

Sostenibilidad y *Fabrication Laboratory* aplicado a la Arquitectura: Neil A. Gershenfeld y el *How to Make (Almost) Anything*.

Agudo-Martínez, M. J. (*)

(*) Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla. mjadudo@us.es
+34 954 55 5956.

Resumen La comunicación aborda el tema de ‘*The Digital Fabrication Revolution*’ postulada por Neil A. Gershenfeld. Los objetivos que se persiguen son fundamentalmente dos: 1. Analizar los nuevos ‘contenidos docentes’ de un Fablab, con herramientas tan potentes como Arduino en relación con el prototipado, así como la aplicación práctica de los mismos en arquitectura sostenible y 2. Analizar la metodología de estos nuevos espacios y sus repercusiones en la docencia de Arquitectura. Para ello, se reflexiona sobre el potencial presente y futuro de la red creciente de laboratorios de fabricación digital dispersos por el mundo. Se trata de desvelar o clarificar el éxito de una fórmula que implica construir “casi todo”, también arquitectura sostenible, con tecnología de base, así como de establecer relaciones con un enfoque actual de *Smart Cities*. La reflexión principal consiste en analizar, de forma especial, las repercusiones de estos novedosos planteamientos en la formación del futuro arquitecto, asociada dicha formación tanto a la producción colectiva, como a los recursos educativos que entran en juego, habida cuenta de que se trata de un fenómeno mundial, con una red de alrededor de 60 centros oficiales en el mundo. Por otro lado, la investigación busca poner de manifiesto la importancia de las máquinas en relación con el presente y el futuro de las sociedades sostenibles, con la premisa de que las ciudades del *futuro serán construidos esencialmente por máquinas*, como un paso más en la prefabricación constructiva.

Palabras clave Gershenfeld, Prototipado CAD/CAM, *Open Hardware*, Arduino.

1 Introducción

Uno de los primeros hitos de innovación tecnológica es la propuesta primera propuesta de ordenador personal denominada *Memex*. Su artífice fue el ingeniero y

científico estadounidense Vannevar Bush, quien en su artículo titulado *As we may think*, publicado en 1945 en la revista *The Atlantic Monthly*, propuso un dispositivo electromecánico al que denominó *Memex* y que previamente había desarrollado en el MIT como modelo de tecnología de microfilm fotoeléctrico. Se trataba de un almacén mecanizado de información que “extendía la memoria”, de ahí su nombre, constituido por una mesa de trabajo con un teclado y una serie de palancas y que podía ser consultado con rapidez y flexibilidad. Otros hitos relevantes que ayudan a entender mejor la revolución tecnológica de las últimas décadas son la creación del *MIT's Architecture Machine Group* (1967) de la mano de N. Negroponte y L. Groiser, así como la posterior fundación del *MIT Media Lab* (1985) por N. Negroponte, junto con Jerome B. Wiesner. Algo más tarde, en 1998, Neil A. Gershenfeld, director del *MIT's Center for Bits and Atoms*, planteaba personalizar la fabricación con su ya famosa máxima *How to Make (Almost) Anything* dirigida a un grupo interdisciplinar de estudiantes. Posteriormente creó en 2001 el primer Fab Lab en el MIT, en colaboración con Bakhtiar Mikhak, La actual red de Fab Labs dispersos por todo el planeta viene a responder a la necesidad de tecnologías emergentes en lugares remotos y menos desarrollados, donde personas con pocos recursos pueden mejorar su calidad de vida. El impulso de la innovación ciudadana, en aras de transformar la realidad y promover una mayor inclusión social, comienza a plantearse, cada vez más, como un objetivo de sostenibilidad a nivel político internacional y en los últimos años de forma muy destacada en países de habla hispana, pero también, de manera creciente, en empresas y universidades, así como en numerosas administraciones públicas regionales y nacionales.

En este sentido, las tecnologías digitales posibilitan la auto-organización en red y el fomento del desarrollo de la inteligencia colectiva, a nivel tanto local como global. Esta utópica participación activa de la comunidad prefigura, así, un perfil de ciudadano proactivo, inmerso en comunidades articuladas en red y que exigen una mayor colaboración mediante el fomento de sinergias, pero también promoviendo la generación de plataformas colaborativas. El rasgo distintivo de estos espacios de trabajo colaborativo (incubadoras, *hubs* o laboratorios ciudadanos) es la apuesta por la investigación y la innovación, de la mano de las tecnologías digitales y la web 2.0, con un planteamiento organizativo *bottom-up*, desde abajo hacia arriba, si bien contando con la colaboración filantrópica de empresas tanto públicas como privadas. Se facilita así la coproducción como motor de transformación social tal y como se recomienda en el *Manual de Oslo* (Anon 2006) aglutinando a personas con distintos grados de especialización y promoviendo contextos horizontales e inclusivos, cuyo mayor interés radica en la cantidad y la diversidad de los participantes, tales como medialabs, citilabs o living lab, entre otros.

Se trata de espacios abiertos en los que la ciudadanía se involucra en proyectos de innovación y no en lugares para uso exclusivo de expertos, habida cuenta de que reúnen a personas con distintas orientaciones disciplinarias en un proceso de aprendizaje compartido. Como precedentes lejanos pueden citarse el Homebrew Computer Club de 1975 (Faggin et al. 1976) o el MIT Media Lab (MIT) fundado

en 1985, junto a otros laboratorios posteriores como el MindLab en Dinamarca o el MediaLab Prado y el BarcelonaLab en España.

En estos espacios participativos y abiertos caracterizados por la auto-gestión, el apoyo mutuo y la colaboración y en los que se fomenta el empleo de hardware y software libre, de repositorios compartidos y de licencias libres, se plantean líneas de trabajo de interés para la comunidad que se articulan en redes de intercambio y en las que los perfiles de usuarios se decantan entre el arte, la tecnología y la ciencia. Así, por ejemplo, las redes internacionales de *unconferences* o desconferencias como BarCamp, implican un modelo de conferencia de espacio abierto que es usado prioritariamente en comunidades de innovación tecnológica. Otro ejemplo de innovación es el empleo del formato de presentaciones concisas 20x20 de PechaKucha que mantienen un interés alto de los participantes.

2 El modelo Media Lab

La innovación tecnológica, en el marco de la estrategia Europa 2020 (Cal Barredo 2011), con ejemplos como el proyecto Transcreativa (SUDOE 2014), aborda la necesidad del prototipado mediante el mapeo tecnológico, el desarrollo de prototipos y la creación de empleo joven, en aras de la consecución de un crecimiento inteligente, sostenible e inclusivo que fomente la excelencia científica, el liderazgo industrial o los retos sociales (Rosenberg 2000) y todo ello además en relación con la educación superior (Anon 2015b). En ese sentido, la I+D+i fomenta conceptos tales como las *Behaviour Technologies* o el *Social Mining* en Industrias Culturales y Creativas (ICC) mediante la colaboración y el trabajo en Red.

Los laboratorios de medios o Media Labs, con una trayectoria genealógica de más de tres décadas, son lugares de cooperación cultural e interdisciplinar surgidos al hilo de la revolución tecnológica (Villar Allé 2014) que aúna medios de comunicación y tecnología digital. De esta manera, el término *Lab* deja obsoletos los términos tradicionales de taller o estudio. Sin embargo, a pesar de que el discurso del arte comunitario o colaborativo, surgido a finales de los años sesenta, fue especialmente crítico con el arte individual o subjetivo, los procesos de trabajo colaborativo no siempre consiguen los objetivos de interacción grupal o de abrirse a la esfera pública y posibilitar la vivencia de la experiencia artística. Así, las relaciones entre el arte, la ciencia y los nuevos medios se pone de manifiesto en el denominado Arte Electrónico, una etiqueta genérica que engloba a otras como *Computer art* (Cheok 2010), *Algorithmic art* (Shanken 2002), *Generative art* (Oliver Gingrich 2012), *Cybernetic art*, *Kinetic art*, etc. En este sentido hay que mencionar como hitos las exposiciones *Cybernetic Serendipity* celebrada en Londres en el 1968 y *Les Immatériaux* (Blistène 1985), celebrada en París en 1985.

En relación con una posible clasificación de centros Media Labs, puede hablarse de cuatro tipos principales: de carácter cultural, cívicos, académicos y profesionales. Entre los primeros cabe mencionar el ZKM (Karlsruhe, Alemania),

lugar en el que se organizó en el año 2005 la exposición titulada *Making Things Public* (Nielsen 2005), en la que se abordaban nuevas formas de participación ciudadana con un proyecto paralelo de bases de datos en internet titulado “*Fair Assembly*” ideado por Steve Dietz. En la tipología de Media Lab cívico destaca Medialab-Prado (Prada 2009) de Madrid, en el que se abordan proyectos desde las diferentes ópticas de formación, creación y divulgación.

También con un enfoque cultural cabe citar al *Floating Lab Collective's Re Museum* (Corbett 2008) en Washington, en el que colaboran diversas comunidades que aportan sus proyectos desarrollados en espacios experimentales abiertos a múltiples disciplinas.

3 Maker Lab y Fab Lab

Los *Maker Lab* y los *Fab Lab* son laboratorios de fabricación de prototipos. En el caso del *Fablab* es esencial la figura del manager para conseguir la conexión internacional del mismo (Eychenne & Neves 2013). Un *Fab Lab* o *Fabrication Laboratory* es un laboratorio de prototipado de objetos físicos inserto en una red mundial de Fab Labs distribuidos por todo el mundo (Anon 2009) y aglutinados en la Fab Foundation, creada ésta última por el *MIT's Center for Bits & Atoms Fab Lab Program*.

La materialización de prototipos requiere conocimientos prácticos de electrónica y de CAD/ CAM por parte de los usuarios del Fablab. Aparte de las máquinas físicas, el mayor atractivo de estos espacios es su propuesta de apertura al mundo, con acceso libre y tarifas bajas y de trabajo colaborativo o entre iguales (*peer-to-peer*) en la web 2.0. El primer laboratorio de estas características, el *Center for Bits and Atoms* (CBA), fue fundado en 2001 en el seno del MIT por la *National Science Foundation* (NSF) y dirigido por Neil A. Gershenfeld. Se trataba de un ambicioso centro de investigación cuyo objetivo prioritario era la revolución digital, en concreto la fabricación digital personal, buscando democratizar las nuevas tecnologías mediante máquinas capaces de fabricar cualquier cosa en cualquier escala.

Su importante difusión internacional hace de los Fab Labs plataformas colaborativas de innovación que facilitan la conexión entre personas y organizaciones. Por otro lado, la idea de laboratorio tecnológico digital va asociada a usuarios avanzados, si bien el término *Lab* se asocia además al uso de Tecnologías de la Información y Comunicación, por lo que el concepto *Media Lab* (Oliver 2001) pasa a designar de forma expresa a laboratorios de medios de comunicación. Gershenfeld planteó la propuesta de fabricación digital (Gershenfeld 2008), con el precedente del Laboratorio de Medios (Brand & Gubern 1989), como alternativa a la compra de objetos existentes y con las consiguientes implicaciones tecnológicas y sociales que esta idea conlleva, la de “cómo hacer (casi) todo” con herramientas utilizadas en CAD-CAM. El autor destaca las dificultades de los Fab Labs exper-

imentales en lugares como Ghana y la India, para intentar hacer herramientas demasiado caras o que no están disponibles; todo ello con ayuda del software de código abierto en streaming a través de la red. Sin embargo, son muchos los tipos derivados de este primer modelo de laboratorio; así cabe mencionar otras etiquetas, entre las cuales las más relacionadas con la arquitectura son las de *Living Lab* (Liedtke et al, 2012), *City Lab* (Andersen & Eidhammer 2015). En todos los casos se enfatizan de forma expresa las ideas ya mencionadas de trabajo colectivo (Hardin 2010), auto-organización y procomún en una participación active y colaborativa que pone de relieve las ideas de altruísmo y cooperación humana.

De esta forma, la filosofía Fablab potencia una metodología que dinamiza proyectos innovadores y multidisciplinarios con potencialidad para comercializar sus servicios. Por otro lado, la creación de redes juega un papel fundamental en el intercambio de ideas o bit de información. El prototipo, element central del proceso de innovación, implica una experimentación directa y rápida, lo que se traduce en ahorro de costes. Además, el trabajo colaborativo e interdisciplinar tiene va asociado a la complejidad de un proyecto, lo que puede implicar a distintos perfiles de usuarios con diferentes enfoques o estrategias, lo que se ha dado en llamar 'inteligencia colectiva'. Otro atractivo adicional es el grado de realismo de las propuestas o su proximidad a la demanda real de la sociedad, potenciando la exposición de productos fabricados.

Para el caso concreto del Fab Lab de la ETSA de Sevilla, con arquitectos afines como Santiago Cirugeda (Cirugeda 2007), es manifiesta la preocupación por estar a la altura de los nuevos tiempos. En este sentido, se ilustra la trayectoria Fab Lab con el ejemplo del Proyecto *Fabbing CC* realizado en 2011 con la colaboración del Ayuntamiento de Cáceres dentro del programa Plan Ribera del Marco. La banca-pergola de la imagen fue además diseñada a partir de bocetos de los vecinos de la zona y está pensada como dotación para huertos urbanos. Se trata tan solo de un ejemplo de entre los numerosos proyectos de fabricación digital del Fab Lab Sevilla (Pérez de Lama Halcón et al. 2014) y el Centro de Innovación y Diseño (IND) de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla (Gutiérrez de Rueda García et al. 2010). Otro Proyecto de un enorme interés es el titulado *The Caterpillar* (Narváez Rodríguez & Martín Pastor 2013), un pabellón oruga realizado en 2013 y que ha tenido su continuación en el *Archimedean Pavilion* del 2016 (Fig.1).



Fig. 1 *Archimedean Pavilion* (2016). Proyecto FabLab Sevilla. Fotografía de la autora.

Por otro lado, en los espacios Fab Lab y continuando en el ámbito específico de la Arquitectura, surgen, por ejemplo, productos de diseño de arquitectura efímera y nuevas formas de interpretación del mobiliario, tanto interior como urbano, si bien la fabricación digital ayuda de igual modo a diseñar ambientes interactivos o *smart*, como propuestas de casas bioclimáticas. Con estándares abiertos como Arduino (Fig. 2), una plataforma de *Open Hardware* basada en una placa con un microcontrolador que cuenta, por ejemplo, con módulos de sensores de parámetros ambientales. Por otro lado, el entorno de desarrollo de Arduino facilita el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios en los que las comunidades comparten código que ejecutan rutinas electrónicas; de esta forma, la electrónica se incorpora a los prototipos fabricados, los cuales son dotados de circuitos electrónicos que simulan movimientos.

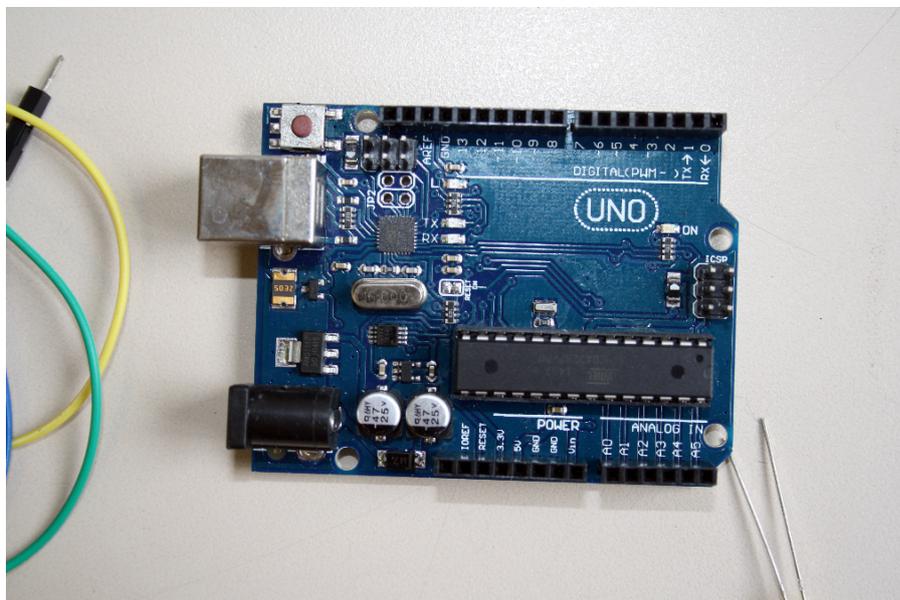


Fig. 2 *Open Hardware* Arduino. Fotografía de la autora.

Así, gracias a la fabricación abierta, la convergencia entre la electrónica y la informática posibilita construir dispositivos electrónicos a usuarios no expertos. El entorno de desarrollo integrado de Arduino es de libre descarga, lo que supone la ventaja de su utilización y desarrollo sin necesidad de licencia. Ejemplos de proyectos que pueden abordarse tienen que ver con propuestas de energía renovables, mobiliario urbano interactivo o dispositivos de seguridad. Así, en el ámbito de la domótica, de la mano de la electrónica, el diseño con Arduino puede ayudar a mejorar la eficiencia energética de los hogares domésticos (Sack 2006). En este sentido, la domótica adquiere un especial interés para el caso de personas mayores o con discapacidades físicas o capacidades cognitivas mermadas, lo que sin duda contribuye a aumentar la calidad de vida, así como una mayor autonomía.

Por otro lado, son numerosas las propuestas de arquitectura efímera o con un periodo de vida útil limitado, como por ejemplo de estructuras para stands de ferias o eventos, realizados con materiales baratos (Minguet 2005) y diseños novedosos. En la misma línea podría citarse, por ejemplo, el diseño de mobiliario a partir de material reciclado (Pario Perra & Gandolfi 2011). Otra faceta es la nanoarquitectura o generación de piezas 2D de pequeño formato, obtenidas a partir de máquinas de corte de control numérico, las cuales se ensamblan posteriormente para generar estructuras 3D de mayor tamaño. Desde el punto de vista de los materiales, se aborda una amplia gama: cartón, madera, plástico, metal, pvc, etc. En otro orden de cosas, juegan un papel fundamental los eventos relacionados tanto con reuniones de trabajo como con jornadas participativas y dinámicas de

fabricación digital, así como los cursos de formación en diseño 3D, prototipado, técnicas de corte o electrónica.

4 Living Lab, City Lab y sostenibilidad

El término *Living Lab* aparece estrechamente asociado a W. J. Mitchell (Mitchell & Valderrama 2000) con su proyecto *Smart City* (Mitchell 2007) y existe además una Red Europea de Living Labs (Almirall 2006).

Es en el seno del MIT donde el profesor Mitchell (Mitchell 1997) planteó una metodología de investigación y validación de prototipos de diversas casas inteligentes buscando la interacción de usuarios con sensores situados en entornos reales y poniendo las tecnologías de la información y comunicaciones al servicio de los ciudadanos (Mitchell 2003).

La problemática creciente de la superpoblación de las ciudades (Falconer & Mitchell 2012) supone resolver de forma eficiente el problema de las infraestructuras de abastecimiento de las ciudades en un planteamiento urbanístico acorde con la Edad del *Big Data* (Offenhuber & Ratti 2014). Por otro lado, se hace necesario desarrollar estrategias de sostenibilidad buscando una planificación urbana respetuosa con el medio ambiente (Anon 2015a), aprovechando la tecnología de la información y las comunicaciones para mejorar la calidad de vida y reducir costes. El polémico concepto de *Smart Cities* y las Comunidades Inteligentes Conectadas (Lopezmalo 2012) ha provocado numerosas discusiones teóricas en los círculos políticos de la planificación urbana en todo el mundo dado que la tecnología no es bien entendida en todos los sectores que integran la ciudad. La multiplicidad de partes interesadas en la complejidad del funcionamiento de las ciudades generan interdependencias que determinan el resultado construido. Por el contrario, las ciudades inteligentes, articuladas como sistemas complejos con múltiples capas, son una oportunidad para integrar las infraestructuras de la ciudad al plantear una gestión eficaz con fuertes repercusiones económicas, sociales y ambientales (Tanzer & Longoria 2007).

Posteriormente la idea se difundió por diferentes países, especialmente del norte de Europa (Keiding et al. 2009). Comenzó entonces a aplicarse a otros entornos como los servicios móviles o diversos proyectos realizados entre universidades y empresas y basados en la búsqueda de innovación y calidad de servicios a los ciudadanos como I2CAT (I2CAT 2015) en Cataluña o Testbed Botnia (Almirall et al., 2012) en Suecia. Por otro lado el *Multi-Stake holder* supone la participación en el proceso de diferentes actores que intervienen en la cadena de valor, como un proceso en red realizado desde la igualdad. Por otro lado, la validación de los productos se realiza en multicontextos (Villar Alé 2015) y en entornos reales, por lo que los usuarios son los auténticos protagonistas de los proyectos de innovación, entendida ésta última como proceso social.

Los parques científicos y tecnológicos asumen la política de innovación, si bien están necesitados de una masa crítica para asumir una innovación mucho más centrada en el usuario. Esto es así especialmente con el uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones, e aras de conseguir la confluencia entre tecnología, mercado y sociedad. En este sentido, en el *Living Lab* se lleva a cabo tanto la validación como el ciclo de desarrollo de un producto o servicio en entornos múltiples y emergentes basados en la cooperación y la interdisciplinariedad.

Referencias

- Almirall, E., 2006. *Europa i2010-Innovacion y Living Labs*. Available at: www.gencat.cat/economia/ur/doc/doc_66142216_1.pdf
- Almirall, E., Lee, M. & Wareham, J., 2012. Mapping living labs in the landscape of innovation methodologies. *Technology Innovation Management Review*, 2(9), pp.12–18.
- Andersen, J. & Eidhammer, O., 2015. CITYLAB: City Logistics in Living Laboratories. *MENA Report*.
- Anon, 2015a. *Art city lab* □ *neue Räume für die Kunst = New spaces for art*, Berlin □: Jovis.
- Anon, 2009. Fab Foundation. *MIT's Center for Bits & Atoms Fab Lab Program*. Available at: <http://fabfoundation.org/>.
- Anon, 2006. *Manual de Oslo guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación*, [Bruselas □: Oficina de Estadísticas de las Comunidades Europeas.
- Anon, 2015b. *The European higher education area in 2015* □ *Bologna process implementation report*, Brussels □: Education, Audiovisual and Culture Executive Agency.
- Blistène, B., 1985. Les Immatériaux: A Conversation with Jean-François Lyotard. , 53(9), pp.1689–1699.
- Brand, S. & Gubern, R., 1989. *El laboratorio de medios* □ *inventando el futuro en el M.I.T.*, Madrid: Fundesco.
- Cal Barredo, M.L. de la, 2011. *La nueva estrategia Europa 2020* □ *una apuesta clave para la UE en el s.XXI*, Alava □: EUROBASK.
- Cheok, A.D., 2010. *Art and Technology of Entertainment Computing and Communication Advances in Interactive New Media for Entertainment Computing*, London □: Springer-Verlag London Limited.
- Cirugeda, S., 2007. *Urban disobedience* □ *the work of Santiago Cirugeda* □ [exposición], New York □: New York Institute of Technology.
- Corbett, A.L., 2008. We make space for art. Available at: www.gencat.cat/economia/ur/doc/doc_66142216_1.pdf
- Eychenne, F. & Neves, H., 2013. *Fab Lab: A Vanguarda da Nova Revolução*

- Industrial F. L. Brasil*, ed., Sao Paulo.
- Faggin, F. et al., 1976. COMPUTER CLUB. , (415). Available at:
http://openlivinglabs.i2cat.cat/documents/Europai2010_infonomia.pdf
- Falconer, G. & Mitchell, S., 2012. Smart City Framework: A Systematic Process for Enabling Smart+Connected Communities. *Point of View*, (September), p.11.
- Gershenveld, N., 2008. *Fab: The Coming Revolution on Your Desktop--from Personal Computers to Personal Fabrication.*, Basic Books.
- Gutiérrez de Rueda García, M. et al., 2010. *IND, Centro de Innovación y Diseño* memoria 09-10, Sevilla: Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad de Sevilla.
- Hardin, G., 2010. The Tragedy of the Commons. *Science, New Series*, 162(3859 (Dec. 13, 1968)), pp.1243–1248.
- I2CAT, 2015. *FUNDACIÓ PRIVADA i2CAT, Internet i Innovació digital a Catalunya*,
- Keiding, M., Skou, P.H. & Jans, J., 2009. *The BIG Lab*, Kobenhavn: Arkitektens Forlag.
- Liedtke, C. et al., 2012. LIVING LAB: user-driven innovation for sustainability. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 13(2), pp.106–118.
- Lopezmalo, C., 2012. *Smart + Connected Communi + es*, Available at:
http://openlivinglabs.i2cat.cat/documents/Europai2010_infonomia.pdf
- Minguet, J.M., 2005. *Prefab design*, Barcelona: Instituto Monsa de Ediciones.
- Mitchell, W.J., 1997. *City of bits: space, place, and the infobahn*, Cambridge, Mass. [etc.]: MIT Press.
- Mitchell, W.J., 2003. *Me: the cyborg self and the networked city*, Cambridge, Mass. [etc.]: MIT Press.
- Mitchell, W.J. & Valderrama, F., 2000. *E-topia: "vida urbana, Jim, pero no la que nosotros conocemos,"* Barcelona: Gustavo Gili.
- Mitchell, W.J.T., 2007. Ciudades inteligentes. *uocpapers_ Universitat Oberta de Catalunya.*, 5, pp.1–12.
- Narváez Rodríguez, R. & Martín Pastor, A., 2013. *The Caterpillar*, Sevilla: [Universidad].
- Nielsen, K.H., 2005. Visita a la exposición "Making Things Public. Atmospheres of Democracy". *AIBR. Revista de Antropología Iberoamericana*, pp.1–5.
- Offenhuber, D. & Ratti, C., 2014. *Decoding the city: urbanism in the age of big data*, Basel: Birkhauser Verlag.
- Oliver, N., 2001. El MediaLab de MIT: innovación tecnológica con estilo propio. Available at: http://www.uv.es/fores/contrastes/cuatro/oliver_MIT.html.
- Oliver Gingrich, M., 2012. *Generative Art - Interactive Art: Delineations, Hybrid Media and Conceptual Differences*. In *15h Generative Art Conference GA2012*. pp. 247–259.
- Parío Perra, D. & Gandolfi, E., 2011. *Low cost design*, Milano: Silvana Editoriale.

- Pérez de Lama Halcón, J., Lara Bocanegra, A.J. & Vázquez Carretero, N.J., 2014. *Yes, We are Open!* □ *fabricación digital, tecnologías y cultura libres*, Sevilla □: ETSA, Universidad de Sevilla □; RU Books.
- Prada, J.M., 2009. Redes y procesos P2P. In Medialab-Prado, ed. *Inclusiva-net: #4. Cuarto Encuentro Inclusiva-net*. Madrid, p. 173.
- Rosenberg, N., 2000. *Schumpeter and the endogeneity of technology* □ *some american perspectives*, London: Routledge.
- Sack, F., 2006. *Open house* □ *Towards a new architecture = Das offene haus* □ *für eine neue architektur*, Berlin □: Jovis.
- Shanken, E. a., 2002. Art in the Information Age: Technology and Conceptual Art. *Leonardo*, 35(4), pp.433–438.
- SUDOE, 2014. Proyecto Transcreativa. Available at: <http://www.transcreativa.eu/es>.
- Tanzer, K. & Longoria, R., 2007. *The green braid* □ *towards an architecture of ecology, economy, and equity*, London [etc.] □: Routledge.
- Villar Alé, R., 2015. Procesos Artísticos en Laboratorios. Génesis y Perspectivas. *Universum*, 30, pp.277–292.
- Villar Allé, R., 2014. El modelo Media Lab □: contexto , conceptos y clasificación . Posibilidades de una didáctica artística en el entorno revisado del laboratorio de medios The Media Lab Model □: Contexts , Concepts and Classification . Possibilities of art teaching in the revi. *Pulso*, 37, pp.149–165.