

PROSUMER E IMPRESIÓN 3D: LA DEMOCRATIZACIÓN DEL PROCESO CREATIVO

[PROSUMER AND 3D PRINTING: DEMOCRATIZATION OF THE CREATIVE PROCESS]

MÓNICA VAL FIEL*

*
Mónica Val Fiel
Académica Universitat Politècnica de València, UPV
Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y Escuela
Técnica Superior de Ingeniería del Diseño
Valencia, España

REVISTA 180

Resumen: El potencial que la impresión 3D introduce en la industria se traslada a una escala menor para artistas, arquitectos, diseñadores y makers, al hacer posible la complejidad de la forma, la inmediatez o la personalización como cualidades inherentes a la tecnología. En estos ámbitos, la personalización de los productos estandarizados, con su potencial innovador y creativo, combate la obsolescencia programada fomentando un uso más eficaz de los recursos y transforma los procesos de génesis de la materia institucionalizados, permitiendo la participación del usuario.

El cambio de paradigma que presentó el arte en la década de 1950, en el que se pasó del “discurso de la creación” al “discurso de la recepción”, con sus influencias en el campo de la arquitectura en aquel periodo, recupera actualmente con la impresión 3D una evolución exponencial en el ámbito del diseño.

En el ecosistema tecnológico emergente de la fabricación digital y con la impresión 3D como líder de sus actividades, la integración del *prosumer*, usuario productor y consumidor, ha permitido un cambio de sentido en los procesos establecidos, haciendo posible recuperar un discurso en el que el usuario se convierte en coproductor del proceso creativo. La tendencia creciente de la cultura maker está trascendiendo al interés del público general. Una progresiva red de plataformas y servicios permite incluir al usuario último dentro del proceso de diseño, introduciendo la cocreación y la personalización como valores diferenciales y, con ello, una fabricación y distribución personalizada.

Las nuevas herramientas tecnológicas permiten la participación del usuario y posibilitan la democratización del proceso creativo. De este modo, con la integración del usuario como agente del proceso, se potencia el ámbito de la conducta de los usuarios y se garantiza con esto su permanencia.

Palabras clave: Cultura maker / democratización / manufactura aditiva / prosumer

Abstract: *The potential 3D printing introduces in the industry is translated into a smaller scale for artists, architects, designers and makers enabling the complexity of the form, the immediacy or customization as qualities inherent to technology. In these scopes, the standardized product customization, with its innovative and creative potential, the combat against planned obsolescence promoting a more efficacious use of resources and the transformation of the genesis processes of institutionalized matter enabling the user's participation are some of the manifestos that 3D printing claims.*

The paradigm shift seen in Art in the 50s that went from the “creation discourse” to “reception discourse”, with its influences in the field of architecture within that period, recovers an exponential evolution in the design scope due to 3D printing.

In the emerging technological ecosystem of digital manufacture and with 3D printing as leader of their activities, the integration of prosumer, user producer and consumer, has enabled a change of direction in the established processes and a discourse where the user becomes the co-producer of the creative process is recovered. The increasing tendency of the maker culture is transcending towards the general public interest. A progressive network of platforms and services enables the inclusion of the end user within the design process introducing the co-creation and customization as referential values and; thereby, a customized manufacture and distribution.

The new technological tools allow the user to participate and enable the creative process democratization. Thus, with the integration of the user as process agent the scope of the users' behavior is boosted and its permanence guaranteed.

Keywords: *Additive manufacture / prosumer / maker culture / democratization*

LA PARTICIPACIÓN DEL USUARIO EN EL PROCESO CREATIVO

En plena expansión de la era digital, el movimiento *Do It Yourself* (DIY), que se hizo popular en la década de 1950, adquiere en el contexto de la figura del usuario nuevos planteamientos. Esta investigación se remonta a ese periodo, un periodo de transición que tiene lugar entre la crisis del Movimiento Moderno y el inicio de la Posmodernidad, en un punto de interferencia entre el arte, la arquitectura y el diseño, en una época de cambio en la que se buscan nuevos planteamientos. “En este artículo analizaré la cuestión de la ‘democratización’, es decir, la habilidad de todo individuo para crear su propio entorno, actividad que, de momento, está limitada a arquitectos, artistas y urbanistas. Esto significa, naturalmente, que intentaré liberar al ‘usuario’ (u ocupante) de la tutela, dictatorial a menudo, de esos especialistas” (Friedman, 1972, p. 197).

El cambio de paradigma artístico que se había producido en la segunda mitad del siglo XX supuso, condicionado por los factores externos, económicos, sociales y culturales, el desplazamiento del “discurso de la creación”, asociado a la figura del artista, por el “discurso de la recepción”, protagonizado no solo por los artistas sino también por las instituciones, los críticos y todo el “sistema del arte” (Guasch, 1997).

El arte, tras un periodo en el que era ajeno a los problemas sociales, empezó a cuestionar el reduccionismo de los planteamientos

formales y su única consideración como mercancía. En oposición a la alienación producida por la industrialización y el rechazo hacia los modelos establecidos, el arte inventó nuevas estrategias, cuestionando la autoría del artista e incluyendo la participación de los espectadores.

En el contexto americano, en 1958 fue Allan Kaprow quien utilizó por primera vez el término *happening*, el mismo año en que publicó un artículo en el que, bajo el título de “El legado de Pollock”, predecía el fin de la pintura y el nacimiento de un arte de participación. Más adelante, en 1964, relacionaría el carácter efímero del *happening* con la obsolescencia programada de los productos industriales: “obsolescencia planificada de nuestros productos industriales, de nuestra estructura social permanentemente en movimiento, del cambio permanente y la inseguridad en el dominio político; todos estos procesos transforman en gran medida nuestros patrones y nuestra vida” (Kaprow citado en Marchán Fiz, 1972, p. 198).

En la segunda mitad de la década de los cincuenta, coincidiendo con el Neoconcretismo brasileño y con la *Internacional Situacionista*, inicia su desarrollo el Arte Pop, tanto en su tendencia británica como estadounidense. El Arte Pop ha sido considerado como el inicio más rotundo del cambio. Marchán Fiz (1972) asegura que el arte de las segundas vanguardias no puede entenderse sin una aceptación o rechazo del Arte Pop. Inmersos en estas tendencias en el contexto europeo, en 1956 la exposición “This is Tomorrow”

cuestionó la vinculación que existía entre el arte y la arquitectura y se presentaron los nuevos planteamientos (Val Fiel, 2013).

En el campo de la arquitectura, la respuesta fue la flexibilidad en sí misma, que se producía a través de la proyección de estructuras capaces de soportar una multiplicidad de posibilidades o incluso a través del planeamiento de una multiplicidad de centros fijos, que abarcaban el conjunto de necesidades. Surge así todo un repertorio de arquitecturas neumáticas que dan respuesta a la idea de flexibilidad, facilidad, adaptación, disponibilidad y rapidez de montaje. En este contexto, además, hay que destacar que el viaje espacial definía un nuevo modelo de vida humana: la cápsula autónoma, en condición de reclusión, pero no de aislamiento.

En 1956, en el X CIAM (Congresos Internacionales de Arquitectura Moderna), celebrado en Dubrovnik, se plantearon los problemas de movilidad, comunicación e interconexión provocados por el desarrollo explosivo de las grandes ciudades; y surgieron, por una parte, los proyectos de Yona Friedman, y, por otra, los de los metabolistas japoneses. En este año, Friedman presentó sus teorías de una arquitectura móvil que es resultante de las transformaciones de la estructura social y que tiene que ser adaptable, reconfigurable e indeterminada. En torno a 1958, Friedman empezó a trabajar su ciudad espacial, permitiendo definir entornos cambiables en función de los gustos de sus usuarios. Al año siguiente, en 1959, desaparecieron los CIAM, y un año

“This is Tomorrow”, (“Esto es mañana”), agosto de 1956, reconstrucción de 1987. Instalación del grupo 2: Richard Hamilton, John Voelcker y John McHale. IVAM, Institut Valencià d’Art Modern. Exposición: Richard Hamilton, Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía, Madrid, 2014.



◀ Joyería personalizada.

después, se presentaron los primeros proyectos megaestructuralistas; se creó el grupo metabolista y se publicó uno de sus proyectos más representativos, el Plan General para la bahía de Tokyo, de Kenzo Tange.

En esos años, Friedrich Hundertwasser escribió su “Manifiesto del enmohecimiento contra el racionalismo en arquitectura” (“Mouldiness manifesto against rationalism in architecture”), en el que por una parte, descalificaba el funcionalismo que ha conducido a la arquitectura a una situación que la ha convertido en inhabitable y, por otra, tal y como hacía Friedman, defendía la idea de la “democratización de la arquitectura”, en la que todo individuo debe tener derecho de ser responsable de la vivienda en la que habita.

En este contexto es destacable la investigación del británico Cedric Price (Mathews, 2007), que se centró en dar respuesta a una flexibilidad necesaria para ajustarse a la evolución del individuo en la sociedad; Price defendía una estética del consumo, siendo la obsolescencia programada la que definía las normas, en contra de cualquier teoría idealista y absolutista inmutable; y definió el concepto de “servicio” en lugar del de arquitectura, al que había que dar respuesta.

En 1962, en el primero de los números de la revista de *Archigram* en la que participaba (*Archigram 2*), Price hablaba sobre “la actividad y el cambio” en la arquitectura. Defendía que una estética del consumo debía incluir el factor tiempo; y que, dentro de esa estética, la *obsolescencia programada* era

la que establecía las reglas: “La validez de tal estética solamente se verifica si la sustitución es un factor de todo el proceso de diseño. La casa móvil presupone una continuidad de producción de tales unidades. [...] Al permitir el cambio, la flexibilidad, es esencial que la variación suministrada no imponga una disciplina que pueda ser válida únicamente en el momento de diseño” (Price, 1962, s/n).

La arquitectura reflexiona de un modo u otro en torno al cambio de sentido que el arte promovió, con el que el “discurso de la creación” fue desplazado por el “discurso de la recepción” y así, el desplazamiento a un planteamiento inductivo, que iba de lo particular a lo general, permitió dejar el proceso abierto e indeterminado y, de ese modo, considerar la intervención de los usuarios. Con esto y frente a consolidados planteamientos inmutables e ideales, el cambio y la participación del usuario se incluyeron en el proceso creativo.

PROSUMERS Y CULTURA MAKER

En el contexto americano Alvin Toffler (1981) en su libro *The third wave* determinó cómo la mercantilización, consecuencia de la revolución industrial, separó las funciones de productor y consumidor y definió con ello una segunda etapa de la historia de la humanidad. Sin embargo, determina que en una era posindustrial, estas funciones volverán a estar unidas, como en su etapa inicial, en la figura del *prosumer*. En su tesis, Toffler insta la casa como la institución más relevante. Poco después, Kotler (1986) hace extensiva la validez y consecuencias

› Reproducciones personalizadas.



del perfil del *prosumer* y refuerza el rol del consumidor en determinados procesos, y plantea la personalización de determinados productos como un reto para los vendedores *marketers*.

Durante la década de 1950 las justificaciones del movimiento DIY fueron la necesidad y la limitación económica, mientras que en la actualidad su justificación está más relacionada con la implicación directa de la acción humana por parte del usuario. Desde el campo de la psicología se ha determinado cómo la vinculación directa por parte del usuario en el trabajo promueve en este emociones positivas de autosuperación (Williams, 2004).

En los últimos diez años, el alcance del término *maker* ha expandido la consigna del DIY (*Do It Yourself*) al DIT (*Do It Together*) o DIWO (*Do It With Others*) e incluye proyectos de disciplinas que van desde la informática, electrónica y robótica hasta la carpintería y metalurgia. La proliferación de una serie de actividades que podrían agruparse bajo la categoría de *maker* irían desde la venta al por menor, área de trabajo, fabricación, distribución, exposición y el servicio.¹

Dentro del contexto de la institución educativa, pero también fuera de ella, es destacable la expansión de Laboratorios de Fabricación (*FabLabs*) y comunidades *spin-off* de acceso abierto en torno a la fabricación digital, que en algunos casos se han convertido en una alternativa comercial de tiendas principalmente especializadas en la impresión 3D, tanto físicas como en su

modalidad online. Los *FabLabs* han sido el principal desencadenante de la expansión de un nuevo y potencial colectivo de usuarios *makers*.

Con estos planteamientos y con la omnipresencia de internet, la figura del *prosumer* ha adquirido una nueva perspectiva a través de los contenidos generados por los usuarios de la web 2.0 que son además producidos por sus propios consumidores. En este contexto han proliferado las plataformas que ofrecen distintos servicios. Los usos más frecuentes, respondiendo a distintos grados de participación del *consumer-prosumer*, son: plataformas que alojan diseños de terceros que se venden o se ofrecen gratuitamente, servicios de impresión de calidad y con una gran variedad de materiales, y servicios de diseños personalizados y codiseño que se ofrecen a los consumidores (Ritzer & Jurgenson, 2010). Un ejemplo destacable es *Thingiverse*, definido como repositorio gratuito, que se sitúa en las primeras posiciones y en el que se ha evidenciado un crecimiento significativo. El crecimiento que experimentó entre 2011-2012 pasó de los 10.000 diseños a los 30.000 un año después (Wittbrodt et al., 2013), y alcanzó en el primer trimestre de 2016 los 500.000 diseños.²

Además, la licencia *Creative Commons* (CC), creada en 2001, ha permitido a los usuarios compartir modelos y documentos libremente, originado lo que se conoce como el modelo de *Open design commons and distributed manufacturing* (diseños abiertos y compartidos y producción distribuida), potenciado

así un flujo fuera del mercado de fabricación institucionalizado.

Finalmente, la posibilidad de diseñar productos personalizados y adaptados a las necesidades específicas, se erige como una de las cualidades más destacables. Aunque aún no existe una infraestructura posible para que un usuario sin conocimientos técnicos sea capaz de diseñar y fabricar sus productos en casa, hay una creciente red de plataformas y servicios que permite incluir al usuario último dentro del proceso de diseño con una fabricación y distribución personalizada. Con ello, la tendencia actual de la cultura *maker* está trascendiendo al creciente interés del público general.

LA IMPRESIÓN 3D INTRODUCE LA FABRICACIÓN DOMÉSTICA

El fenómeno de la impresión 3D ha desbordado el campo de la industria y se ha instaurado a otros niveles. En los últimos años muchas universidades y centros de investigación están trabajando en el desarrollo de sus tecnologías. La manufactura aditiva, también conocida como impresión 3D, es una tecnología que permite fabricar objetos tridimensionales, previamente modelados con software de diseño asistido, mediante procesos aditivos de material.

Durante los últimos años, la industria de la fabricación aditiva ha especulado sobre el papel que el consumidor último jugará en la adopción de esta tecnología. Desde la primera patente, registrada por Charles Hull en marzo de 1986,³ su uso ha sido implementa-

Mónica Val Fiel Licenciada en Bellas Artes (Facultad de San Carlos), Arquitecta (Escuela Técnica Superior de Arquitectura) y Doctora por la Universitat Politècnica de València (UPV). Profesora adscrita al Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y a la Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño de la UPV desde 2002. Investiga la convergencia de la arquitectura con el arte en publicaciones como: *El símbolo frente a la forma: la influencia del arte en la arquitectura tras el movimiento moderno* (DEARQ) y *La arquitectura Pop, De la razón al significado pasando por la existencia* (EGA). Sus últimas publicaciones se han dirigido a la implementación de la realidad aumentada como recurso de accesibilidad para los entornos patrimoniales: "From the representation to the experience" (2015), "New AR technology application for interpretation in the monumental heritage site: La Lonja" (2014), "Product design that enhances the knowledge and participation" (2014).

Mónica Val Fiel Doctor, Bachelor of Fine Arts (San Carlos Faculty) and Architect (Superior Technical School of Architecture) from the Polytechnic University of Valencia (UPV). Professor affiliated to the Department of Architectonic Graphic Expression and the Superior Technical School of Design Engineering from the UPV since 2002. Her research covers the convergence of Architecture with Art in publications such as: *The symbol facing the form: The art influence in architecture behind the modern movement* (DEARQ) and *pop architecture. From reason to meaning going through existence* (EGA). Her last publications have been geared towards the implementation of Augmented Reality as accessibility for the heritage environments: *From the representation to the experience* (2015), *New AR technology application for interpretation in the monumental heritage site: La Lonja* (2014), *Product design that enhances the knowledge and participation* (2014).

do en el campo de la industria aeroespacial, médica o del motor, con aplicaciones como la producción de piezas, herramientas y prototipos, y con procesos varios. Sin embargo, en los últimos años, *la tercera revolución industrial*, como ha sido acuñada (Markillie, 2012), no solo está irrumpiendo como herramienta en disciplinas como el arte, la arquitectura y el diseño, sino que está expandiendo su dominio a una cultura colectiva e integrándose en muchos hogares.

De entre todos los procesos existentes, la tecnología de Modelado por Deposición de Fundente (*Fused Deposition Modeling*, FDM) ha conseguido, por su bajo coste, ser la primera de las tecnologías que ha logrado su democratización. En 2009 expiró la patente de FDM de S. Scott Crupp,⁴ lo que provocó una exponencial expansión del movimiento *open-source* y la creación de nuevos modelos de impresoras. El acceso libre a las fuentes de código ha desencadenado un proceso expansivo, en el que cualquier usuario puede tener acceso al código y hacerlo evolucionar.

Los proyectos *RepRap* y *Fab@Home* surgieron en un contexto universitario y ambos se fundamentaron en potenciar el uso y abaratar el coste del prototipado rápido, haciéndolo accesible al usuario común. La primera y más destacada de las iniciativas en 2005 fue el proyecto *RepRap* (*Replicating Rapid Prototyper*) liderado por Adrian Bower desde la Universidad de Bath (Reino Unido). El proyecto consistió en la creación de una impresora, basada en la tecnología FDM, que utilizaba un sistema de tres ejes impulsado por tres motores y cuya única premisa fue la de que las impresoras fueran autorreplantes y permitiesen copiarse y producirse a sí mismas. El proyecto *Fab@Home* surgió poco después conducido por Hod Lipson y Evam Malone desde *The Computational Synthesis Laboratory at Cornell University* (Estados Unidos) (Malone & Lipson, 2007). La impresora *Fab@home*, al igual que la *RepRap*, construye la pieza a partir de la deposición de material, capa a capa; pero a diferencia de *RepRap*, *Fab@Home* usa un extrusor-jeringuilla que permite depositar materiales con una composición más viscosa, lo que la hace adecuada para el campo de la repostería entre otros ámbitos.

Terry Wohlers, fundador de Wohlers Associates lleva a cabo unas de las investigaciones más exhaustivas de seguimiento del desarrollo de la tecnología 3D. En el periodo de un año (2010-2011) Wohlers detectó que el mercado de impresoras 3D en el hogar iniciaba un destacable aumento, pasando de las 6.000 unidades en 2010 hasta casi llegar a las 24.000 unidades el año siguiente. Los datos recogidos incluyen sistemas de

impresoras 3D en el rango de los 500 a los 4.000 dólares, desde aquellas que pueden ser construidas desde kits y usan software de código abierto, pero también se incluyen en este grupo aquellas de gama doméstica de grandes productores de impresoras 3D que están entrando a formar parte de este sector del mercado (Markillie, 2012). El informe *Wohlers Report de 2015* constata que se ha llegado casi a las 140.000 unidades en 2014 (máquinas por debajo de los 5.000 dólares) (Wohlers, 2016); y en todo este sector se incluyen aficionados, DIY, entusiastas, inventores, investigadores y emprendedores.

En el contexto del hogar existen investigaciones que avalan el ahorro económico que supondría la existencia de un impresora de código abierto con la función de imprimir objetos domésticos (Wittbrodt et al., 2013). Los resultados del experimento de Wittbrodt realizado en los hogares de Estados Unidos demuestran que, incluso con suposiciones muy conservadoras, el hogar medio ahorraría miles de dólares al año con la impresión de productos comerciales en sus propias casas. La investigación concluye que en un periodo de entre cuatro meses y dos años proporciona un retorno de la inversión entre más del 20% y del 200% respectivamente.

El potencial que la impresión 3D introduce en la industria, con la creación de nuevos productos o la mejora de sus procesos de fabricación, se traslada a una escala menor para artistas, arquitectos, diseñadores y *makers*, haciendo posible la complejidad de la forma, la inmediatez o la personalización como cualidades inherentes a la tecnología.

La complejidad formal de las piezas es consecuencia de su proceso de fabricación, lo que permite desarrollar nuevas vías de experimentación en el campo del arte.

La inmediatez en la fabricación de las piezas ha desplazado en el ámbito del diseño de producto a los mecanismos convencionales de prototipado, permitiendo, durante el ciclo de desarrollo del producto, visualizar y verificar de manera tangible la forma diseñada. El diseñador puede experimentar con el producto físico sin depender de los sistemas convencionales de fabricación y sus limitaciones, y obtener modelos o prototipos en un corto periodo de tiempo y en una fase muy incipiente del desarrollo del proyecto. Del mismo modo, el arquitecto, y vinculado a los procesos paramétricos, puede experimentar con la complejidad de la forma proyectada en una fase inicial de desarrollo del proyecto, para constatar las ideas desarrolladas con los programas de diseño asistido por ordenador.

La personalización de los productos, el hecho de combatir la obsolescencia programada y el DIY, son argumentos que la impresión 3D defiende como propios y con ellos anuncia permanecer y formar parte de nuestra vida cotidiana.

La personalización de los objetos estandarizados, con su potencial innovador y creativo, el fomento de un uso más eficaz de los recursos y la transformación de los procesos de fabricación, son algunas de las proclamas que defiende la impresión 3D, liderando un cambio de paradigma dirigido por el *prosumer*.

Las nuevas herramientas tecnológicas han irrumpido con mayor impacto inicial en el campo del diseño, permitiendo la democratización de los procesos creativos; y es este cambio de discurso, centrado en la figura del usuario y permitiendo su participación en el proceso, lo que garantiza su transmisión y permanencia.

NOTAS AL PIE

- 1 Ver themakermap.com
- 2 Ver thingiverse.com
- 3 Charles W. Hull, *Apparatus for production of three-dimensional objects by stereolithography*, US Patent 4.575.330, 11 March 1986.
- 4 Scott Crump, *Apparatus and method for creating three-dimensional objects*, US Patent 5.121.329, 9 June 1992.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Friedman, Y. (1972). Atreverse a vivir. En J. Dahinden (Ed.), *Estructuras urbanas para el futuro* (pp. 197-201). Barcelona: Gustavo Gili.
- Guasch, A. (1997). *El arte del siglo XX en sus exposiciones. 1945-2007*. Barcelona: Ediciones del Serbal.
- Kotler, P. (1986). The prosumer movement: A new challenge for marketers. *Advances in consumer research*, 13(1), 510-513. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-531-91998-0_2
- Malone, E. & Lipson, H. (2007). Fab@Home: the personal desktop fabricator kit. *Rapid Prototyping Journal*, 13(4), 245-255. <http://dx.doi.org/10.1108/13552540710776197>
- Marchán Fiz, S. (1972). *Del arte objetual al arte de concepto: Las artes plásticas desde 1960*. Madrid: Alberto Corazón.
- Markillie, P. (2012). A third industrial revolution. Special report manufacturing and innovation. Recuperado de <http://www.economist.com/node/21552901>
- Mathews S. (2007). *From Agit-Prop to Free Space: The Architecture of Cedric Price*. Londres: Black Dog Pub. Ltd.
- Price, C. (1962). Activity and change. En P. Cook (Ed.), *Archigram 2*, (s.p.). Londres: Archigram
- Ritzer, G. & Jurgenson, N. (2010). Production, consumption, prosumption: The nature of capitalism in the age of the digital "prosumer". *Journal of Consumer Culture*, 10 (1), 13-36. <http://dx.doi.org/10.1177/1469540509354673>
- Toffler, A. (1981). *The third wave*. Nueva York: Bantam Books
- Val Fiel, M. (2013). El 'símbolo' frente a la 'forma': la influencia del arte en la arquitectura tras el movimiento moderno. *Dearq 12, Revista de Arquitectura de la Universidad de los Andes*, 118-124.
- Williams, C. C. (2004). A lifestyle choice? Evaluating the motives of do-it-yourself (DIY) consumers. *International Journal of Retail & Distribution Management*, 32(5), 270-278. <http://dx.doi.org/10.1108/09590550410534613>
- Wittbrodt, B. T., Glover, A.G., Laureto, J., Anzalone, G.C., Oppliger, D., Irwin, J.L., & Pearce, J.M. (2013). Life-cycle economic analysis of distributed manufacturing with open-source 3-D printers. *Mechatronics*, 23(6), 713-726. <http://dx.doi.org/10.1016/j.mechatronics.2013.06.002>
- Wohlrs, T. (2016). Popularity of FDM. Recuperado de <http://wohlersassociates.com/blog/2016/01/popularity-of-fdm>



Maqueta de arquitectura, empresa de servicios Modla en Londres.



Diseños de Gabriela Ligenza.