

46 Bitácora

arquitectura

MEDIOS DIGITALES Y ARQUITECTURA_ Placemaking / La digitalización para el mundo / Click, Pan, Scroll: arquitectura en la web / Procesos de autoría intelectual en la segunda era digital / Instrumentalities of an Eternal Baroque / La imposición del espacio digital / On the Visual Agency of Manufacturing Models / La cuarta edad de la arquitectura / Ciudad espejo / Estética del espacio aumentado / Fajuca de medios digitales en la arquitectura mexicana / Variaciones morfológicas entre disciplinas

Revista de la Facultad de Arquitectura / Centro de Medios
2012, número 46 / **artefactos + arte + diseño industrial + arquitectura**

Los procesos de autoría intelectual implícitos en la segunda era digital

Implicit Authorship Processes at the turn of the Second Digital Age

investigación
pp. 104-113

David Campos Delgado

Magdalena Picazzo Sánchez

Resumen

Se revisa la historia y evolución de la introducción de tecnologías asistidas por computadora –como CAD/CAM– a la arquitectura, con el fin de explorar las diferentes posibilidades que se presentan a la disciplina en la segunda era digital, particularmente las implicaciones que estos mecanismos tienen en la concepción de la autoría intelectual.

Palabras clave: segunda era digital, CAD, autoría intelectual

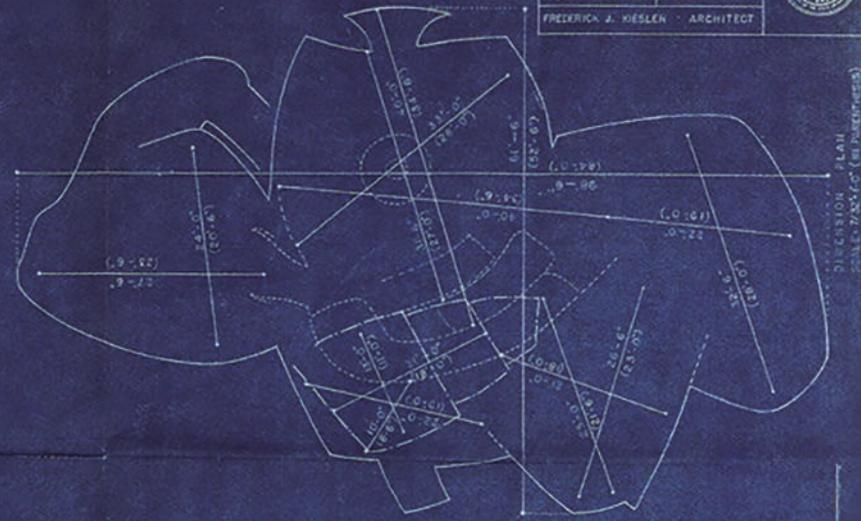
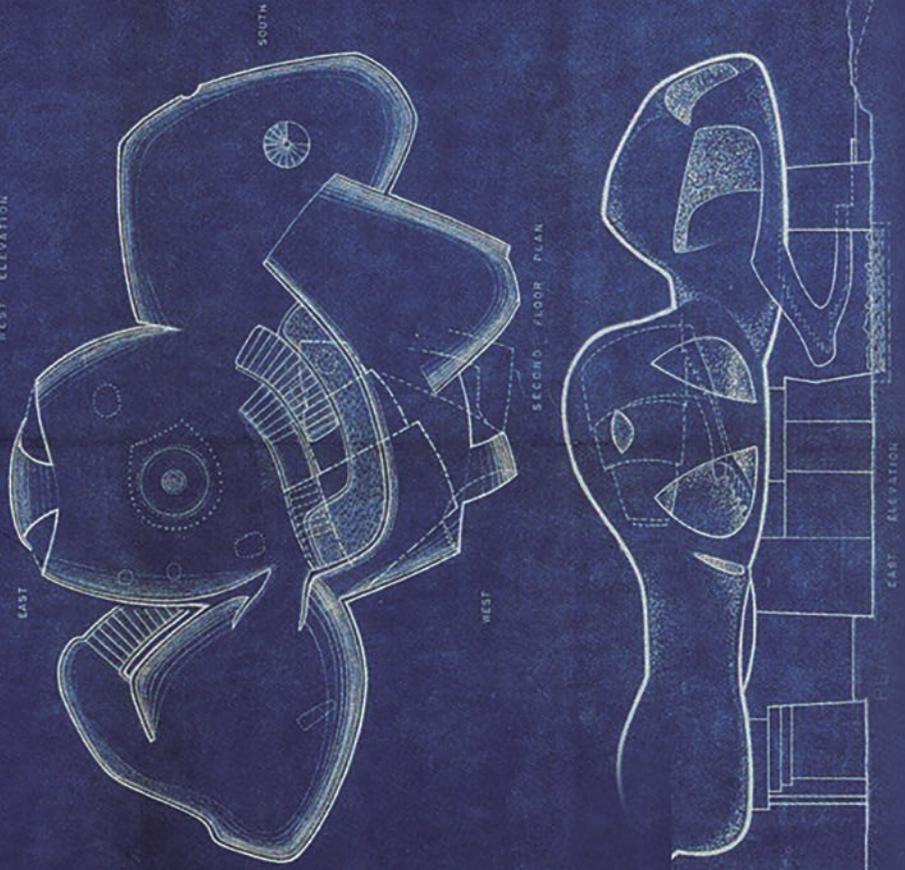
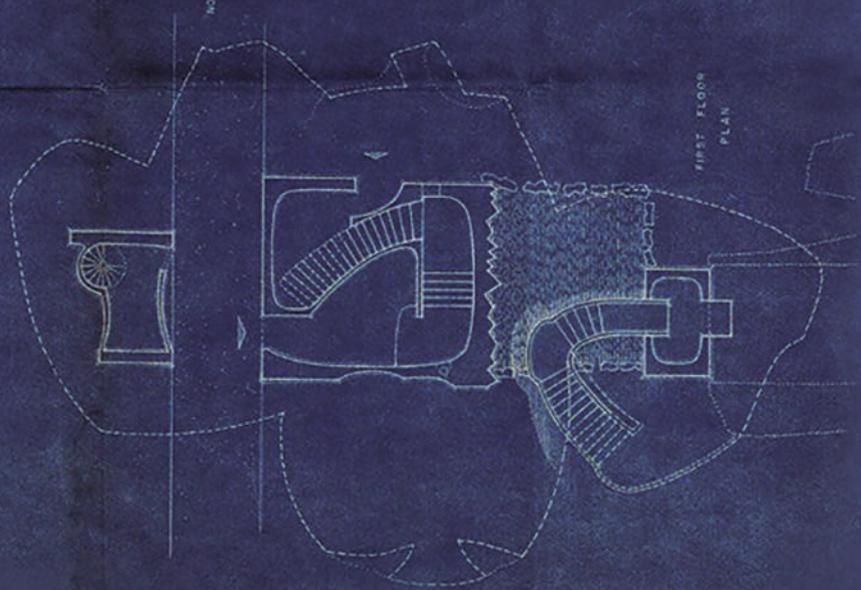
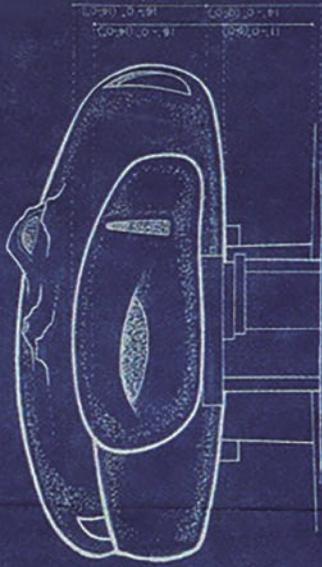
Abstract

Through an overview of the history and evolution of the introduction of computer-assisted technologies such as CAD/CAM into the world of architecture, this article explores the different possibilities open to the discipline in the second digital era, particularly in terms of the implications that these mechanisms have for the traditional conception of authorship.

Keywords: second digital age, CAD, authorship

Endless Space, Frederick J. Kiesler. Fuente: Dieter Bogner, ed., Frederick J. Kiesler: Endless Space (Ostfildern Ruit: Hatje Katz, 2001). Imagen de Hatje Cantz Verlag

PLANS AND ELEVATIONS



PLANS FOR ENDLESS HOUSE
PROJECT FOR MUSEUM OF MODERN ART
NOV/22-APR/23/23 SCALE 3/16" = 1'-0"
FREDERICK J. HESLEN ARCHITECT



A lo largo de la historia, la producción arquitectónica ha estado íntimamente ligada a —e incluso limitada por— las herramientas que usamos para crearla. Una de las más importantes es la manera en la que nosotros mismos definimos el perfil del arquitecto junto a sus objetivos y aspiraciones. En efecto, la noción moderna del arquitecto encuentra sus orígenes en el tratado *De re aedificatoria* de Leon Battista Alberti, publicado en 1485 e inscrito perfectamente dentro del espíritu renacentista. En su tratado, Alberti definió el principio del diseño arquitectónico como una tarea meramente intelectual expresada a través de notaciones y coordenadas geométricas. Este paradigma, aún vigente, estableció una clara separación entre la tarea intelectual de diseñar y la tarea material de construir. Al mismo tiempo, esta división de labores ayudó a engendrar la noción de la autoría intelectual, componente esencial para entender la evolución de la arquitectura en el siglo xx.

Los límites de ese campo de acción, en términos prácticos, han estado definidos por los alcances de las herramientas geométricas con las que hemos trabajado a lo largo de más de quinientos años. Hasta hace muy poco, las limitaciones respecto a lo que éramos capaces de construir se encontraban estrechamente relacionadas con lo que éramos capaces de dibujar y medir. Un ejemplo claro es el trabajo del arquitecto austriaco Frederick Kiesler, quien, a través del proyecto *Endless Space* (El espacio sin fin), presentado en 1960 en la exhibición *Visionary Architecture* del MoMA¹ y en el MAK de Viena en el 2001, buscó desafiar las convenciones de la percepción espacial euclidiana.

Su trabajo se encontraba fuertemente guiado por un acercamiento experimental, conceptual y teórico respecto a la idea de continuidad espacial. A pesar de haber sido comisionado por el MoMA para su construcción y de haber permanecido dentro de su agenda hasta el día de su muerte en 1965, su proyecto nunca fue edificado. Es posible que las herramientas de notación hayan sido incapaces de ofrecer el grado de control geométrico requerido para ejecutar un proyecto con ese nivel de complejidad. Durante el proceso de diseño, Kiesler desarrolló maquetas de estudio y dibujos. Ambos adolecen de dos grandes atrasos propios de las herramientas de su tiempo: por un lado, la incapacidad de reproducir a escala las especificaciones geométricas de las maquetas o dibujos —aquéllas, al ser construidas conforme a un método manual y, hasta cierto punto, artesanal, constituían piezas únicas, irrepetibles y no medibles—; por el otro, en el caso de aplicar un mecanismo geométrico, la racionalización de cada una de esas superficies hubiese requerido el cálculo de millones de puntos definidos por coordenadas geométricas, una tarea humanamente imposible.

En algún punto durante la década de los noventa del siglo xx, la introducción de herramientas digitales cambió drásticamente la relación entre el arquitecto diseñador y sus procesos de creación intelectual. La capacidad de calcular casi instantáneamente cantidades gigantescas de información convirtió en proyectos viables aquéllos que solamente tres décadas atrás habían sido imposibles de realizarse.

La aceleración que ha traído consigo el poder computacional de las herramientas digitales es tal que es muy probable que el día de hoy cualquier estudiante de una licenciatura en Arquitectura sea capaz de modelar diligentemente y generar dibujos esquemáticos que documenten el proceso constructivo necesario para materializar un proyecto como *El espacio sin fin* de Kiesler. Este gran salto no responde a un despliegue de genialidad generacional ni a la invención de nuevos mecanismos para manipular geometrías.

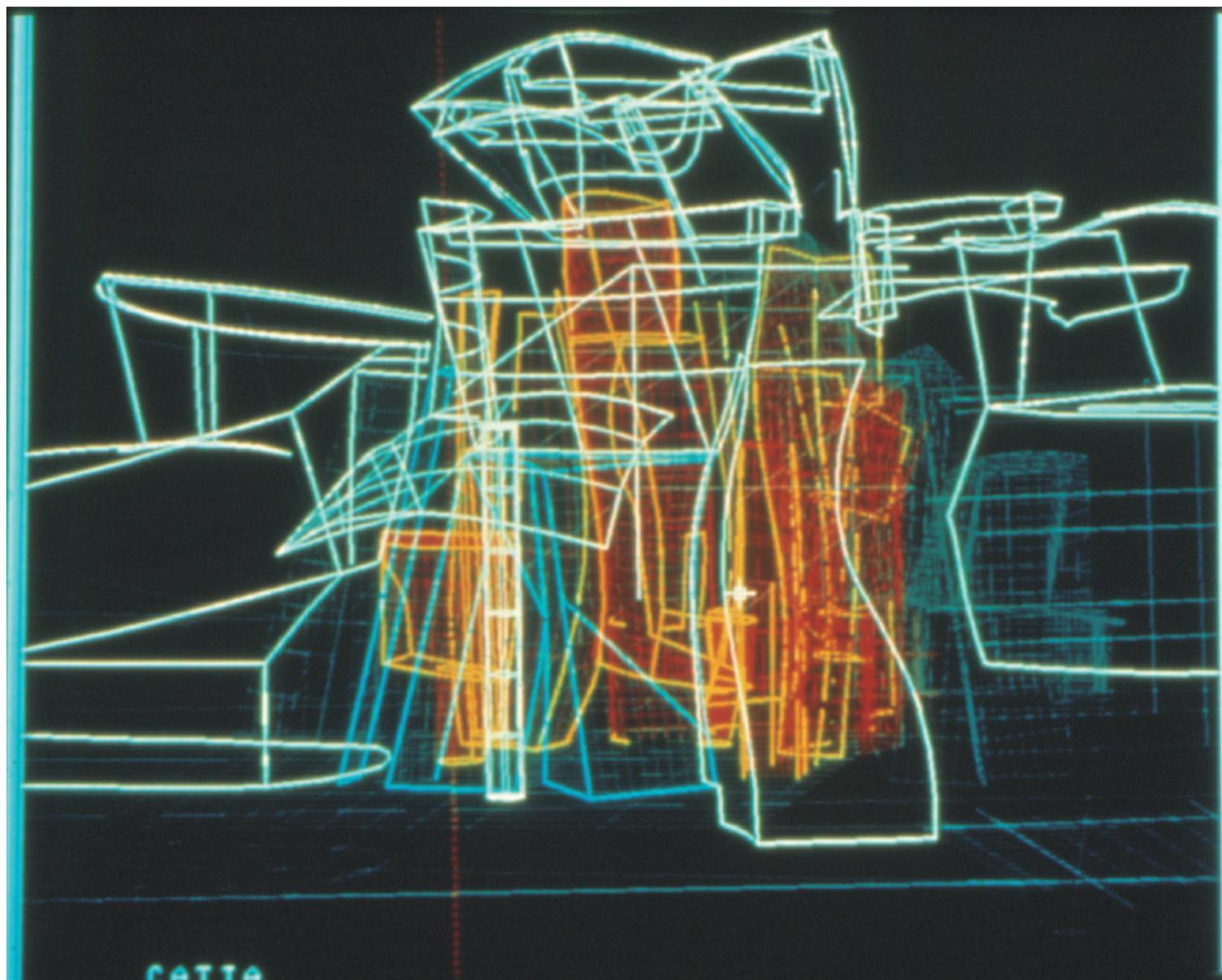
En términos estrictos, la lógica reinante dentro de las herramientas digitales es la misma presente en la geometría analítica cartesiana; la gran diferencia consiste en la acelerada velocidad para procesar inmensos volúmenes de información simultáneamente, lo cual es, en esencia, el gran avance implícito en la revolución de los procesadores computacionales.

Este hecho ha sido documentado por Greg Lynn en su trabajo sobre la arqueología de lo digital,² una investigación documental extensa de proyectos que en su momento fueron experimentales y que definieron el rumbo de la arquitectura digital a finales de los ochenta. En particular es importante rescatar la serie de conversaciones que sostuvo con Peter Eisenman en torno a su papel en el desarrollo del proyecto *Biozentrum* (1987), en el cual Lynn redactaba secuencias de código de forma manual mientras que la supercomputadora de Ohio State University producía la misma información simultáneamente. Este momento en el que una persona y una supercomputadora procesaban datos a la misma velocidad es clave para poner en perspectiva las consecuencias que la inclusión de lo digital tendría tanto para el diseño como para la materialización de la arquitectura digital.

Una de las consecuencias no previstas de la incorporación de herramientas digitales a los procesos de diseño es que la continuidad operativa entre el diseño asistido por computadora (Computer-aided Design, CAD) y la fabricación asistida por computadora (Computer-aided Manufacturing, CAM) empuja a cerrar la brecha que desde la época de Alberti separa la autoría intelectual de la ejecución material. Esto es uno de los pilares de la concepción moderna de la profesión. En muchos sentidos, esta tendencia a difuminar la frontera entre diseño y construcción o fabricación está implícita en la esencia del diseño asistido por computadora. Para desarrollar esta idea, a continuación se resume el proceso de aplicación del cálculo matemático, creación del siglo xvii atribuida a Isaac Newton y Gottfried Leibniz, a los mecanismos de diseño automovilístico. Dicho proceso se identifica como el preámbulo a la primera era digital en el campo del diseño arquitectónico.

El antecedente directo del diseño asistido por computadora se puede encontrar en el término *spline*,³ que aparece por primera vez en el siglo xviii en boca del gremio inglés de constructores de barcos para definir la curvatura creada por las láminas de madera que cubrían la proa de un navío. Aunque el concepto hace referencia, en principio, a un sistema artesanal definido por la elasticidad del material utilizado y la búsqueda de una disposición plástica que genere la menor fricción posible al contacto con el agua, podemos encontrar en él las cualidades que estarán presentes en la aplicación digital del término. También es importante señalar que los principios de hidrodinámica y aerodinámica son tan parecidos que, conforme se desarrolló la industria de la aviación a principios del siglo xx, muchos de los conocimientos técnicos usados en la industria náutica fueron fácilmente adaptados a la industria aeronáutica y posteriormente a la industria automotriz.

En la industria automotriz francesa de finales de la década de los cincuenta, la búsqueda de alternativas al proceso manual de moldes hechos con arcilla y madera llevó a un grupo de ingenieros a teorizar la posibilidad de un sistema geométrico basado en el cálculo y el principio material de las *splines*. El resultado se le atribuye a Pierre Bézier, quien utilizó este sistema para diseñar la carrocería de los automóviles Renault. Esta herramienta, bautizada “curvas Bézier,” aunque era comprobable en términos matemáticos, tuvo que esperar tres décadas más para encontrar una instrumentalización



Visualización digital del Museo Guggenheim Bilbao mediante CATIA, 1997 © FMGB Guggenheim Bilbao Museoa

directa, hasta los ambientes digitales que se hicieron posibles en los noventa. Durante este periodo, que desde la perspectiva de la naciente industria computacional implicó crear tecnologías lo suficientemente avanzadas como para colocar en el mercado estaciones de trabajo económicamente accesibles, el diseño asistido por computadora desarrolló el modelo matemático que se encuentra presente en todas las plataformas digitales de manipulación de superficies: las NURBS (Non-Uniform Rational Basis Splines).

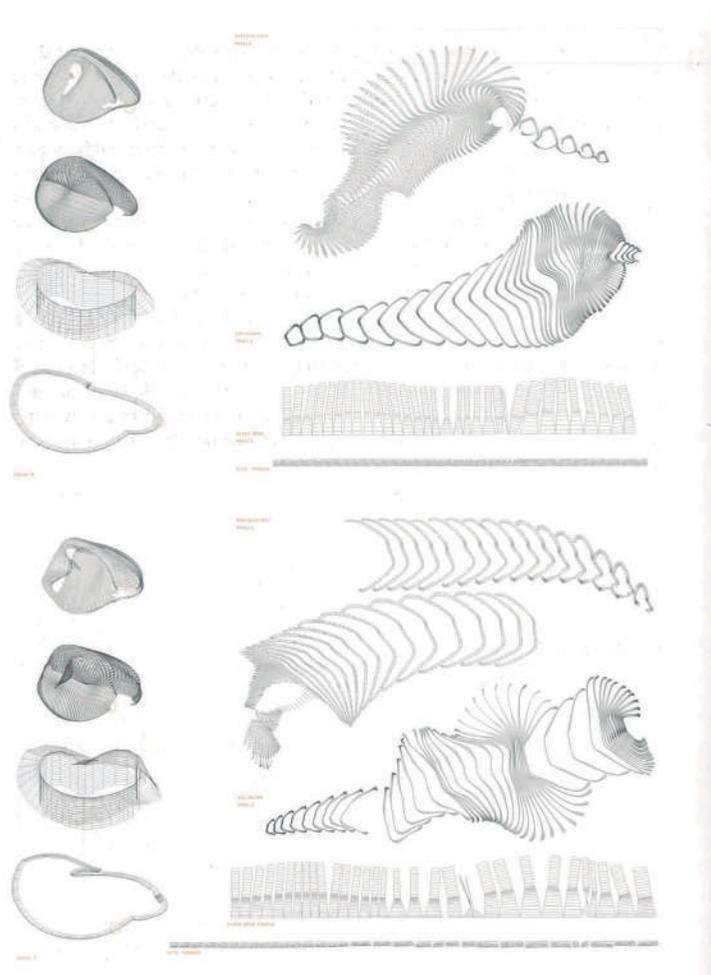
La primera de las incursiones de la arquitectura en el campo del diseño asistido apareció en 1991 de la mano de Frank O. Gehry con el proyecto de una escultura urbana para conmemorar la sede de los Juegos Olímpicos de 1992 en Barcelona. Utilizó software propio de la industria aeronáutica para el desarrollo de la geometría de su proyecto. Como se abordará más adelante, la presencia de Frank Gehry en la evolución del diseño digital en la arquitectura será increíblemente relevante y revolucionaria, aunque en muchas ocasiones no por las razones más obvias.

Conforme a esta lógica, se puede afirmar que el diseño asistido por computadora tiene implícita la voluntad de desvanecer la distinción entre la autoría intelectual del diseñador y la ejecución material del constructor, debido a que la herramienta tiene inscrita desde sus orígenes el diálogo entre la materia y el diseñador, diseñar a través de construir. Lo anterior genera una confrontación directa con el

paradigma de Alberti, al cual un sinnúmero de industrias creativas –no solamente la arquitectura– han decidido aferrarse consciente y obstinadamente.

El proceso descrito previamente desencadenó en la arquitectura dos fenómenos a lo largo de las siguientes décadas. Por un lado, la oportunidad de diseñar, especificar y documentar fácilmente objetos basados en geometrías complejas, hecho que liberó un potencial creativo como pocas veces se había visto en la profesión. Como evidencia de ello podemos mencionar el trabajo de la primera generación digital en los noventa: Greg Lynn, Asymptote, Kolatan+Macdonald, Reiser+Umemoto, Jakob+Macfarlane y dECOi. Gran parte de su trabajo inicial encontró un medio ideal tanto para su disseminación y como para su documentación en foros como ArchiLAB,⁴ organizado por el Frac Centre de Orleans.

Por otro lado, también se desencadenó la apertura, a través de los medios digitales, de un canal que históricamente había estado ocupado por el diseño de objetos de producción en serie, proceso que más adelante llegaríamos a conocer como *mass-customization*. Este método de producción, bajo las posibilidades de las herramientas digitales, permitió el diseño de objetos basados en variaciones diferenciales y la posibilidad de crear objetos únicos e individuales conforme a dinámicas que normalmente se asocian



Embryological House, Greg Lynn FORM, 1998. Cortesía del Canadian Centre for Architecture

con la producción en serie sin incrementar necesariamente los costos de producción. Un ejemplo claro de esto es la Embryological House de Greg Lynn.⁵

Para algunos teóricos del diseño digital como Mario Carpo, este segundo fenómeno permite que en la arquitectura exista la posibilidad de incorporar procesos interactivos entre el diseñador y el usuario final, a través de la continuidad anteriormente descrita entre el diseño y la fabricación asistidos por computadora, de la mano de nuevos mecanismos participativos presentes en la web 2.0 y que idealmente apuntan hacia un paradigma de inteligencia colectiva.⁶

Dentro de estos nuevos procesos de herramientas participativas y colaboración digital, la plataforma que tenemos más claramente a nuestra disposición en este momento es BIM (Building Information Modeling), en la que, de acuerdo con Carpo,⁷ no existiría una clara frontera entre diseño y producción. Sin embargo, el mismo teórico señala el inminente cambio de paradigma –que se aleja de la autoría intelectual albertiana– hacia un modelo donde el arquitecto debe revocar su hegemonía intelectual con el afán de instrumentar un proceso donde una inteligencia participativa y colaborativa pueda emerger.⁸ La interactividad de este proceso llevaría implícita la pérdida de control en el resultado final y los parámetros habituales de autoría visual y estética estarían claramente restringidos por las configuraciones posibles a través de un sistema de variación ilimitada y materialidad fluctuante. Para Carpo, estos procesos señalarían la entrada de la arquitectura a la segunda era digital.

Como veremos más adelante a través de dos casos de estudio, este nuevo perfil del arquitecto –diseñador y productor simultáneamente– y la entrada de la arquitectura a la segunda era digital no implica necesariamente desarticular la figura de la autoría intelectual; tampoco permitir que el protagonismo de la inteligencia colectiva robe el crédito de la autoría

intelectual al arquitecto. Como muchas nuevas herramientas que históricamente se han insertado en sistemas consolidados de producción, el arquitecto tendrá la posibilidad de controlar la medida en la que este nuevo paradigma se incorpore a su profesión.

El siguiente análisis se aborda desde una perspectiva pragmática y operativa. Intenta entender, de manera prospectiva, el panorama logístico en el que estas nuevas herramientas se insertarán a la práctica de la arquitectura, mismas que, en cierta medida, ya se encuentran operando. Sus valoraciones éticas dentro de la hegemonía de la figura del arquitecto en un ambiente de trabajo que siempre ha sido colaborativo, aunque sean importantes y necesaria su discusión, no se abordan en este estudio.

Foundation Louis Vuitton, Frank Gehry

Gehry es un referente del cambio de paradigma en la arquitectura por dictar la pauta en la vanguardia digital, la cual, en repetidas ocasiones y con el paso del tiempo, se ha convertido en el estándar de muchas prácticas profesionales en la arquitectura. Una evidencia clara de ello es el reconocimiento que Greg Lynn hace al legado de Frank Gehry a través de la documentación de proyectos seminales en *Archaeology of the Digital*.⁹

Es posible identificar tres momentos clave en la carrera de Gehry donde se reflejan las tres etapas en las que la práctica profesional de la arquitectura se ha sumergido en las herramientas digitales. La primera etapa es la introducción decisiva y contundente de las herramientas de la industria aeronáutica a los procesos de diseño; la segunda expande esas herramientas hacia la facilitación de procesos de producción, fabricación y construcción, y la tercera empuja la práctica profesional hacia procesos de *mass collaboration*. A continuación se analizan las razones por las que hasta ahora únicamente ha sido posible acceder a un esquema de *group collaboration*, a pesar de que este proceso lleva implícito el potencial de una inteligencia colectiva, como veremos más adelante.

Tras la incorporación de una versión simplificada del software CATIA, perteneciente a la compañía francesa Dassault Systems, a dos proyectos cruciales en la trayectoria de su oficina –la escultura del pez para los Juegos Olímpicos de Barcelona en 1992 y el Museo Guggenheim de Bilbao en 1997–, Frank Gehry actuó como cualquier visionario con entendimiento del sistema mercantil que nos rige: capitalizó su descubrimiento y vendió a otras oficinas un servicio basado en la experiencia acumulada por esos proyectos. Después de adquirir legalmente CATIA y constituir Gehry Technologies como un ente independiente de Gehry Partners LLP, la compañía desarrolló Digital Project. Este software es utilizado por múltiples oficinas alrededor del mundo –entre muchas otras, a Diller Scofidio + Renfro,

Herzog & de Meuron, Jean Nouvel, Coop Himmelb(l)au y Zaha Hadid–, junto con un servicio de consultoría en el campo de ejecución de proyectos por medio de la interface BIM en la que está basada Digital Project.

Es redundante mencionar el dominio indiscutible que tiene Gehry Technologies respecto a ese nicho de mercado y lo invaluable de su participación en los proyectos en los que ha colaborado. Esta relevancia garantiza que el conocimiento que la empresa acumula con cada proyecto dentro de la oficina de Frank Gehry y como consultores de oficinas externas mantenga su ventaja competitiva en el mercado.

El paso del tiempo ha logrado un claro refinamiento y la especialización técnica en los procesos de producción de Gehry Partners y Gehry Technologies. Este nivel de experiencia es evidente al analizar un proyecto como el de la Fundación Louis Vuitton, comisionado en 2001 y que tras múltiples interrupciones legales y un largo proceso constructivo finalmente se inauguró en 2014. El proyecto es un referente para los alcances a los que se puede aspirar a través de una interfaz colaborativa. Los registros de Gehry Technologies afirman que un total de 400 especialistas trabajaron en el modelo BIM del proyecto y contribuyeron al proceso de especificación y coordinación de soluciones estructurales, recubrimientos, instalaciones mecánicas y acabados interiores. El proceso fue tan dinámico y fluctuante que Gehry Technologies requirió el desarrollo de una nueva herramienta llamada GTeam, donde un modelo central disponible en la red permitió el acceso a especialistas de distintas disciplinas en siete países diferentes a lo largo de dos continentes de manera simultánea.¹⁰

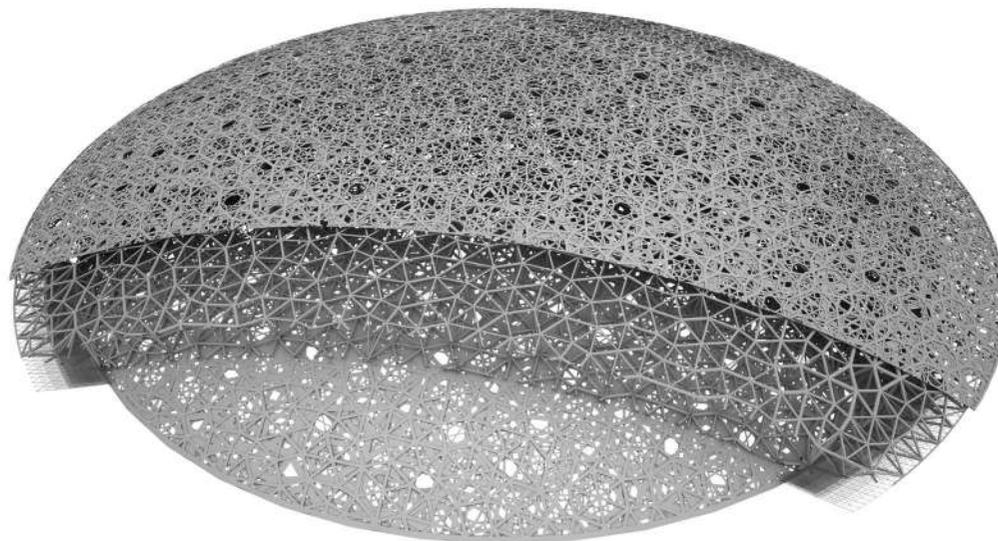
Si bien este proyecto puede señalarse como un referente claro respecto a la colaboración interactiva y la búsqueda de eficiencia máxima y optimización de costos, también es importante señalar que ese esfuerzo colectivo en todo momento estuvo dirigido por y encauzado hacia materializar la visión de Frank Gehry de la manera más fiel posible al proyecto arquitectónico de su autoría. Esto demuestra que los ambientes colaborativos de la web 2.0 y la generación de una inteligencia colectiva no necesariamente llevan implícita la concesión de la autoría formal o estética del proyecto; además, enseña que una plataforma que intuitivamente podría propiciar un ambiente abierto y democrático también es susceptible de ser dirigido mediante una política jerárquica, restrictiva y proteccionista.

La prerrogativa presente en este y en otros proyectos de Frank Gehry respecto al binomio máxima eficiencia técnica y máximo hermetismo geométrico se ha vuelto un distintivo del proceso creativo de Gehry Partners LLP a lo largo de los más de 30 años de vida de la oficina. El incorporar mecanismos de acceso remoto e inteligencia participativa difícilmente los llevaría a cuestionar una de las pautas operativas que los distingue.¹¹

Louvre Abu Dhabi, Jean Nouvel

Como parte del servicio de consultorías y apoyo técnico en la interfaz BIM de Digital Project, Gehry Technologies colaboró con la oficina del arquitecto francés Jean Nouvel en el desarrollo del proyecto del Museo Louvre en Abu Dhabi, comisionado en 2007 e inaugurado en 2017 por el presidente francés Emmanuel Macron. Este proyecto representa un acercamiento distinto al proceso de autoría intelectual. A pesar de que Jean Nouvel Architectures no revocó su autoría en el diseño, la evolución del proyecto refleja una configuración formal no predeterminada y un proceso que influyó en la definición geométrica del resultado final.¹²

La pauta del diseño de Nouvel tenía claros los gestos más representativos del proyecto: la disposición volumétrica de las galerías, la existencia de una gran cubierta y el principio simbólico de que la cubierta debería sugerir la proyección de sombra de palmeras en un oasis en medio del desierto. Sin embargo, fueron otros los factores, mucho más específicos, que se discutieron y se acotaron gracias a la dinámica colaborativa entre todos los asesores técnicos que guiaron la configuración final del proyecto. A la par de Gehry Technologies, el equipo interdisciplinario contó con especialistas de Buro Happold, la École Centrale de Nantes y la oficina de Geometría Computacional One to One.



Domo del Louvre Abu Dhabi, 2017. © Ateliers Jean Nouvel

Las premisas y requisitos que se incorporaron al proceso de decisión fueron: estética, luz natural, condiciones ambientales, museografía, diseño estructural, fabricación, ensamblaje y mantenimiento. Los parámetros se incorporaron al modelo BIM y, gracias a la interacción entre estos elementos de manera asociativa y generativa, el modelo creó en primer plano reglas geométricas para después ofrecer soluciones formales de manera iterativa. En cada paso se generaron prototipos y simulaciones físicas para evaluar, mediante parámetros reales, la efectividad de los resultados arrojados por el modelo BIM. En el verano de 2009 se construyó un prototipo a escala que ayudó a definir la configuración final de la geometría del domo.

A pesar de describir una actitud abierta a la optimización y configuración final del resultado geométrico, el proceso revela una actitud celosa respecto a la autoría intelectual y el reconocimiento público del proceso participativo. Como se mencionó anteriormente, la incorporación de los procesos colectivos ya está presente en proyectos alrededor del mundo; sin embargo, su reconocimiento público está sujeto a definiciones arbitrarias por parte de arquitectos y clientes.

No obstante, existen escenarios donde el diseño colectivo de autoría anónima no sólo es deseable sino necesario para atacar problemas profundamente enraizados alrededor del mundo. A pesar de ser problemas increíblemente complejos, de muchas aristas y en los que la arquitectura no tiene injerencia únicamente, al apropiarnos de las posibilidades que se abren con la segunda era digital es posible vislumbrar el inicio de soluciones para problemas como el desabasto de vivienda.

La idea de parámetros que se abran a través de una modalidad *open source* de manera global y que permitan especificaciones locales a través de especialistas conectados y sintonizados con sus comunidades, podría generar alternativas a las dinámicas jerárquicas que han quedado evidenciadas en este análisis. En este sentido es interesante encontrar herramientas como Finch,¹³ un algoritmo que puede generar diferentes configuraciones espaciales de acuerdo a parámetros predeterminados mientras se modifica el área total de un espacio. De inicio, un instrumento paramétrico como éste permite, hablando específicamente sobre proyectos de vivienda, definir la disposición de un número de unidades habitacionales en un terreno irregular con una velocidad sin precedentes. Si los parámetros se extienden a incluir las condiciones climáticas de una región en particular, se podría definir la configuración ideal para una vivienda mediante su composición volumétrica, orientaciones, número y tamaño ideal de vanos. Aún más, si los parámetros se extienden a incluir consideraciones financieras y dinámicas logísticas locales, se podrían definir materiales, sistemas constructivos, etcétera. Este proceso, de la mano de distintos especialistas, podría suceder en múltiples regiones del mundo y alimentar un algoritmo central enteramente accesible que produzca modelos de vivienda energéticamente efectivos, confortables e irrepetibles. La singularidad de cada uno de los diseños estaría sujeta a la combinación específica de variables que, a su vez, generaría resultados únicos en cada uno de los casos. Esto conduciría a materializar las ambiciones del *mass customization* pronosticadas por Greg Lynn.

Las posibilidades de aplicación de una herramienta de *open source* como Finch podrían ofrecer soluciones de amplio alcance a problemas como el desabasto de vivienda digna, lo cual supondría cuestionar el protagonismo de cualquier figura central que tome crédito intelectual del proceso, en este caso el papel que ha nutrido el perfil del arquitecto desde Alberti. Este caso ilustra cómo la aplicación de herramientas de inteligencia colectiva lleva implícita la posibilidad de desarticular la noción de autoría. Sin embargo, eso implicaría tener escenarios donde la disciplina esté dispuesta a revocar el rol del creador absorto en procesos intelectuales y de un mundo dispuesto a consumir diseño sin etiquetas ni *branding*.

Notas

1. *Visionary Architecture* fue una exhibición del MoMA en Nueva York, activa del 29 de septiembre al 4 de diciembre de 1960. Según el comunicado oficial de prensa, se trató de una muestra de “proyectos del siglo XX considerados demasiado revolucionarios para ser construidos.” Arthur Drexler, quien era en el momento director del Departamento de Arquitectura del Museo, expresó: “In the past, such projects were unbuildable for one or both of two reasons: they may have been technically impossible to execute at the time they were designed or society could find neither the justification nor the money for their construction. Today virtually nothing an architect can think of is technically impossible to realize. Social usage, which includes economics, determines what is visionary and what is not... Visionary projects, like Plato’s ideal forms, cast their shadows over into the real world of experience, expense and frustration. If we could learn what they have to teach, we might exchange irrelevant rationalizations for more useful critical standards. Vision and reality might then coincide.” Esta declaración, al ser extrapolada al tema aquí propuesto, mantiene su significado y vuelve el proyecto de Kiesler todavía más relevante. El proceso para lograr un montaje efectivo del proyecto del arquitecto austriaco, así como las circunstancias alrededor de la exhibición del MoMA son descritas en Dieter Bogner y Peter Noever, *Frederick J. Kiesler: Endless Space* (Ostfildern Ruit: Hatje Cantz, 2001).
2. Archaeology of the Digital fue un proyecto de investigación conjunta entre el Canadian Centre for Architecture y Greg Lynn. Dio como resultado una exhibición y su respectiva publicación en 2013. Surgió del archivo y documentación de proyectos de experimentación digital de Lynn —como la Embryological House— y proyectos en los que estuvo involucrado bajo la dirección de Peter Eisenman, Frank Gehry, Chuck Hoberman y Shoji Yoh. Ver más en “Archaeology of the Digital”, Canadian Centre for Architecture, 2013, <https://www.cca.qc.ca/en/events/3333/archaeology-of-the-digital>
3. Un *spline* es una curva diferenciable definida en porciones mediante polinomios. Es un término básico en los softwares de descripción geométrica computarizada. La primera aparición de esta definición con referencia a la aproximación matemática sobre la descripción suavizada y segmentada polinomialmente de una curva fue en el ensayo de I. J. Schoenberg, “Contributions to the problem of approximation of equidistant data by analytic functions,” en Carl de Boor, ed., *I. J. Schoenberg Selected Papers. Contemporary Mathematicians* (Boston: Birkhäuser, 1988), doi:10.1007/978-1-4899-0433-1_1
4. Ver Migayrou Frédéric y Marie-Ange Brayer, *ArchiLab: Radical Experiments in Global Architecture* (Londres: Thames & Hudson, 2003).
5. Embryological House es una de las múltiples exploraciones arquitectónicas de Greg Lynn. Es un ensayo sobre varios prototipos de vivienda, cada uno con cierto nivel de individualización. Howard Shubert describe el objetivo de Lynn como “to design and manufacture houses that exhibit variety based on shared regulating principals—a ‘mass customization’ to allow the mass production of individually unique products. Lynn expects the new capabilities of computer-aided design and computer-numerically-controlled (CNC) manufacturing to support this kind of design process.” Ver Howard Shubert, “Embryological House,” Canadian Centre for Architecture, CCA Articles, Issue: Origins of the digital (último acceso: 16 de febrero de 2021), <https://www.cca.qc.ca/en/articles/issues/4/origins-of-the-digital/5/embryological-house>
6. En “Digital Indeterminism,” Carpo compara la obsolescencia de la *Enciclopedia Británica* con el éxito de Wikipedia en el momento de la cultura digital. Basado en el hecho de que más personas saben más, Wikipedia se nutre del conocimiento colectivo y la contribución digital, a medida que es autorregulada por los propios usuarios que, de manera simultánea, contribuyen y hacen uso de la información allí expuesta. Ver Mario Carpo, “Digital Indeterminism: The New Digital Commons and the Dissolution of Architectural Authorship,” en Pablo Lorenzo-Eiroa y Aaron Sprecher, eds., *Architecture in Formation: On the Nature of Information in Digital Architecture* (Nueva York: Routledge, 2013), 49.
7. Ver Mario Carpo, “The Craftsman and the Curator,” *Perspecta* 44 (2011): 86-91, 199-200, <http://www.jstor.org/stable/41662949>
8. Ver Mario Carpo, “Digital Indeterminism...,” 48-52.
9. Greg Lynn, *Archaeology of the Digital* (Montreal: Canadian Centre for Architecture, 2013).
10. Tobias Nolte y Andrew Witt, “Gehry Partners’ Fondation Louis Vuitton: Crowdsourcing Embedded Intelligence,” *Architectural Design* 84-1 (2014): 82-89, doi:10.1002/ad.1705

11. Youngjin Yoo, Richard J. Boland y Kalle Lyytinen, “From Organization Design to Organization Designing,” *Organization Science* 17-2 (marzo - abril, 2006): 215-229. <http://www.jstor.org/stable/25146026>
12. Frédéric Imbert, Kathryn Stutts, Frost, Al Fisher, Andrew Witt, Vincent Tourre y Benjamin Koren, “Concurrent Geometric, Structural and Environmental Design: Louvre Abu Dhabi,” en Lars Hesselgren, Shrikant Sharma, Johannes Wallner, Nicolo Baldassini, Philippe Bompas y Jacques Raynaud, eds., *Advances in Architectural Geometry 2012 Conference Proceedings* (Viena: Springer, 2013): 77-90, doi: 10.1007/978-3-7091-1251-9
13. Finch es una herramienta de diseño generativo para arquitectos desarrollada por BOX Bygg y Wallgren Arkitekter. Entre sus múltiples aplicaciones está la definición de plantas arquitectónicas que se adaptan a la extensión variable de un terreno, así como elementos de soporte estructural. Utiliza diferentes *plug-ins* de *open source* para Grasshopper y Rhinoceros como Weaverbird, MeshEdit, Kangaroo Physics y Anemone. Ver más en <https://finch3d.com/>

Referencias

- Bogner, Dieter, editor. *Frederick J. Kiesler: Endless Space*. Ostfildern Ruit: Hatje Cantz, 2001.
- Carpo, Mario. “Digital Indeterminism: The New Digital Commons and the Dissolution of Architectural Authorship.” En Pablo Lorenzo-Eiroa y Aaron Sprecher, editores. *Architecture in Formation: On the Nature of Information in Digital Architecture*. Nueva York: Routledge, 2013: 48-52.
- _____. “The Craftsman and the Curator.” *Perspecta* 44 (2011): 86-200. <http://www.jstor.org/stable/41662949>.
- Eisenman, Peter y Greg Lynn. *Archaeology of the Digital*. Montreal: Canadian Centre for Architecture, 2013.
- Imbert, Frédéric, Kathryn Stutts, Frost, Al Fisher, Andrew Witt, Vincent Tourre y Benjamin Koren. “Concurrent Geometric, Structural and Environmental Design: Louvre Abu Dhabi.” En *Advances in Architectural Geometry 2012. Conference Proceedings*. Viena: Springer, 2013: 77-90. doi: 10.1007/978-3-7091-1251-9
- Migayrou Frédéric y Marie-Ange Brayer. *ArchiLab: Radical Experiments in Global Architecture*. Londres: Thames & Hudson, 2003.
- Nolte, Tobias y Andrew Witt. “Gehry Partners’ Fondation Louis Vuitton: Crowdsourcing Embedded Intelligence.” *Architectural Design* 84-1(2014): 82-89. doi:10.1002/ad.1705.
- Schoenberg, I. J. “Contributions to the Problem of Approximation of Equidistant Data by Analytic Functions.” En Carl de Boor, editor. *I. J. Schoenberg Selected Papers. Contemporary Mathematicians*. Boston: Birkhäuser, 1988: 3-57. doi:10.1007/978-1-4899-0433-1_1
- Shubert, Howard. “Embryological House.” Canadian Centre for Architecture. CCA Articles, Issue: Origins of the digital. Último acceso: 16 de febrero de 2021. <https://www.cca.qc.ca/en/articles/issues/4/origins-of-the-digital/5/embryological-house>
- Yoo, Youngjin, Richard J. Boland y Kalle Lyytinen. “From Organization Design to Organization Designing.” *Organization Science* 17-2, (marzo - abril, 2006): 215-29. <http://www.jstor.org/stable/25146026>

David Campos Delgado

Maestro en Diseño Arquitectónico Avanzado
Graduate School of Architecture, Planning and Preservation
Columbia University
Profesor Investigador, Facultad del Hábitat
Universidad Autónoma de San Luis Potosí
✉ dcamposd@gmail.com

Magdalena Picazzo Sánchez

Arquitecta, Facultad del Hábitat
Universidad Autónoma de San Luis Potosí
✉ magdapicazzo@gmail.com