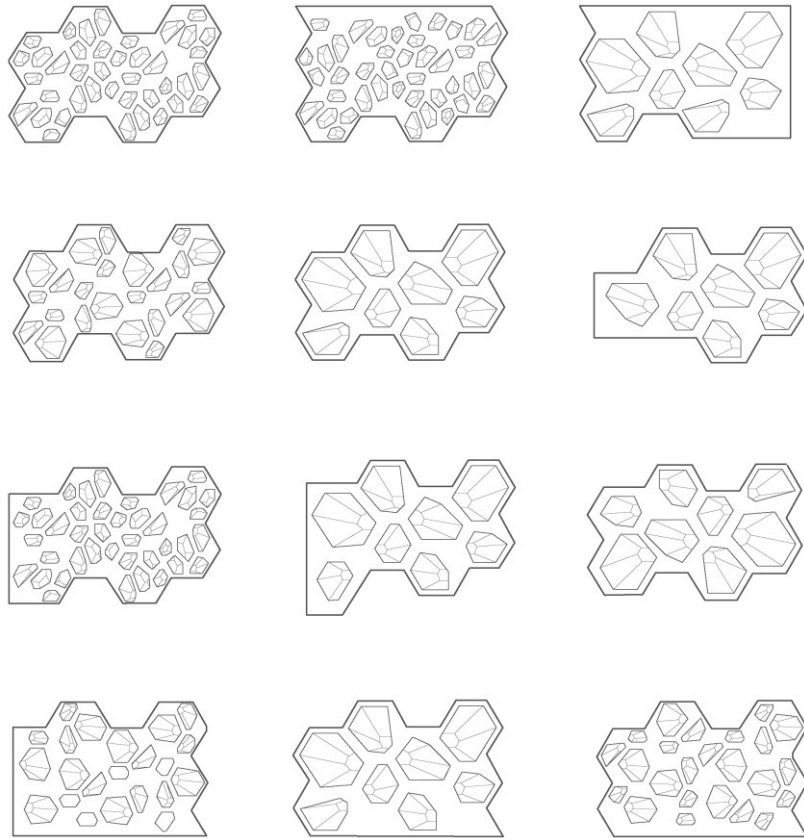
Córdoba, 2013

Nieto Sobejano Arquitectos

Diseño algorítmico

El edificio posee una piel constituida por doce tipos diferentes de paneles prefabricados de GRC blanco, perforados según dieciséis geometrías distintas de huecos tras los que se alojan lámparas monocromáticas LED, las cuales, mediante juegos de luces, pueden realizar proyecciones en la fachada, que actúa como pantalla. Algunas de estos paneles se encuentran perforados permitiendo la entrada de luz al interior.

El diseño de la fachada se realiza en colaboración con el estudio *realities:united* y se denota el uso de herramientas digitales en el modelado y conformación en 3D de los diferentes tipos de paneles perforados por geometrías controladas en un entorno computerizado optimizando así su resultado.





Heydar Aliyev Centre

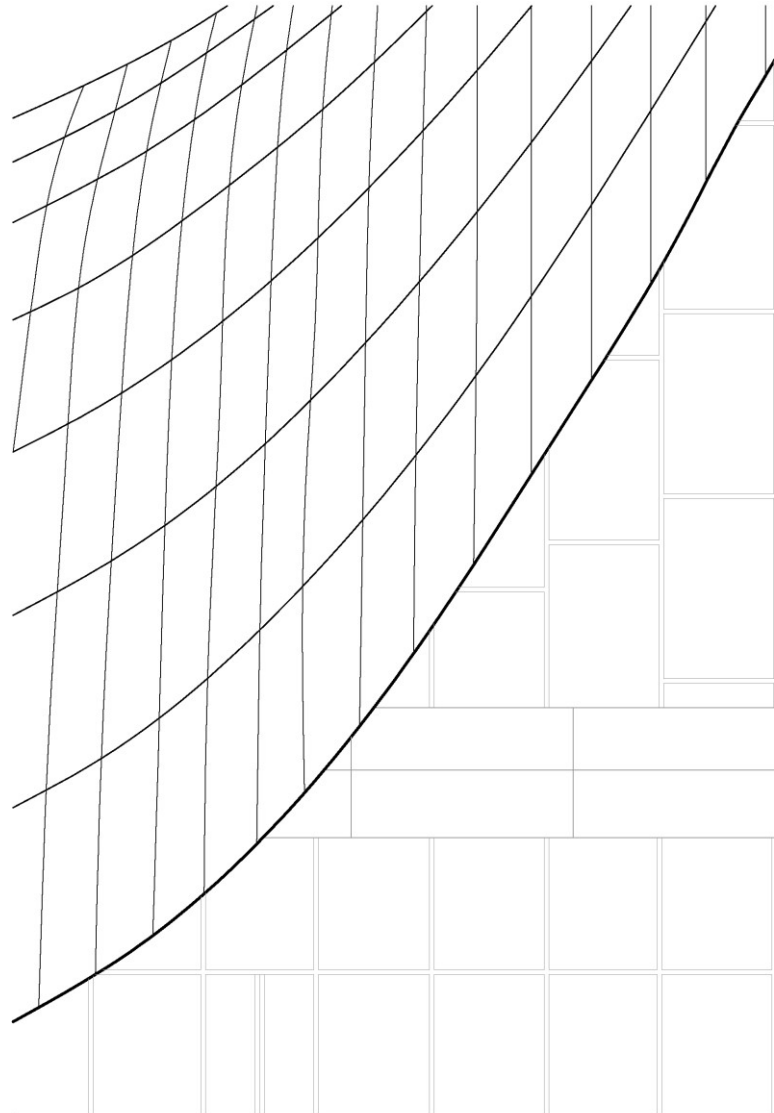
*Bakú, 2013
Zaha Hadid Architects*

Diseño paramétrico

La piel fluida que envuelve al centro cultural cumple también una función estructural, gracias al avance tecnológico y a los programas de computación avanzada que permiten el control de la forma y el estudio simultáneo de los esfuerzos reales que en ella se generan.

El resultado, visualmente homogéneo, requiere de procesos y lógicas constructivas contemporáneas, por lo que se llevaron a cabo numerosos estudios experimentales en la geometría de la superficie para racionalizar los paneles, manteniendo la continuidad en todo el edificio y el paisaje.

Con esta configuración, la cubierta se derrama y convierte en fachada, permitiendo la desmaterialización de la misma, que se desvanece y convierte en un sencillo paño acristalado que cierra la geometría.





Louvre Abu Dhabi

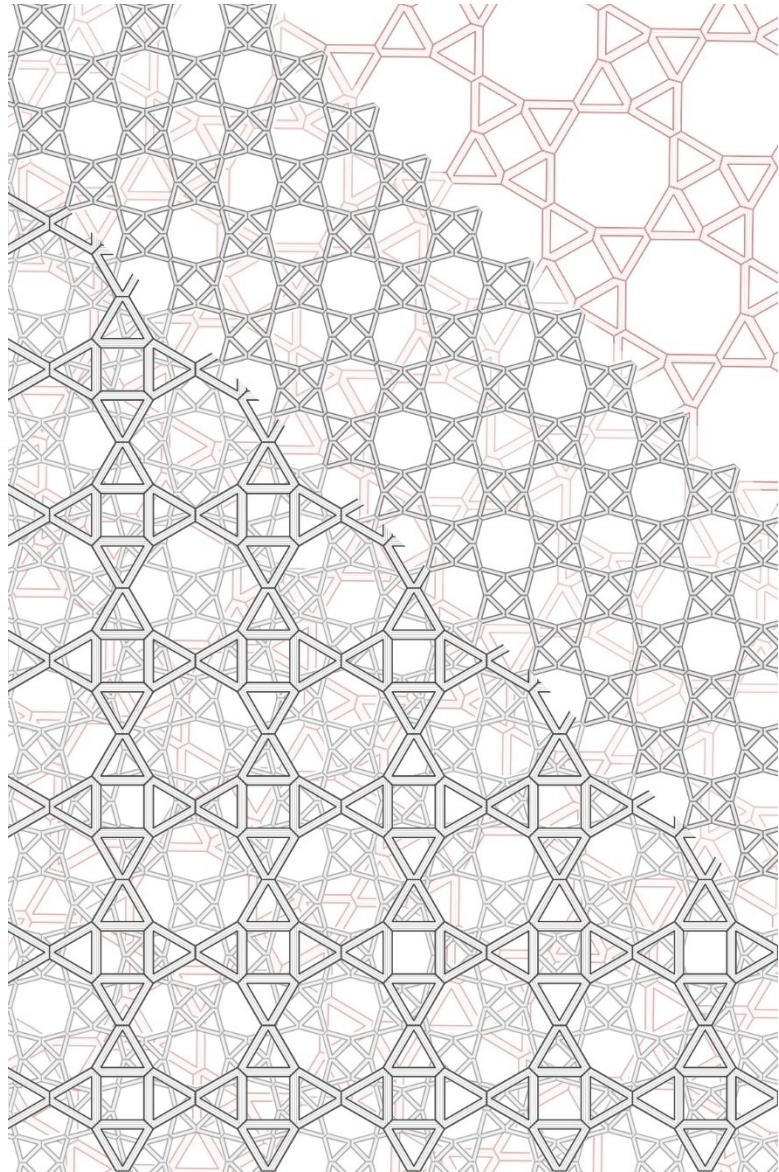
*Abu Dhabi, 2017
Ateliers Jean Nouvel*

Diseño algorítmico

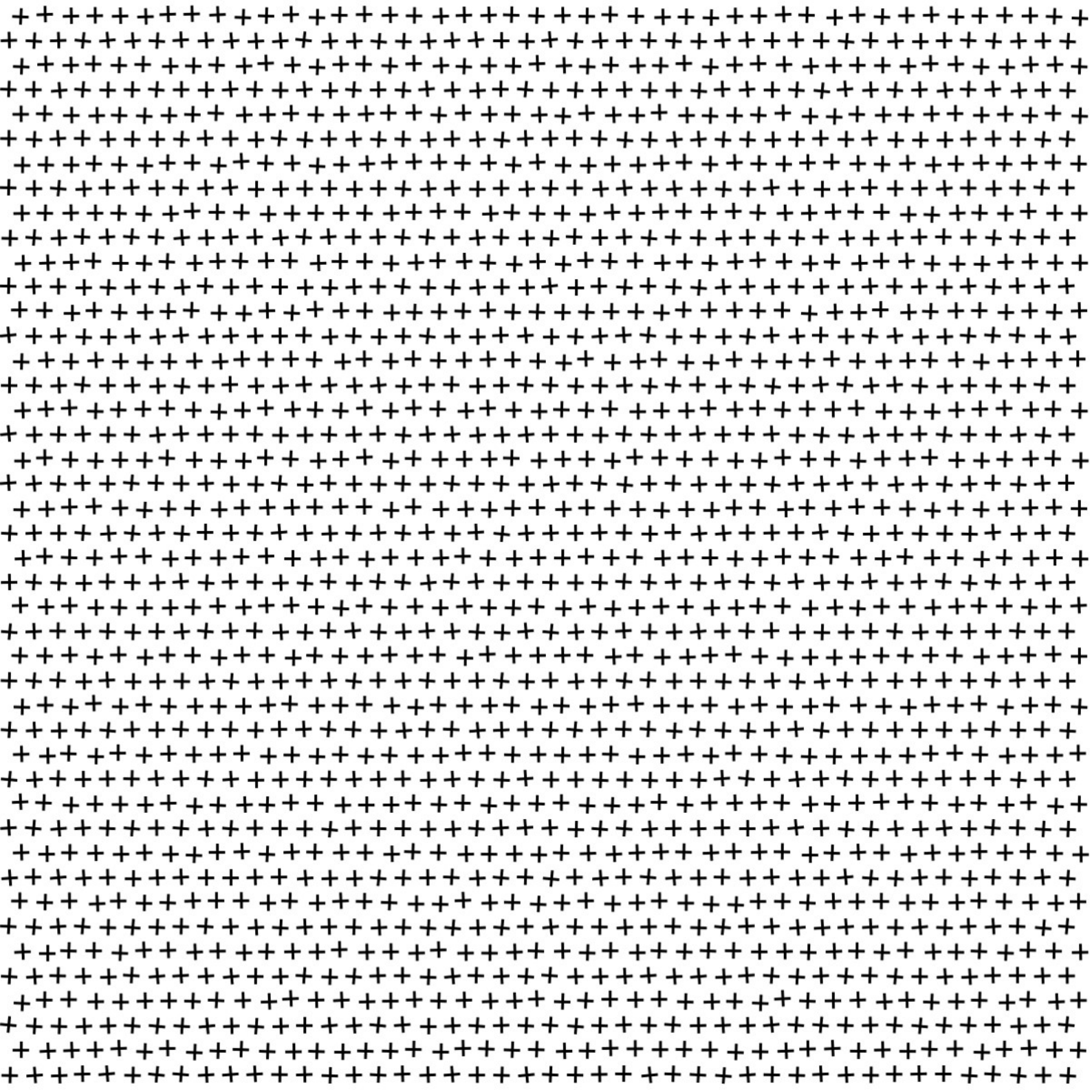
En la actualidad, Jean Nouvel hace gala del diseño algorítmico en gran parte de sus proyectos. Este es uno de ellos, en el que nos encontramos ante una gran bóveda que filtra la luz exterior creando juegos de luces en las calles del museo.

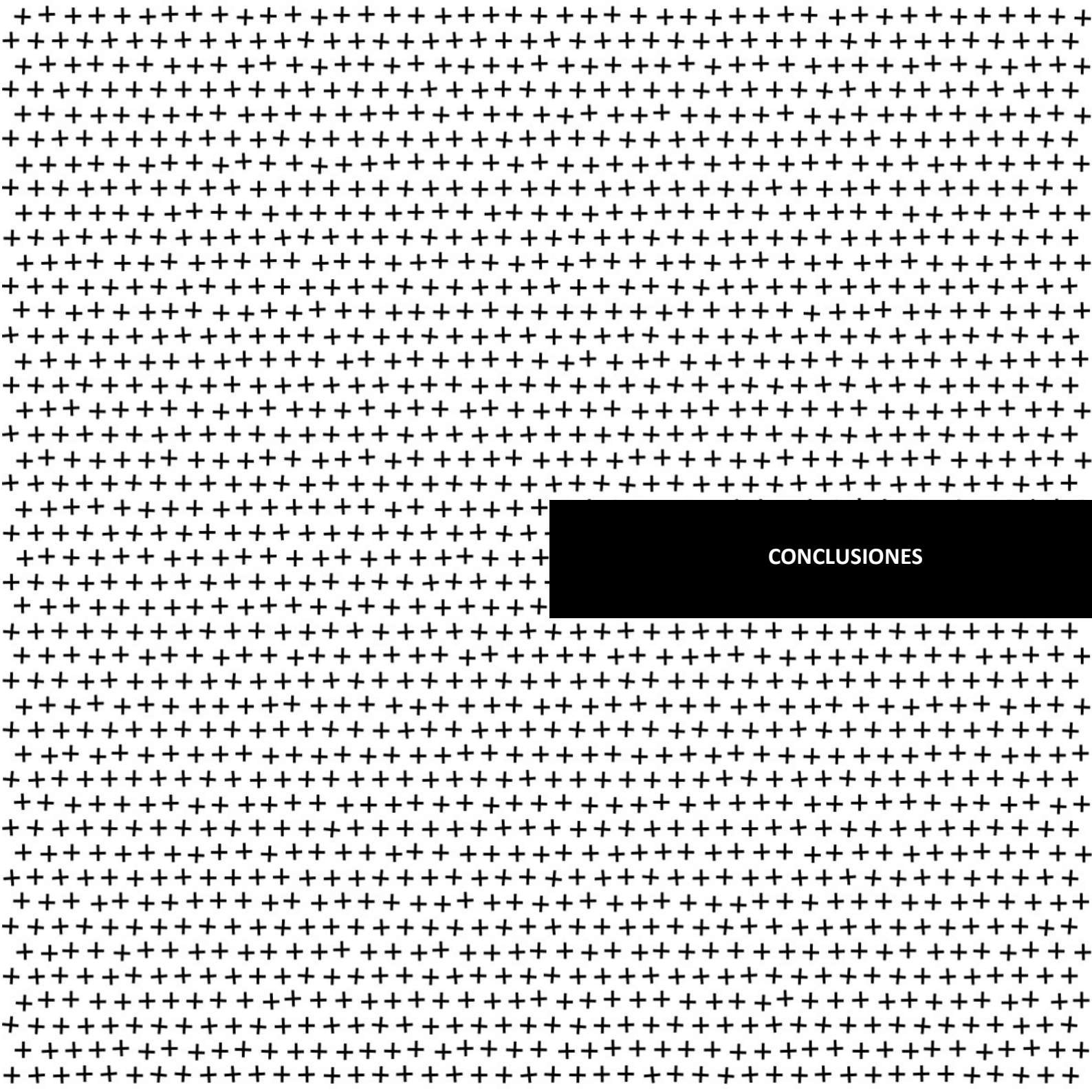
La cúpula está recubierta por una cáscara interior y una exterior que responden al mismo patrón, conformado por triángulos que delimitan cuadrados y octógonos que se repiten. Cada cáscara está compuesta de tres capas en las que esta base triangular varía de escala.

El diseño resulta complejo de imaginar, por lo que se recurre al diseño algorítmico como herramienta, que permite estudiar el paso de la luz por las diferentes propuestas que se realizan mediante cambios de variables en un software.



Este acercamiento mediante un estudio que reflexiona y pone en contexto cada proyecto, correlacionándolo con todo el pensamiento generado anteriormente, nos ha llevado a abstraernos de la forma y discernir el proceso oculto tras cada piel. Se observa cómo se ha posibilitado una mayor complejidad de las geometrías actuales de la arquitectura, ligado a la introducción del uso de nuevas tecnologías en su práctica y a la mejora de las prestaciones computacionales, pudiendo cada vez involucrar en mayor medida al ordenador como parte activa del diseño. Véase la evolución de Jean Nouvel, que ejemplifica como los arquitectos hemos resultado empoderados, al simplificar tareas que anteriormente requerían de mucho tiempo de estudio, liberando las capacidades creativas permitiendo concentrarlas en otros aspectos de la arquitectura. La fluidez que procuran los programas CAD hace que el “cómo” cada vez sea menos el problema, la verdadera discusión ahora se genera en torno a nuevas preguntas como son el por qué, por qué un diseño, por qué una solución y no esta otra; e igual que la digitalización ha transformado disciplinas, sociedades y el pensamiento global, también ha transformado la arquitectura, atrayendo inimaginadas formas y nuevas posibilidades de construcción. Cómo se utilicen estos avances lo decidirá cada arquitecto según crea conveniente en función de sus métodos de trabajo y de la complejidad de la idea de proyecto, pudiendo observar obras magníficas realizadas en los últimos años como la de Rafael Moneo en la que se establece una relación unidireccional con el ordenador, utilizándolo como mera herramienta de dibujo y gestión del proyecto, no por ello carece del matiz de la arquitectura contemporánea.





CONCLUSIONES

El paradigma digital ha irrumpido en la definición geométrica de la arquitectura, lo que ha supuesto que amplie su repertorio formal y ha abierto la posibilidad del hallazgo geométrico y la serindipia en la conversación del arquitecto con las máquinas; en la constatación, verificación, ajuste y optimización de la geometría al entorno físico, ambiental, energético, social y económico que ha hecho de la eficacia y sostenibilidad el gran objetivo mientras se subsidia o somete la forma a estos principios; en la manera en que y con qué se fabrica y se construye, que ha permitido clonar en la realidad las creaciones hechas en la interfaz de los ordenadores mediante flujo de datos, script lógicos y algoritmos matemáticos .

A diferencia de la materialidad del edificio de valores táctiles, visuales y atmosféricos que no abarcan la totalidad de la tarea de diseño, la geometría está centralmente involucrada en la mayoría de las tareas de decisión proyectuales relevantes de la arquitectura, demostrándose imprescindible. La geometría es la herramienta con que los arquitectos producen sus reflexiones, tantean sus intuiciones y proyectan sus soluciones. La arquitectura resuelve problemas espaciales complejos asistiéndose de la geometría. Es por ello lógico que el debate actual se genere en torno a la posición de la digitalización dentro de la práctica de la arquitectura pues genera ciertas incertidumbres formales e inquietudes profesionales sobre hacia dónde se encamina este nuevo paradigma computacional. Los resultados de la arquitectura actual son dispares, traduciendo a lo físico este arduo debate entre quien abraza las nuevas vanguardias y quien no está interesado o desconfía de ellas. Se formalizan así ciertas teorías experimentales acerca de las posibilidades que estas nuevos protocolos y geometrías ofrecen, lo que no significa que se hayan de relegar algunos o todos los procedimientos de diseño al ordenador, con el convencimiento de que así se conseguirá un resultado más óptimo que

el realizado por cualquier humano en base al uso recurrente de la intuición. No es previsible en que tornará la arquitectura en la era digital, pero es cierto que un importante cambio se ha insertado en su práctica, en su imaginario y en su discurso. No hay nada que temer, solo queda aceptar el fructífero diálogo con las máquinas.

Si destacamos que las personas somos una caja negra, entendiendo con ello que las ideas se relacionan en nuestro subconsciente y producen hallazgos sin que sea posible discernir el cómo, se torna lógico que la inteligencia de las máquinas que desarrollemos no pueda ser de otra manera. Debido a la dificultad que plantea programar una inteligencia artificial, los que recurren a ella son pocos, empleándola en la resolución de tareas lógicas sencillas. Sin embargo, quizá nos estemos equivocando desde la base y el acercamiento a lo computacional no deba establecerse en una dirección unilateral, subordinando la máquina a ser una mera herramienta de diseño, sino mediante conversaciones con ella, pues realmente cuando se utiliza un programa algorítmico se establece una relación bilateral entre el arquitecto y la máquina, en la que esta responde a la idea de su interlocutor con nuevas ideas y es así como se llega al hallazgo, la serendipia. Si estos programas, además, estuviesen dotados de inteligencia artificial, no haría falta establecer valores previos, pues no varía en función de algoritmos, sino de lo que ha aprendido empíricamente, por lo que puede que llegue el momento en el que se converta en una extensión de cada uno, un asistente proyectual. Hasta entonces, en tanto inexorablemente lleguemos a ello, parece correcto encajar el Parametricismo como uno de los más evolucionados desarrollos del Deconstructivismo.

"La integración del diseño asistido por ordenador a la fabricación y construcción computacionalmente asistidas [...] fundamentalmente redefine la relación entre el diseño y la producción. Elimina muchas restricciones geométricas impuestas por el dibujo tradicional y los procesos de producción, lo que hace que las formas curvas complejas sean mucho más fáciles de manejar, por ejemplo, y reduce la dependencia en componentes estándar producidos en serie. [...] Cierra la brecha entre el diseño y la producción que se abrió cuando los diseñadores comenzaron a dibujar."

W. Mitchell y M. McCullough, 1995

Pág. 14

"El modo predominante de utilizar los ordenadores en la arquitectura actual es mediante la informatización; entidades o procesos que ya están conceptualizados en la mente del diseñador y que son introducidos, manipulados o almacenados en un sistema informático. Por otro lado, es cierto que la computación como herramienta de diseño es limitada. El problema con esta situación reside en que los diseñadores no aprovechan la potencia de lo computacional y, mientras que la informatización es el acto de archivar datos en un ordenador, la computación versa sobre automatización, mecanización, digitalización y conversión."

Kostas Terzidis, 2003

Pág. 26

“Este nuevo movimiento impulsa así la estética de la lógica del sistema por encima de las culturalmente aceptadas preconcepciones de la belleza y la forma. Lógica es la nueva forma. La forma resulta de la fórmula.”

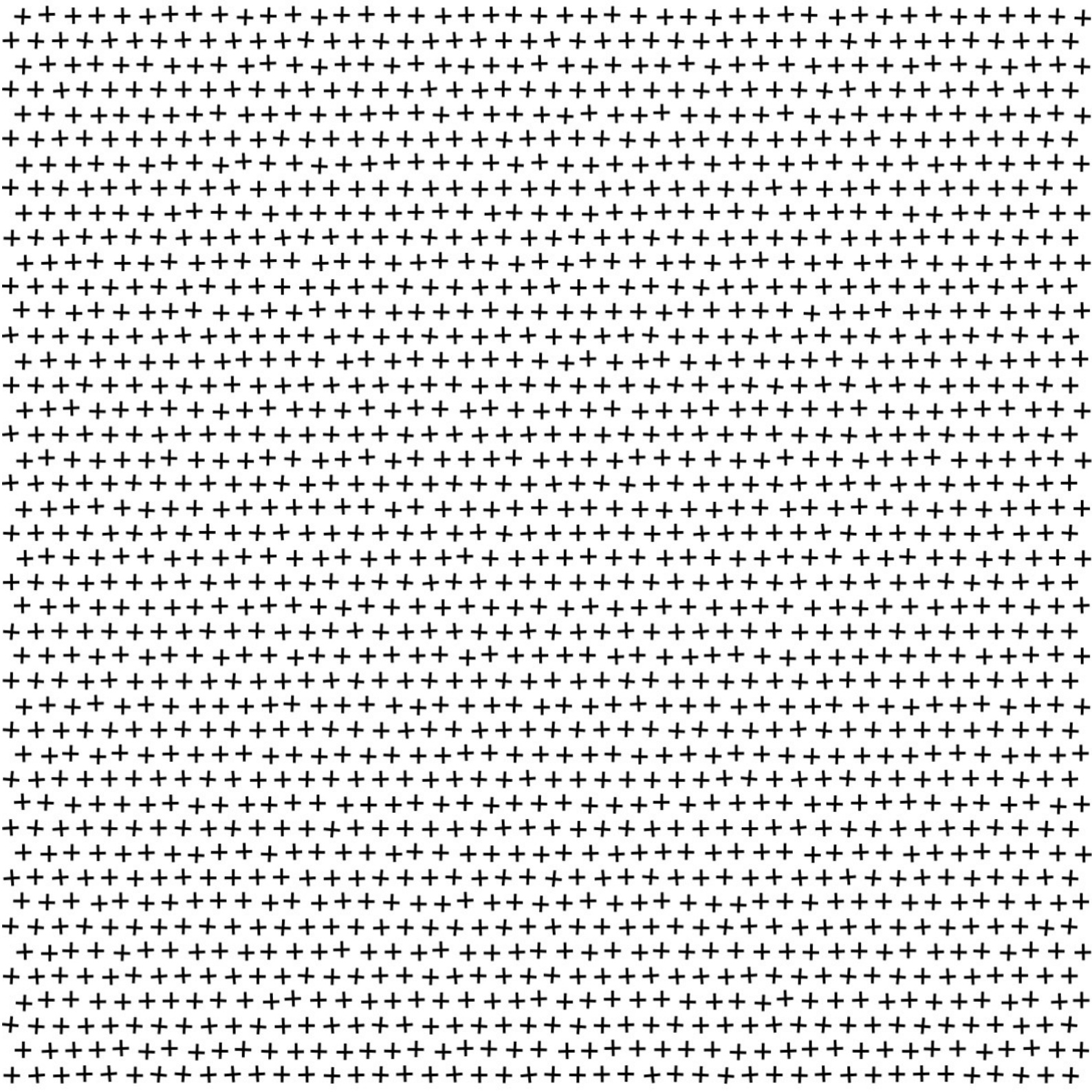
Nick Pisca, 2017
Pág.38

“El primer ciclo digital en la arquitectura cambió nuestro modo de hacer; el segundo, cambiará nuestra manera de pensar.”

Mario Carpo, 2017
Pág. 39

“Mientras imparto lecciones sobre diseño algorítmico, hay una pregunta que aparece a menudo: si los programas generan arquitectura, ¿qué harán los arquitectos? Siempre respondo lo siguiente. Las máquinas son mejores que las personas al resolver problemas complejos con diferentes problemas entrelazados. En ese campo, las personas no somos competencia para las máquinas. Pero las personas son las únicas que pueden crear una imagen que antes no existía. Las máquinas no sueñan.”

Makoto Sei Watanabe, 2017
Pág. 40





BIBLIOGRAFÍA | WEBGRAFÍA

C. Anderson, 2013, *"Makers: La nueva revolución industrial"*, Empresa Activa

Autodesk, 2002, *"Building Information Modeling"*

accesible en: http://www.laiserin.com/features/bim/autodesk_bim.pdf

M. Carpo, 2017, *"The Second Digital Turn, design beyond intelligence"*, MIT Press

N. Chomsky, 2012, *"El objetivo de la educación"*,

accesible en: https://www.youtube.com/watch?v=W9aalxJGy_Y

S. Davis, 1987, *"Future perfect"*, Addison Wesley Reading

N. Gershenfeld, 2012, *"How to Make Almost Anything: The Digital Fabrication Revolution"*

accesible en: <http://cba.mit.edu/docs/papers/12.09.FA.pdf>

N. Gershenfeld et al., 2015, *"Macrofabrication with Digital Materials: Robotic Assembly"*,

accesible en: <http://cba.mit.edu/docs/papers/15.09.AD.pdf>

A. Hoteit, 2015, *"Deconstructivism: Translation From Philosophy to Architecture"*,

accesible en:

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.882.9003&rep=rep1&type=pdf>

H. Kodama, 1981, *"A Scheme for Three-Dimensional Display by Automatic Fabrication of Three-Dimensional Model"*, IEICE Transactions on Electronics

Le Corbusier, 1923, *"Hacia una arquitectura"*, Apóstrofe

Le Corbusier, 1929, *"La Ciudad del Futuro"*, traducido en 1962 por Ediciones Infinito Buenos Aires

N. Leach, P. F. Yuan, 2017, *"Computational Design"*, Tongji University Press

N. Leach, P. F. Yuan y A. Menges, 2017, *"Digital Fabrication"*, Tongji University Press

N. Leach, D. Turnbull y C. Williams., 2004, *"Digital Tectonics"*, Wiley-Academy

G. Lynn, 1993, "Architectural curvilinearity. The folded, the pliant and the supple", en "Folding in Architecture", AD

accesible en: <https://www.readingdesign.org/architectural-curvilinearity/>

H. Maturana y F. Varela, 1984, "El árbol del conocimiento: las bases biológicas del entendimiento humano", Lumen Humanitas

W. Mitchell y M. McCullough, 1995, "Prototyping", en "Digital Design Media", Van Nostrand Reinhold

A. Menges y S. Ahlquist, 2011, "Computational Design Thinking", AD Reader

R. Olexa, 2001, "The Father of the Second Industrial Revolution", en Manufacturing Engineering Magazine,

accesible en: <http://www.sme.org/Tertiary.aspx?id=36002>

F. Otto, 2009, "Occupying and Connecting: Thoughts on Territories and Spheres of Influence with Particular Reference to Human Settlement", Edition Axel Menges

N. Pisca, 2017, "Forget Parametricism", en "Computational Design", N. Leach, P. F. Yuan, Tongji University Press

P. Schumacher, 2008, "Parametricism,, a new global style for architecture and urban design",

accesible en: <https://www.patrikschumacher.com/Texts/Parametricism%20-%20A%20New%20Global%20Style%20for%20Architecture%20and%20Urban%20Design.html>

P. Schumacher, 2011, "The Autopoiesis of Architecture, Volume I: A New Framework for Architecture", John Wiley & Sons

P. Schumacher, 2012, "The Autopoiesis of Architecture, Volume II: A New Agenda for Architecture", John Wiley & Sons

P. Schumacher, 2018, "The Progress of Geometry as Design Resource"

accesible en:

<https://www.patrikschumacher.com/Texts/The%20Progress%20of%20Geometry%20as%20Design%20Resource.html>

C. Slessor 1997, "Guggenheim Museum in Bilbao, Spain by Frank O. Gehry & Associates", en The Architectural Review, revisado en 2010,

accesible en: <https://www.architectural-review.com/buildings/guggenheim-museum-in-bilbao-spain-by-frank-o-gehry-and-associates/8603272.article>

I. de Solà-Morales, 1995, "Diferencias: topografía de la arquitectura contemporánea", Gustavo Gili

K.Terzidis, 2003, "Algorithmic Form", en "Expressive Form: A Conceptual Approach to Computational Design", Spon Press

accesible en:

https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/340314/mod_resource/content/2/Terzidis_Algorithmic%20Form.pdf

Páginas Web consultadas

www.dfab.ch

es.scribd.com

www.archdaily.com

makoto-architect.com

es.wikiarquitectura.com

www.patrikschumacher.com

www.professormichaelburt.com

