

# Codificar sentidos

Los procesos artesanales como  
insumo para la fabricación digital  
en arquitectura

Universidad de la República

Facultad de Arquitectura,  
Diseño y Urbanismo

Monografía del Diploma de  
Construcción de Obras de  
Arquitectura

**Autora:**

Arq. Sofía Gambetta Rossi  
gambettasofia@gmail.com

**Tutor:**

Mg Arq. Fernando García Amen

Montevideo, Uruguay

2020

Universidad de la República

Facultad de Arquitectura,  
Diseño y Urbanismo

Monografía del Diploma de  
Construcción de Obras de  
Arquitectura

**Autora:**

Arq. Sofía Gambetta Rossi  
gambettasofia@gmail.com

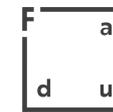
**Tutor:**

Mg Arq. Fernando García Amen

Montevideo, Uruguay  
2020

# Codificar sentidos

## Los procesos artesanales como insumo para la fabricación digital en arquitectura



Facultad de Arquitectura,  
Diseño y Urbanismo  
UDELAR



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY

### **Agradecimientos**

A la Universidad de la República en su conjunto y en particular a la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo.

Al tutor de este trabajo: Mg. Arq. Fernando García Amen, por el compromiso, la dedicación y la guía.

A los entrevistados: MSc. Arq. Pablo Herrera, Arq. Federico Lagomarsino, Arq. Paulo Pereyra y Mg. Arq. Rodrigo Scheeren, por la buena disposición, colaboración y el material aportado.

A mi familia, amigos y compañeros, por las lecturas, las correcciones y por apuntalarme durante el proceso. A Matías, por el título y todo lo demás. Y a cada uno de los que aportaron, cuestionaron y enriquecieron este trabajo.

## Imagen\_01

Arquitectura  
ensamblada  
por drones



# Abstract

En 2007, Neri Oxman acuña el término Digital Craft, artesanía digital, sugiriendo que ciertas habilidades adquiridas en los procesos artesanales contribuyen positivamente a elaborar protocolos de diseño que parten de la fabricación. Surge así una valorización de la cercanía del artesano con los materiales, con las formas y con la fabricación de objetos como un conocimiento atendible a incorporar en técnicas digitales. Desde este punto de vista, los procesos de aprendizaje e intercambio de información del artesano con el propio producto durante las etapas de diseño, producción y personalización son claves para el resultado final.

Este trabajo se propone investigar cómo y por qué las técnicas de diseño y fabricación digital desarrolladas en las últimas décadas, y aplicadas a la arquitectura, se ven beneficiadas al ser abordadas desde sinergias que resultan del intercambio entre la artesanía humana y la digitalización, focalizándose en el aprendizaje de procesos, más que en los resultados. En este sentido, se busca esbozar nuevos paradigmas productivos posibles, que parten de una concepción disruptiva para la aplicación del diseño y la fabricación digital a la disciplina arquitectónica, la industrialización artesanal.

Se propone además construir una plataforma de abordaje descriptiva y analítica de la situación latinoamericana, se analizan los intercambios que se generan al promover espacios de trabajo interdisciplinarios en el contexto regional, aplicando tecnologías digitales a procesos artesanales y viceversa. Se detecta la importancia de la codificación digital de los sentidos en los procesos artesanales, tanto desde lo sensorial como desde lo comunicativo, para su conservación, reformulación o adaptación pero principalmente para su replicación en arquitectura.

## keywords

fabricación digital, diseño y fabricación, artesanía, artesanía digital, industrialización artesanal, Latinoamérica.

# Contenido

Introducción .....	9
Objetivo general .....	16
Objetivos particulares .....	16
Metodología .....	16
Artesanía y digital .....	21
Antecedentes.....	21
Contexto actual.....	22
Pertinencia y proyecciones.....	26
Industrialización artesanal.....	35
Técnicas de fabricación digital.....	35
El contexto productivo .....	40
Industrialización artesanal.....	42
Digitalización al Sur.....	49
Fabricación digital al sur.....	49
Artesanía y digital al sur .....	56
Consideraciones finales.....	73
Entrevistas.....	76
Referencias bibliográficas .....	78
Créditos de imágenes.....	81

# Introducción

En las últimas décadas estamos asistiendo, como humanidad, a cambios fundamentales en nuestros modos de vivir, trabajar y relacionarnos con otros, a lo que algunos autores llaman la cuarta revolución industrial (Schwab, 2016). Una revolución que, como es esperable, modifica las bases de la gran mayoría de las cosas tales como las conocemos hasta ahora. Los cimientos de mencionada revolución se pueden rastrear a principios del siglo XXI, y, aunque sus bases parecen poder encontrarse en la tercera revolución industrial que comienza con la aparición de la computación tal como la conocemos, se nos plantea como un desafío completamente nuevo.

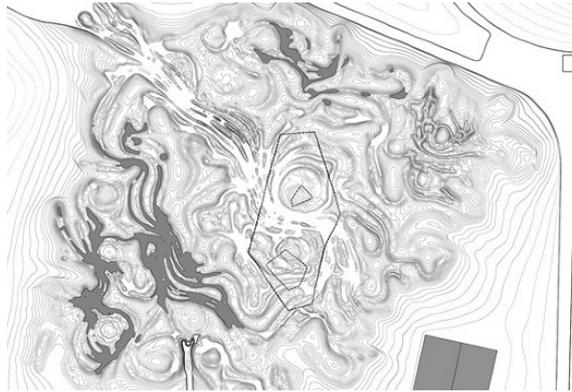
En este contexto, una cuestión fundamental a mencionar es el desarrollo de los algoritmos. Un algoritmo, según Terzidis (2003), es un procedimiento computacional que tiene la finalidad de abordar un problema con un número finito de pasos. Según el autor, este procedimiento involucra deducción, inducción, abstracción, generalización y lógica; extrayendo sistemáticamente principios lógicos para el desarrollo de soluciones genéricas al problema que se le plantee.

Actualmente los algoritmos se

encuentran en prácticamente todos los aspectos de nuestra vida cotidiana. El poder intelectual de un algoritmo radica en su capacidad de extender los límites de la inteligencia humana, pudiendo, por ejemplo, tomar decisiones en periodos de tiempo muy cortos y habiendo evaluado infinitamente más opciones de las que es capaz un ser humano a lo largo de toda su vida. Una ejemplificación muy clara de esto, establecida por varios autores, es la capacidad que puede tener un algoritmo para recomendar un tratamiento médico a un paciente. En este caso, se podrían cargar datos de innumerables pacientes con sintomatología o diagnóstico similar, sus reacciones a diferentes tratamientos o grados de eficiencia. y el algoritmo sería capaz de establecer el mejor escenario posible para su recuperación. Este proceso es el que un médico humano realiza diariamente, basado en experiencias propias o de otros médicos a las que puede haber accedido, pero con un mayor margen de error, debido a las limitaciones humanas de procesamiento finito de datos. Terzidis (2003) también plantea la existencia de algoritmos más avanzados, que emulan procesos humanos. En estos casos, aún en desarrollo, estos algoritmos

desarrollan sus propias lógicas de funcionamiento y su comportamiento es menos predecible y por lo tanto más creativo que aquellos más primitivos. Estos se están desarrollando para generar sistemas de clasificación, predicción y simulación de fenómenos complejos.

En cuanto a las áreas del diseño, planificación y construcción, los algoritmos también se encuentran en gran parte de los procesos. Sus mayores desarrollos se han llevado a cabo en el análisis y procesamiento de datos para la generación de programas arquitectónicos, planes urbanos o gestión. Sin embargo, algunos autores aún plantean que existen algunas limitaciones para su aplicación a aquellos aspectos que involucran teorías estéticas o de la forma. Esto, regido por la idea de que la naturaleza mecánica del algoritmo se percibe como algo no humano y por lo tanto distante de la sensibilidad o la intuición a la que generalmente se le atribuyen los aspectos de la estética



▲▼  
**Imágenes\_**  
**02/03**

Babiy Yar -  
Kokkugia /  
Arquitectura  
generada  
con algoritmos

1. [www.kokkugia.com](http://www.kokkugia.com)

(Terzidis, 2003). Sin embargo, en las últimas décadas han surgido cada vez más investigaciones relacionadas a lo que el autor denomina forma algorítmica, un modo de general formas arquitectónicas a través del uso de algoritmos computacionales. Kokkugia<sup>1</sup>, un colectivo formado por Roland Snooks y Rob Stuart-Smith, es un ejemplo de una práctica de arquitectura experimental que explora metodologías de diseño generativo desarrolladas a partir del comportamiento complejo de autoorganización de los sistemas políticos, sociales y biológicos a través de algoritmos.

Para Dunn (2012), los algoritmos actúan “como mediadores entre el diseñador y el ordenador”, pero

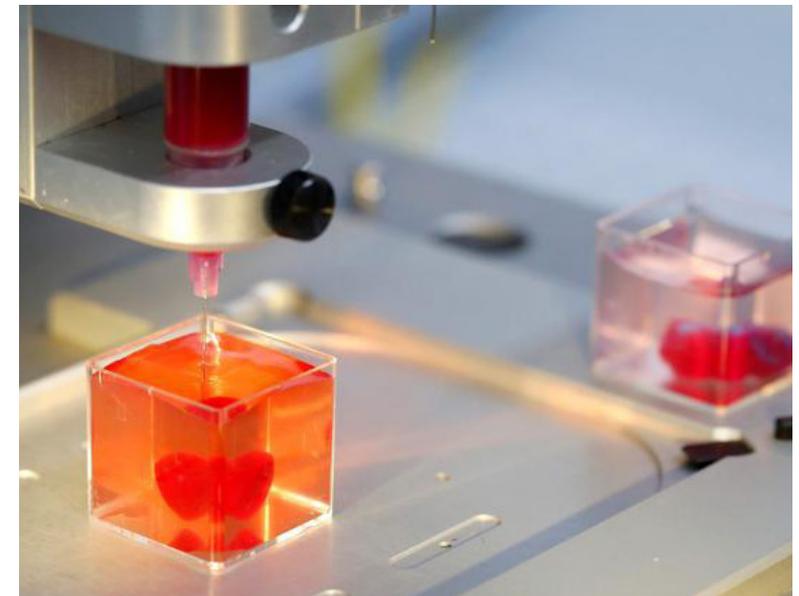
establece también la importancia del diseñador y su conocimiento de los procesos algorítmicos, de la construcción de su lógica y de su precisión. El autor plantea así que el trabajo con algoritmos “pone de relieve el cambio tanto mental como práctico que necesita hacer el diseñador”. Conjuntamente, en paralelo con el desarrollo de inteligencias artificiales, fabricación digital, robótica aplicada y nuevos materiales, que permiten no sólo la ideación sino también la materialización de geometrías complejas, la arquitectura se encuentra así en procesos de transformación. De este modo, el autor plantea una interpretación integral de la manera en la que los algoritmos se usan en la arquitectura, avocando por una



►  
**Imagen\_04**

Impresión 3D  
de órganos  
con tejido vivo

Fuente:  
Jack Guez / AFP



naturaleza exploratoria que vaga entre la creación y los descubrimientos.

Mario Carpo (2017) enmarca estos procesos en dos momentos a los que llama giros digitales. Un primer giro digital, establecido por el autor entre los años 1992 y 2012 y un segundo giro digital entre el año 2012 y la actualidad. Estos giros implican, como se discutió anteriormente con los algoritmos, no solamente un aumento en las capacidades de análisis o procesamiento de datos, sino el descubrimiento de universos formales distintos e impredecibles, geometrías no convencionales, materiales inteligentes, modos de habitar innovadores. Dunn (2012), plantea que cada vez más diseñadores y arquitectos conciben a los ordenadores como más que una interfaz, sirviéndose de sus procesos para ampliar sus propias capacidades, a través de los algoritmos de diseño.

Es así como, respecto al desarrollo tecnológico y su incursión en la vida humana, y para lo que es pertinente este trabajo, la disciplina arquitectónica, nos encontramos en la era posdigital, un contexto en el que como humanidad nos hemos apropiado de lo digital al punto de interiorizarlo completamente. Esto implica que, de un modo u otro, las revoluciones tecnológicas impacten fuertemente en la cotidianeidad tanto a niveles industriales, económicos, sociales o domésticos. La cuarta revolución es industrial, pero es también humana y social, es económica y productiva y está en la gran mayoría de las cosas que hacen al mundo tal como lo conocemos.

Schwab (2016), propone que hay tres factores claves que indican la unicidad y novedad y que provocan que ésta sea una revolución distinta a las anteriores: la velocidad

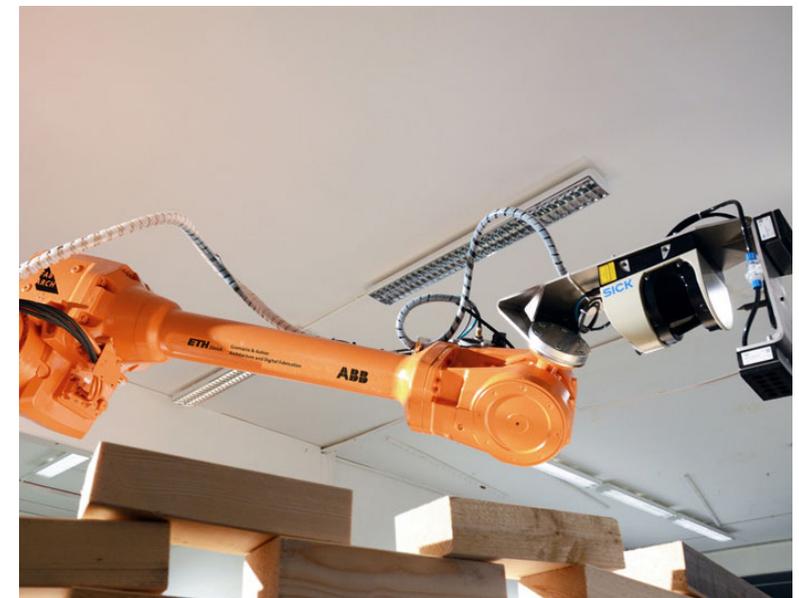
exponencial a la que se dan los desarrollos, la amplitud y profundidad de los cambios y el impacto que éstos tienen en todos los sistemas de nuestra sociedad. El autor plantea que dentro de esta revolución se pueden identificar algunos lineamientos que propone como los más fuertes, a los que llama mega tendencias y clasifica en tres categorías: físicas, digitales y biológicas.

Dentro de las físicas encontramos tres que son pertinentes para el estudio que plantea este trabajo: impresión 3d, robótica avanzada y desarrollo de nuevos materiales. Estas tres manifestaciones de la mega tendencia física se ven reflejadas en el desarrollo de técnicas de fabricación digital que actualmente penetran en todos los aspectos de la industria, así como también en el diseño, la arquitectura y la construcción.

En ese mismo sentido, una concepción que es imposible dejar fuera de esto es la propuesta por Neil Gershenfeld (2012), del MIT:

*“A new digital revolution is coming, this time in fabrication. It draws on the same insights that led to the earlier digitizations of communication and computation, but now what is being programmed is the physical world rather than the virtual one.”*

Aunque, según el mismo autor, la fabricación digital tiene sus raíces en el año 1952, con la primera máquina de corte CNC (control numérico computarizado), la idea de que la informática no solamente se podrá experimentar en el mundo de lo digital sino que atraviesa la barrera hacia el mundo físico aparece como otra particularidad exclusiva de este nuevo contexto de cambios. Esto se debe al desarrollo, a fines del siglo



▶▶  
Imágenes\_  
05/06

Arquitectura  
ensamblada  
mediante  
brazos robóticos

XX, de una nueva concepción en la producción: la fabricación aditiva, que, a diferencia del CNC, no genera restos de materiales, es más eficiente y puede producir casi cualquier producto. En este sentido, hay por lo menos tres cuestiones pertinentes para abordar las transformaciones que, desde el punto de vista de la cuarta revolución industrial, presentan un mayor potencial de impacto en la arquitectura.

En primer lugar, la impresión 3D, el ejemplo más claro de fabricación aditiva es presentada por Schwab (2016) como lo contrario a la fabricación sustractiva, el paradigma productivo en el que se fabricaron la gran mayoría de las cosas en la historia de la humanidad. El futuro de la impresión 3D parece ser ilimitado, con un crecimiento exponencial que se ve reflejado en la constante aparición de novedades como la impresión de tejidos vivos, órganos para animales o humanos y alimentos.

En segundo lugar, la robótica aparece como otra de las manifestaciones físicas de la presente revolución. La aplicación y uso de robots se extiende, según Schwab (2016), a una amplia serie de tareas. En cuanto a fabricación digital, el uso de robots forma parte de variadas experimentaciones, como las investigaciones de Gramazio y Kohler del ETH Zurich, que, según Iwamoto (2009) han realizado avances significativos en la revolución de la construcción asistida por computadora, principalmente en el montaje de unidades para generar cerramientos tridimensionales. Para la autora, si bien la estrategia de adoptar una tecnología de una industria de fabricación avanzada es la base de fabricación digital en arquitectura, esto no menosprecia la creatividad

con la que estos investigadores han logrado aplicar la tecnología.

En tercer lugar, el desarrollo de nuevos materiales aparece como otra expresión pertinente de los cambios productivos de la cuarta revolución industrial y de la fabricación digital aplicada a la arquitectura. En este sentido, el desarrollo de materiales más eficientes para los nuevos modos de producción, tales como polímeros para impresión 3d, hormigones que son capaces de regenerarse o adaptarse a nuevos moldes y mampuestos con mejor desempeño para ser manipulados por robots. Las mejoras en las prestaciones implican, entre otras cosas; menores costos, menor impacto ambiental y mayores posibilidades de reutilización o adaptación. Existe, además, una tendencia hacia la creación de los llamados materiales inteligentes, que surgen como promesa de incipientes futuros materiales.

*“La fabricación digital toma así relevancia, incorporando diferentes técnicas, impulsando el desarrollo de nuevos materiales y contribuyendo a que inevitablemente se estén llevando adelante revoluciones productivas a cualquier escala, alcanzando a todos los bienes y servicios comerciales conocidos”*(Gershenfeld, 2012).

Habiendo descrito ciertos aspectos del contexto tecnológico contemporáneo, pertinentes para este trabajo, resulta fundamental introducir también la importancia del estudio de los procesos artesanales y las sinergias entre ambos, aspecto sobre el que se profundizará a lo largo de este trabajo.

Las implicancias de la artesanía en la fabricación digital radican en el entendimiento y la aplicación de procesos de retroalimentación

entre el diseño y la construcción, que finalmente reducen o eliminan la existencia de un salto entre etapas, consiguiendo una fluidez enriquecedora (Iwamoto, 2009). Para Aish (2005), la fabricación controlada digitalmente significa que el diseñador está tan cerca de la materialización como en el proceso artesanal original, pero con precisión y control lo que conlleva la capacidad de explorar la variación de modos inimaginables.

De un modo similar, Speaks (2002), llama a esto Design Intelligence, un concepto al que describe como un conocimiento o inteligencia creativa que parte del hacer. Para el autor, los límites entre pensar y crear, diseñar y fabricar y el salto entre prototipo y producto final se vuelven interactivos y forman parte de medios de innovación no lineales.

En este contexto, la arquitectura como disciplina que navega entre los mundos del pensamiento, el diseño y la concreción material no está por fuera de estas reflexiones. La cuarta revolución industrial y en particular la incursión de lo digital en el diseño y la fabricación tocan las fibras más íntimas de la disciplina, ocasionando, como se verá a lo largo de este trabajo, cambios fundamentales, nuevas proyecciones a futuros e innovadoras potencialidades.

En este punto, conviene establecer desde qué lugar se para este trabajo para realizar un estudio de las temáticas presentadas.

Actualmente, a veinte años de haber comenzado el siglo XXI, nos encontramos en un punto en que la existencia de los cambios fundamentales que estamos viviendo es innegable. El desarrollo tecnológico crece exponencialmente y nos

encontramos en un momento en el que todo lo que se pueda estudiar, analizar o reflexionar sobre el tema es superado por la realidad en períodos de tiempo muy cortos.

Es así como las reflexiones sobre los impactos de la revolución digital, las formas en las que está cambiando el mundo y las percepciones sobre ésta hasta ahora han sido y seguirán siendo subjetivas, debido a la falta de perspectiva histórica. Esto es aún más válido en un contexto disciplinar como el arquitectónico, donde es evidente que la subjetividad está aún más presente que en otros.

Cuando comenzaron a darse los encuentros entre arquitectura y digitalización, primero desde la representación, luego desde el diseño y ahora desde la materialización, surgieron diversas voces. Existieron aquellos detractores, defensores nostálgicos de épocas anteriores, apocalípticos que anunciaban el fin de la arquitectura y demás. Por otro lado, aparecieron aquellos que se embanderaron con una causa a la que no solamente le vieron el potencial de revolucionar la disciplina, sino que evidenciaron que la digitalización en arquitectura, así como en cualquier aspecto de la vida humana, era inevitable.

Este trabajo se posiciona desde el segundo lugar, en defensa, si es que aún la necesita, de la tecnología como herramienta para el desarrollo de la humanidad y particularmente de la arquitectura. Una disciplina encargada del pensamiento, la reflexión, el diseño y el manejo de nuestro hábitat no puede negarse a evolucionar a la par de la humanidad, ni puede darse el lujo de no participar de los pujantes debates de nuestra propia época.

Habiendo establecido esto, cabe decir que el trabajo también tiene como raíz una defensa de lo humano como valor indispensable, a través del concepto de artesanía. Los procesos, las asociaciones, las relaciones y los valores humanos deben siempre ser considerados, aprehendidos y tenidos en cuenta a la hora de pensar, entender y desarrollar tecnologías, porque al fin y al cabo todo lo que como humanidad hemos creado es y será siempre para seres humanos.

## Objetivo general

Establecer una mirada descriptiva, analítica y propositiva que enmarque ciertos cambios en los modos de entender, aprender y llevar adelante los procesos de diseño y producción arquitectónica causados por la revolución digital en los últimos 15 años, tomando como punto de partida algunas dinámicas de intercambio con el mundo de la artesanía, con énfasis en la experiencia en América Latina.

## Objetivos particulares

- Explorar las particularidades de las interacciones entre artesano y objeto producido y estudiar la pertinencia de su aplicación en las dinámicas de diseño y fabricación digital.
- Proponer una modalidad de producción arquitectónica alternativa, que tenga en consideración los procesos integrales de fabricación además de los resultados.
- Seleccionar y estudiar casos que ejemplifiquen las reflexiones en torno a la artesanía digital en Latinoamérica.

## Metodología

El trabajo se desarrolla en tres partes. En cada una de ellas se utiliza la metodología pertinente según el enfoque.

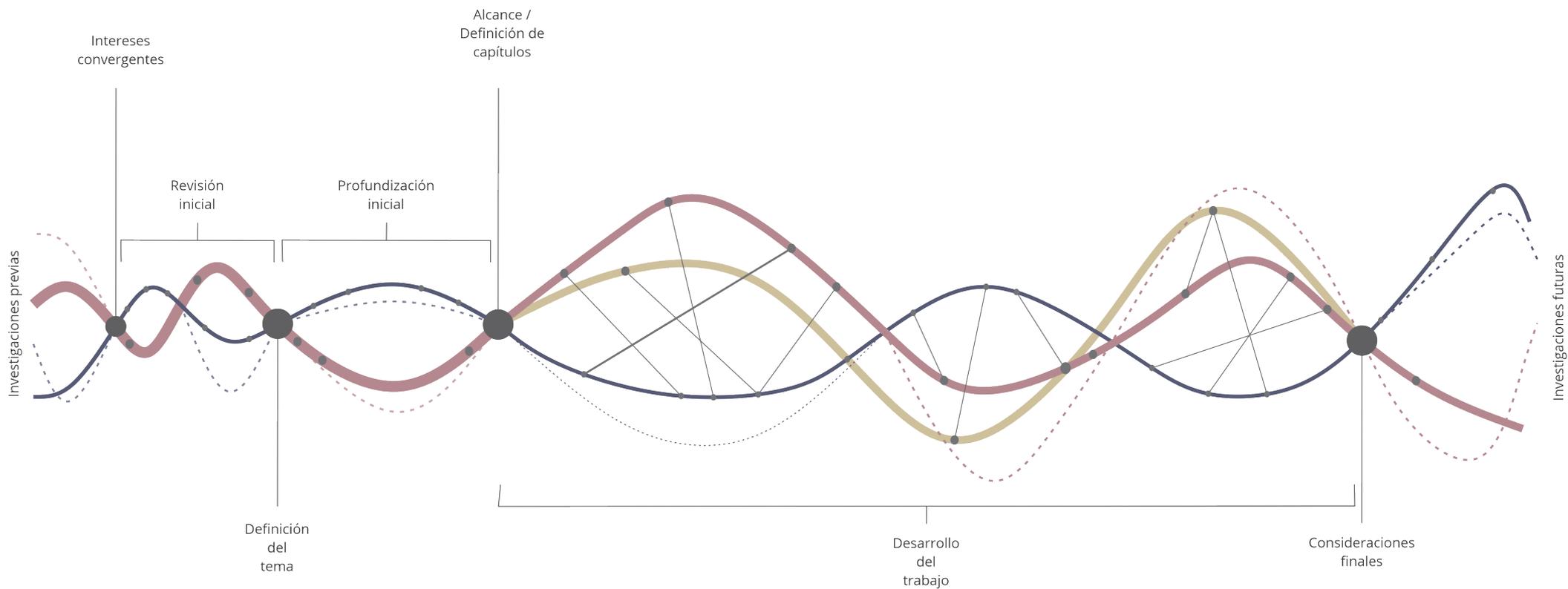
En la primera, se establece la conceptualización del término artesanía digital desde la que se abordará el trabajo, partiendo del diseño y la fabricación, principalmente a escala objetual y con énfasis en los procesos. Se explicitan allí las particularidades del concepto, la importancia de las sinergias entre la artesanía humana y la revolución digital y la pertinencia de los procesos para ambos mundos. Además, se establece la pertinencia de la temática para la generación de conocimiento, la conservación de tradiciones y la innovación en arquitectura. En esta parte la metodología está dada por una revisión bibliográfica de publicaciones, relevantes para la temática.

En la segunda, se estudian los posibles cambios de modalidades productivas en la arquitectura, basándose en criterios establecidos en la primera parte. Se propone una alternativa a la industrialización convencional, a la que se llama industrialización artesanal. Se realiza una breve exposición de las técnicas de fabricación digital, así como reflexiones sobre el contexto productivo actual y futuro. En esta parte se presentan, además, algunas experiencias que buscan ejemplificar las perspectivas y propuestas descritas. Se realiza una revisión de publicaciones de autores expertos en la temática, una búsqueda y selección de ejemplos, elaborándose análisis y propuestas en base a ellos.

En la tercera parte, se hace foco

en la experiencia latinoamericana. Se analiza brevemente el caso de implantación del laboratorio de un FabLab en Montevideo, presentando los avatares de su concepción, desarrollo y trabajo actuales, sus perspectivas y limitaciones, y algunas comparaciones con otro laboratorio de la región, el FabLab Lima. Se presentan ejemplos y se estudian casos de aplicación práctica de los conceptos descritos anteriormente y se establecen posibles líneas de acción y trabajo futuras, valorizando las características propias de la región como potenciales herramientas de desarrollo sostenible, para una revolución digital al Sur. Se establece además la pertinencia de la codificación de procesos artesanales en la región para su valoración y conservación, así como los modos en los que esta intersección de lo humano con lo digital abre nuevos caminos para la innovación y la concepción del diseño y la fabricación, desde la escala objetual a la edilicia. Para esta parte, se realiza una búsqueda de publicaciones y recuentos de experiencias, así como una revisión bibliográfica de autores que hayan estado o se encuentren trabajando la temática en la región. Además, se realizan entrevistas a Paulo Pereyra (Uruguay), Pablo C. Herrera (Perú), Rodrigo Scheeren (Brasil) y Federico Lagomarsino (Uruguay), arquitectos e investigadores que trabajan con artesanía y fabricación digital en Latinoamérica.

Por último, se establecen algunas consideraciones finales y apuntes para posibles investigaciones futuras.



Referencias

- Elaboración propia
- Entrevistas externas
- Revisión bibliográfica

# Artesanía y digital

2. Hace referencia a León Battista Alberti

En esta primera parte se introducen algunas consideraciones que pretenden contextualizar los análisis y estudios posteriores, principalmente en cuanto a posturas y conceptos. Se intenta, además, establecer la importancia de hablar de artesanía digital como una concepción relevante en el marco de las intersecciones entre la arquitectura y diseño y fabricación digital.

## Antecedentes

Cardoso (2009), plantea que la automatización del diseño es un tema importante de discusión, ya que revela ciertos aspectos asociados a la creatividad y a los órdenes sociales de los que emerge. El autor escribe que en 1966 el profesor del MIT, Stephen Coons estableció en una audiencia de diseñadores y artistas, en el contexto del desarrollo de la fabricación digital: *“At last [the artist] will have the perfect slaves that are to perform the dirty work of dealing with materiales, while he [sic] concentrates fully [on] the creative act.”* Para el especialista, esta visión representa una profunda tradición occidental en la que la mente se encuentra por encima de la materia.

En el mismo sentido, Mario

Carpo (2017) establece que la arquitectura ha estado ligada a la concepción *albertiana*<sup>2</sup> de Lineamenta y Structura, las cuales representan por un lado la idea del arquitecto y por otra la construcción material, separadas como si una estuviese por encima de la otra.

Estas concepciones en las que la mente está por encima del mundo material han implicado que, históricamente, el trabajo manual se relegara a la fuerza de empleo menos educada, más intuitiva y menos ilustrada y que el mundo de las ideas y la creatividad se concibieran solamente a través de la formación académica y la elevación de la mente.

De este modo, la artesanía se ha convertido, a lo largo de la historia, en un concepto antagónico al desarrollo tecnológico. Después de la primera revolución industrial, la aceleración de la producción en masa comenzó a provocar una esperada disminución del trabajo del artesano, conquistando la industria cada vez más productos que se podían fabricar mejor y más rápido. Esto sucedió durante siglos y los artesanos fueron relegados a las regiones más pobres de los países y del planeta o tuvieron que reinventarse de algún modo.

Sin embargo, la artesanía como tal surge como consecuencia de los procesos de industrialización, ya que previamente no existía valor agregado en los objetos fabricados manualmente porque estos eran la norma (Hughes, 2012). La valoración de la tradición, imperfección y personalidad de la producción artesanal se ve descubierta solo después de la aparición de la industria.

En su libro *El artesano*, Sennet (2009) establece que los artesanos se encuentran estrechamente relacionados a una conexión entre la mano y la cabeza. El autor explica así que los procesos artesanales comienzan a través de un diálogo entre la práctica y el pensamiento, que luego evoluciona hasta ser hábitos, los encargados del descubrimiento y la solución de problemas. Esta descripción del proceso es clave para entender la artesanía y la importancia de su análisis para los procesos creativos. Otra particularidad específica del artesano, según el autor, radica en su estrecha conciencia de los materiales, concepción muy pertinente también para la arquitectura y los arquitectos.

Para Sennett (2009), los artesanos contemporáneos incluyen a una gran cantidad de personas que realizan diversas actividades, resaltando que la palabra artesanía *“designa un impulso humano duradero y básico, el deseo de realizar bien una tarea, sin más.”* De este modo, la artesanía abarca a una larga lista de personas que divagan entre la habilidad, el compromiso y el juicio.

El autor también propone dos argumentos que hacen referencia a cómo se desarrolla la destreza de un artesano. En primer lugar, habla de un desarrollo desde lo corporal y físico, un conocimiento que se obtiene a partir de una experimentación

sensorial, principalmente a través del tacto. En segundo lugar, establece que el conocimiento de la técnica está fuertemente ligado con la imaginación. Refiere a que la aprehensión de una técnica se da a través de la creatividad para enfrentar los desafíos que se plantean al embarcarse en la tarea de realizar una actividad.

Por otro lado, también discute la ética de la artesanía, en cuanto esta es un modo de hacer las cosas de la mejor manera posible, muchas veces navegando entre las soluciones de problemas y el descubrimiento de nuevos problemas.

Con todo esto, Sennett (2009) explicita que la observación y análisis del trabajo del artesano es importante para trabajar en la realidad material. Al contrario que plantean autores comentados previamente, aquí se puede encontrar una valoración del trabajo artesanal a través de la mirada a los procesos que se llevan adelante para *“usar herramientas, organizar movimientos corporales y reflexionar acerca de los materiales, que siguen siendo propuestas alternativas viables acerca de cómo conducir la vida con habilidad”*.

De este modo, se introducen varios aspectos del trabajo artesanal que resultan pertinentes para este trabajo, con potencial de ser considerados como recursos a incorporar en los procesos de retroalimentación entre el diseño y la fabricación digital.

## Contexto actual

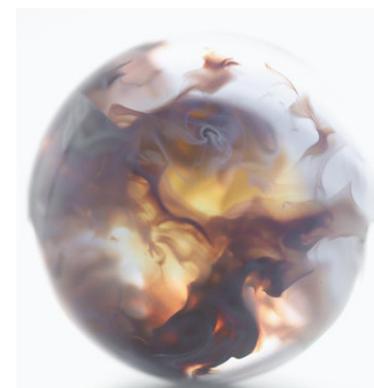
Actualmente, se asiste a una revitalización del concepto de artesano, aun cuando el movimiento artesanal ha tenido una larga historia

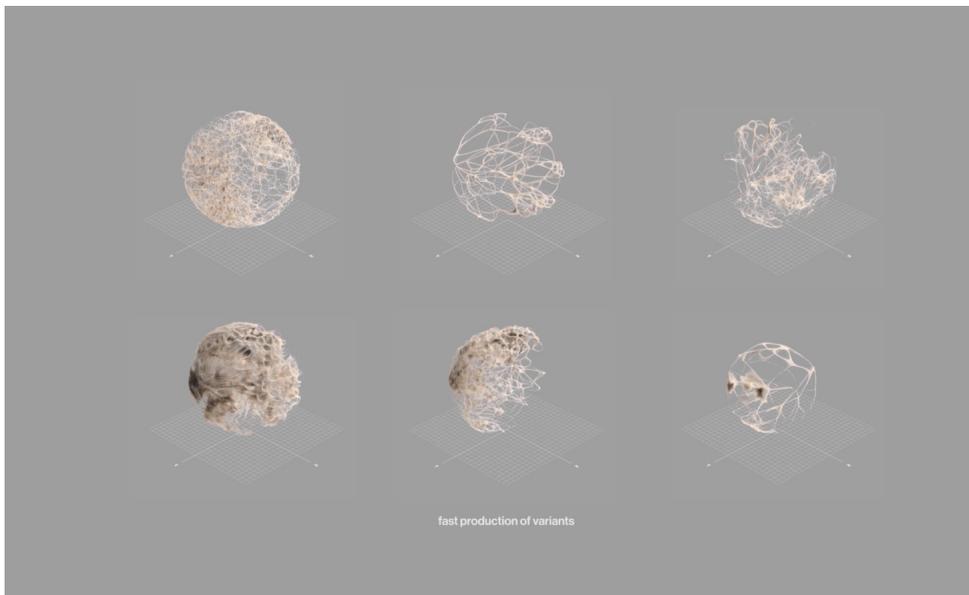
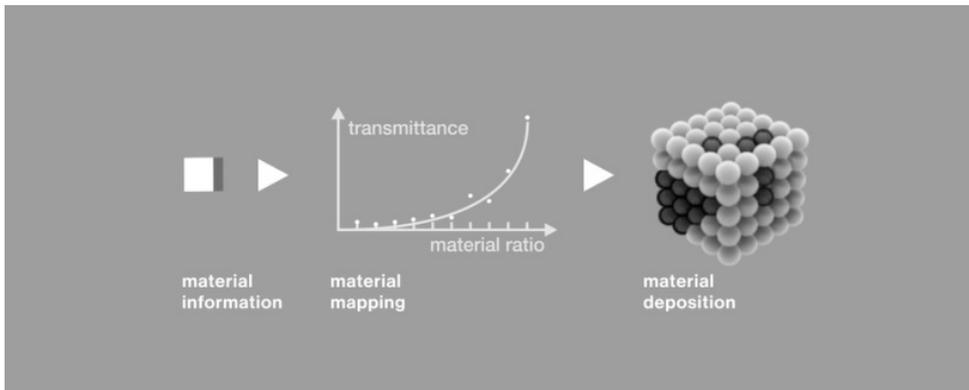
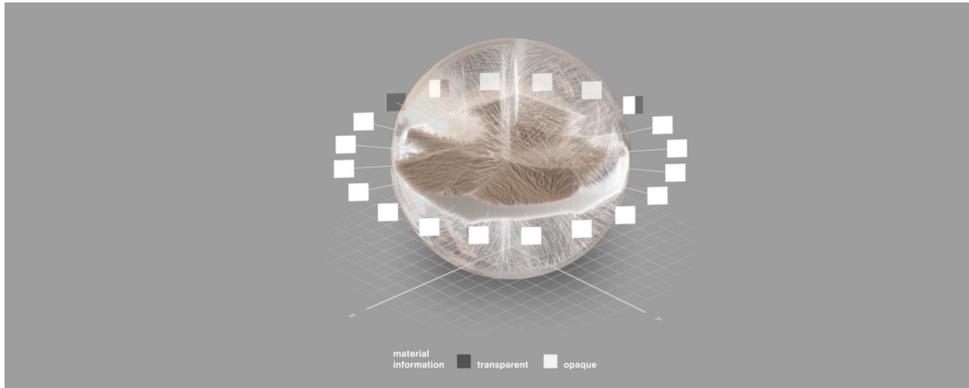
▶▶▶  
**Imágenes\_**  
**07/08/09**  
 Esferas  
 impresas en 3D  
 mediante DDMM

de compromiso con cuestiones ambientales y éticas (Hughes, 2012). Se toma como artesanía a aquellos objetos diseñados y fabricados manualmente, sin intervención mayoritaria de herramientas digitales. Es así que cuando las cuestiones ambientales tomaron más relevancia, durante el siglo XX, surgieron variados movimientos de reivindicación de la artesanía, principalmente debido a una mayor conciencia del concepto de sustentabilidad y del rol que la artesanía puede tener en un sistema capitalista en el que, en general, la humanidad se encuentra alienada de los procesos materiales de producción. La artesanía, de este modo, contribuye así, según Hughes (2012) tanto al debate como a la formación de un futuro sostenible.

Sennett (2009) habla también de la artesanía como una salida a las problemáticas ambientales contemporáneas, pero hace hincapié en la necesidad de abordar el problema más integralmente, que implique cambiar la manera en la que producimos y consumimos. En este sentido, Hughes (2012) ejemplifica la contrariedad entre trabajo artesanal e industrial mediante los tableros de partículas de madera. La industria encontró que era difícil trabajar con la madera, ya que ninguna pieza era igual a otra y por lo tanto los procesos no podrían masificarse, con lo que se crearon tableros fabricados mediante partículas de madera aglomerada, con los cuales se volvió más fácil y barato trabajar industrialmente. Este paradigma de producción y consumo es el que los movimientos artesanales buscan cuestionar, generando una reflexión de un futuro sostenible.

*“Por otro lado, la aparición y el desarrollo de las técnicas de fabricación digital han generado*





### Imágenes\_10/11/12

Proceso de modelado mediante DDMM

*procesos de diseño y producción que implican menos residuos, mayor potencial de personalización e incluso la capacidad para reconvertir el cien por ciento de los objetos producidos”* (Gershenfeld, 2012).

En arquitectura, el modelo *albertiano* ha sido por siglos el enseñado, aplicado y perfeccionado. Si evaluamos el trabajo del arquitecto, en general encontramos que se encuentra en el mundo de las ideas, del dibujo, de la dirección. La figura del arquitecto se encuentra lejana a los materiales, a la materia en sí misma, acercándose solamente a través de los mínimos conocimientos necesarios para proyectar y crear con ella, pero, en general, pocas veces para construir. Aunque a lo largo de la historia ha habido maestros de la arquitectura reivindicando la importancia de la materia no solamente como medio para concretar las ideas sino también como inspiración o alimento de la creatividad, la norma suele ser lo contrario.

Tal como plantea Cardoso (2009), la concepción de Coons sobre la tecnología como un medio para liberarse del indeseable trabajo de lidiar con lo matérico, ha sido demostrada completamente contraria a los procesos que se propiciaron con el desarrollo tecnológico. Cuánto más y mejor se volvieron las máquinas para fabricar digitalmente, más y mejor se volvió la relación entre el diseñador y el mundo material, provocando un acercamiento similar al del artesano con su producto y una retroalimentación asimilable a los procesos manuales de construcción o fabricación.

También para Carpo (2017), las tecnologías de diseño y fabricación digital han llegado para desdibujar ese límite entre mente y materia,

provocando una disrupción en el modelo *albertiano*. Para el autor, esto implica que la geometría puede volver a ser una herramienta de fabricación y no solamente de proyecto, superando la idea de ser capaces de construir solamente aquello que podemos medir o dibujar. Esto implica un gran cambio en los modos de interpretar a los objetos a nuestro alrededor, principalmente desde el punto de vista del diseño o la arquitectura. Según el autor, durante siglos confiamos más en las representaciones bidimensionales de los objetos que en ellos mismos, ya que era sobre lo que teníamos el control. Sin embargo, la incursión de lo digital y de la fabricación controlada por computadora hace que nos encontremos en el cambio de lo visual a lo táctil, un cambio histórico del orden del que se llevó adelante en el renacimiento cuando nos transformamos de diseñadores verbales a visuales. Durante el segundo giro digital, establecido por el autor, nos encontramos en el renacimiento digital, de la mano de la tercera dimensión, lo que tiene consecuencias históricas para la arquitectura.

Para Picon (2017), una cuestión que está en la raíz de las implicancias de lo digital en la arquitectura es la concepción desde la información. Esto hace que la arquitectura se pueda pensar más como una acción que como algo estático. Los intercambios dinámicos entre concepción, representación, fabricación y concreción hacen que las bases de la disciplina se vean transformadas y, según el autor, una nueva idea de lo material y productivo tiene que ver con ello.

Es así que la arquitectura en el entorno de la fabricación digital se encuentra actualmente en un contexto de transformaciones que,

para varios autores, implica cambios trascendentes. Para Ortega (2009), la incursión de lo digital ha generado cambios en la jerarquía de las prioridades de los arquitectos y ello ha provocado una reconceptualización en el marco en el que se llevan adelante las reflexiones y las discusiones. En este contexto, analizar y entender los procesos mediante los que se piensa, proyecta y fabrica arquitectura posibilita la transferencia de otros procesos que están también relacionados con la fabricación, como los artesanales.

## Pertinencia y proyecciones

En el marco descrito anteriormente, las investigaciones en fabricación digital llevaron a que la fabricación tomara un lugar más relevante en los procesos de ideación y diseño, en un modelo de retroalimentación constante.

Neri Oxman (2007) acuña el término Digital Craft o Artesanía Digital, para describir aquellos procesos en los que el diseño es informado por la fabricación, en oposición a ser simplemente formado por ésta. A partir de esto se han desarrollado investigaciones que se centran en el desarrollo del concepto, buscando que la retroalimentación de información entre diseño y fabricación se genere digitalmente.

Un ejemplo de avanzada para estas investigaciones es un proyecto desarrollado por Oxman y su equipo llamado DDMM (Modelado de materiales basado en datos). El proyecto se centra en la fabricación de objetos mediante una generación dinámica que tiene en cuenta las características propias del material. Según la web<sup>3</sup> de la investigadora:

*“DDMM (Data-Driven Material Modeling) combines generative modelling methods with high-resolution multi-material 3D printing. This generative approach is*

3. [www.oxman.com/projects/data-driven-material-modeling](http://www.oxman.com/projects/data-driven-material-modeling)

### Imagen\_13

Red celular basada en Chitosan. El color indica variaciones de propiedades físicas

### Imagen\_14

Proyecto Aguahoja I



*controlled using existing or dynamic data-sets to drive the simultaneous generation of geometry and material information. For the generation of continuous material distributions, the generative methods are evaluated during slice generation, thereby enabling the production of voxel-matrices describing material property variations at the 3D printer's native resolution.”*

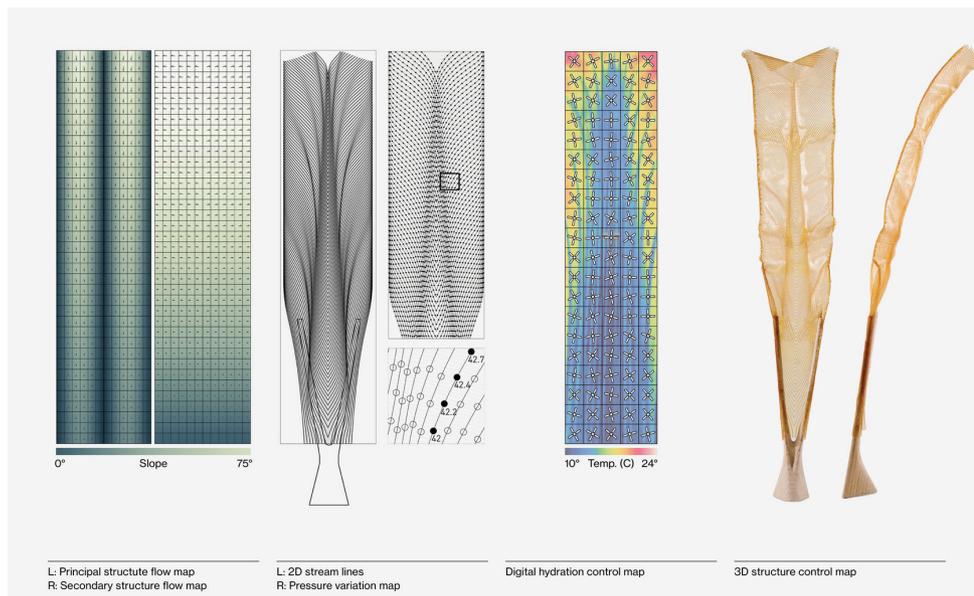
El proyecto ejemplifica cómo se pueden replicar las relaciones entre el artesano y su objeto material durante la fabricación, a través del uso de datos e información digital.

En otra línea de investigación, a partir del año 2009, la artesanía asociada a lo digital se estudió en las conferencias llamadas Making Futures. Ferris (2013) plantea que la tendencia marca dos tipos de usuarios: uno especializado y otro no especializado. El primero, asociado al movimiento conocido como *Maker*<sup>4</sup>. El segundo, más relacionado al mundo autodidacta, de proyectos tipo *Do It Yourself*<sup>5</sup>. De los segundos vale destacar su asociación con organizaciones y causas locales, compromiso con el ambiente y con la simpleza material, y ligados principalmente al mundo de la artesanía.

A diferencia del diseño que es de formación universitaria o el arte de formación académica, la artesanía es de formación empírica (Acha, 2009) y para Herrera (2016) la fabricación digital supera estas diferencias ya que el artista o diseñador se puede apropiar de las tradiciones aprendiendo de los procesos del artesano.

Este cambio en el modo de ver los proyectos está basado en el estudio de la cercanía del artesano con su producto y en el enfoque en los procesos además de en los resultados.





Imagen\_15

Variaciones del patrón estructural

Speaks (2002) establece: *“Making becomes knowledge or intelligent creation. In this way of thinking and doing, design and fabrication, and prototype and final design become blurred, interactive, and part of a non-linear means of innovation.”*

Es una concepción diferente del diseño y de la fabricación, unificando todos los procesos como uno, no lineal e interactivo en el que se diseña mientras se fabrica y se fabrica mientras se diseña. Todo esto resultando en logros en innovación formal, visual y material (Iwamoto, 2009). Conviene entonces hablar de algunos de los aspectos fundamentales de este acercamiento.

En primer lugar, permite que

los límites entre los procesos de diseño y fabricación se vuelvan difusos e incluso de esfumen. Esto implica que existe un potencial de cruzamiento e intercambio de información, de datos a objetos y de objetos a datos. En el mundo de la información en el que vivimos, esta cuestión aparece como definitoria para producir diseños y objetos con un máximo de eficiencia para la función que cumplen. Para Oxman (2010), la materialidad en la que un objeto de la naturaleza está construido tiene mucho que ver con su comportamiento, y, por lo tanto, su fabricación es también parte de su diseño. Para la autora, la naturaleza, así como un artesano, toma información durante los procesos de diseño y fabricación para perfeccionar

4. Movimiento cultural que abarca actividades orientadas a la electrónica, el arte y las artesanías

5. Práctica de la fabricación o reparación de objetos por uno mismo, relacionado a cuestiones económicas, sociales o ambientales.

6. [www.oxman.com/projects/aguahoja](http://www.oxman.com/projects/aguahoja)

7. [www.kokkugia.com/SITUATED-FABRICATIONS](http://www.kokkugia.com/SITUATED-FABRICATIONS)

sus productos.

En este sentido, Oxman y sus colegas del MIT Media Lab han trabajado en varios proyectos que, a través del estudio de los procesos artesanales de la naturaleza, generan objetos fabricados con tecnología digital pero que, como establece la autora, no consumen a la naturaleza sino que la aumentan. Un proyecto que ejemplifica también este entrecruzamiento de datos entre lo físico y lo digital es Aguahoja I, en el que se toman datos del mundo físico para modelar estructuras que luego se fabrican con biopolímeros y que emulan las condiciones de diseño y fabricación de la naturaleza. Se encuentra otra vez una fuerte focalización en los procesos de intercambio y retroalimentación de información. Según la web<sup>6</sup> de Oxman:

*“In Aguahoja I we focused on the development of a robotic platform for 3D printing biomaterials. We showed that shape and material composition can be directly informed by physical properties (stiffness and opacity), environmental conditions (load, temperature, and relative humidity), and fabrication constraints (degrees-of-freedom, arm speed, and nozzle pressure). Each structure in the collection contains a unique combination of organic materials whose allocation, texture and distribution within the final object are computationally driven and additively manufactured in high resolution. This enables control over specific physical properties and environmental adaptation to changing weather conditions.”*

La investigación demuestra que es posible replicar por lo menos uno de los procesos que Sennett (2009) describe como intrínsecos a la artesanía, el de aprendizaje a través

de la interacción sensorial con lo matérico. Aunque estos algoritmos no tienen capacidades sensoriales por sí mismos, la posibilidad de transformación de datos de la realidad en digitales logra que sea posible tomar decisiones de fabricación guiadas por la materia. En este caso, las condiciones de presión, velocidad y temperatura de impresión son particulares para cada comportamiento que se espera del material, y eso se ve reflejado en los diámetros de las boquillas y movimiento de los brazos robóticos.

Otro ejemplo de esta cuestión es el proyecto denominado Situated Fabrications, del colectivo Kokkugia, mencionado anteriormente, que explora el diseño a través de métodos de fabricación generativos, que utilizan protocolos robóticos específicos para participar en comportamientos de detección y fabricación en tiempo real. Según la web<sup>7</sup> del colectivo, los robots encargados de la fabricación son capaces de negociar con la intención del diseño, la retroalimentación en tiempo real y los algoritmos que guían la fabricación. El proyecto ejemplifica cómo se pueden llevar adelante fabricaciones con control indirecto y guiadas puramente por algoritmos, mostrando además cómo se pueden concebir otros métodos de fabricación robótica que no son los convencionales.

En segundo lugar, el foco en los procesos más que en los resultados promueve el aprendizaje y optimización digital de esos procesos, que deviene en la generación de conocimiento. En este punto valen ciertos apuntes epistemológicos que expliquen la pertinencia de ello. Se busca, mediante un acercamiento al tema y la mirada de la Teoría del Actor-Red (ANT por sus siglas en inglés) entender las asociaciones que estimulan, posibilitan y llevan



▲  
Imagen\_16

Situated  
fabrications

adelante la creación de conocimiento a través de las sinergias entre la actividad artesanal y las tecnologías digitales. Esta teoría es una herramienta útil para describir los procesos por los cuales las invenciones y los sistemas tecnológicos complejos se experimentan, crean y materializan. También se plantea una visión de las intersecciones entre el conocimiento tácito y el conocimiento explícito, ambos pertinentes para este trabajo. Este breve análisis toma como base las ideas del filósofo francés Bruno Latour, planteadas en algunos de sus libros y artículos sobre estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS), quien es uno de los mayores exponentes de la ANT. El enfoque de este autor se elige, además, ya que

prioriza y se centra en el análisis de las relaciones y asociaciones entre actores que conforman una red.

Latour (2008) habla de sociología de las asociaciones. Esto es particularmente relevante si se pretende estudiar un concepto como la artesanía digital, en la que los actores son variados, de diferentes orígenes, interdisciplinarios y, sobre todo, no solamente humanos. Se toma también como base la teoría de gestión del conocimiento de Nonaka y Takeuchi (1995), ya que los autores estudian las diferentes conversiones que se pueden hacer entre conocimiento explícito y tácito y su pertinencia en la innovación tecnológica y creativa.

La ANT plantea como

fundamento que toda generación de conocimiento se da a través de las relaciones entre actores, definiendo a estos como cualquier entidad que tenga intervención en ese proceso. En relación con lo anterior, Latour escribe en 1988 un artículo<sup>8</sup> en el que plantea que estudiar las relaciones sociales sin lo no humano es imposible. Esta visión deja sin validez anteriores ideas de que los objetos y la tecnología son meros instrumentos para una acción puramente humana, sino que plantea una integración. Esta aproximación holística posibilita un estudio de escenarios complejos y de asociaciones dinámicas, que ayudan a un acercamiento fructífero a la hora de entender ideas emergentes en las diversas disciplinas del conocimiento.

Por otra parte, la teoría de Nonaka y Takeuchi plantea que se pueden distinguir dos ámbitos del conocimiento, el explícito y el tácito. El primero es aquel conocimiento que puede expresarse a través de un lenguaje entendible por cualquier persona y que puede ser así transmitido, ya sea a través de expresiones matemáticas, datos, instrucciones, etc. El segundo es aquel conocimiento que está más relacionado con la experiencia de cada individuo, que se aprende e incorpora de diferentes modos y que está, de algún modo, más relacionado a lo subjetivo. En este sentido, es evidente que en una visión de los procesos artesanales y su aplicación a la fabricación digital resulta muy pertinente entender las sinergias entre ambos conocimientos. Los autores plantean su teoría dentro del ambiente de las organizaciones empresariales y estudian cómo se da la gestión del conocimiento en ese ámbito, pero es posible aplicarlo a algunos aspectos particulares planteados por este trabajo.

8. Bajo el pseudónimo Jim Jhonson

El primer apunte es que en el caso del diseño y la fabricación digital, puede plantearse que se da un proceso al que Latour (2001) llama *cajanegrización*:

*“..el camino mediante el cual el trabajo científico o técnico se vuelve invisible a causa de su propio éxito. Cuando una máquina funciona eficientemente o un hecho está establecido con firmeza, uno sólo necesita concentrarse en los beneficios que genere y no es su complejidad interior.”*

Para un usuario externo, por ejemplo, un estudiante de una universidad, el proceso mediante el cual su diseño digital se convierte en una maqueta a escala impresa en 3D está en general por fuera de su alcance. El autor plantea que para que se lleve a cabo una transferencia efectiva del conocimiento los actores deben poder acceder a esas cajas negras para ver aquellos procesos ocultos. En este punto, el proceso anterior al planteado por Latour es el que los autores Nonaka y Takeuchi (1995) denominan interiorización, la transferencia de conocimiento explícito a conocimiento tácito. Algunos de los procesos llevados adelante en el diseño y fabricación digital, como el modelado 3D, se podría identificar como una interiorización de conocimientos referentes a geometría y matemática sin los cuales sería imposible realizar las operaciones de modelado.

También se puede rastrear la idea de simetría que plantea Latour (2001), que refieren a la equivalencia entre todos los actores dentro de las relaciones sociales y de conformación de saberes, tanto humanos como no humanos. En este sentido, la presencia de lo matérico y de tecnologías digitales, habilita a plantearse cuáles

son sus aportes a las investigaciones, no sólo como herramientas o materias primas sino también como actores en la red de generación de conocimiento. La simetría se puede encontrar en todas las líneas de investigación de la temática, y es importante tenerla en cuenta a la hora de planificar, proyectar y estudiar los trabajos asociados a ella.

La última consideración pertinente a la hora de este estudio de la relación del artesano con su producto y en el enfoque en los procesos es la posibilidad de codificarlos. Herrera (2020) plantea que en la actualidad la única manera de asegurar la conservación de un proceso es su transformación en código informático. De este modo, si un proceso es transformado en código puede ser replicado aun cuando las tradiciones artesanales se encuentren amenazadas o se pierdan por transformaciones sociales, culturales, económicas. Esto implica el poder conservar por lo menos algunas de las características de identidad artesanal de comunidades vulnerables, tradiciones que de otro modo se perderían, pero también implica el poder reformularlas, adaptarlas y convertirlas de manera de que puedan seguir siendo parte de esa comunidad, acompañando sus propias transformaciones. En este punto es válido establecer que lo que se plantea es un ciclo de conversión del conocimiento, establecido por Nonaka y Takeuchi (1995), en el que el conocimiento tácito y el explícito se transforman uno en el otro y viceversa, generando nuevas formas de conocimiento y provocando un ambiente propicio para la innovación creativa.

Esto, además, no es solamente relevante para la artesanía sino

también lo es para otras disciplinas del diseño, particularmente la arquitectura. La posibilidad de codificar procesos permite concebir a los proyectos desde un punto de vista más cercano al pensamiento computacional, en el que existen pasos a seguir y variables que son modificables para que los resultados sean acordes a ellas. Las implicancias de esto radican en la capacidad actual de medir datos de la realidad y transformarlos en variables que nutran el código, resultando en que el proceso sea lo más adecuado posible para cada problema a resolver.

En este sentido, Herrera (2020) establece que el uso de algoritmos desarrollados para detectar sentimientos en conversaciones telefónicas, textos e incluso grabaciones tomadas de espacios abiertos generan la posibilidad de contar con datos objetivos que provienen de expresiones subjetivas. Un ejemplo de esto es Amazon Comprehend<sup>9</sup>, un servicio que procesa lenguaje natural, utilizando inteligencia artificial y aprendizaje automático para extraer información objetiva de correos electrónicos, conversaciones, reseñas, redes sociales, etc. Un uso actual de esta tecnología es para analizar interacciones con los clientes de manera de entender qué factores impulsan sentimientos negativos o positivos y cómo mejorar un servicio. Sin embargo, el potencial es mayor para la arquitectura si se evalúan situaciones como la experiencia de usuarios en diferentes espacios, y se cargan esos datos como parte del proceso de proyecto, por ejemplo.

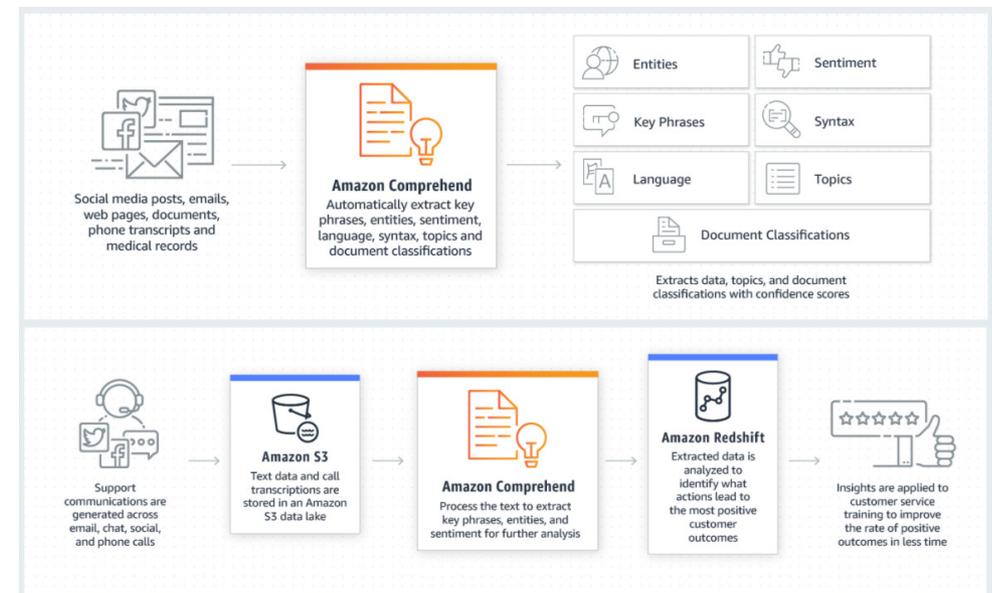
En síntesis, la artesanía digital conlleva varias implicancias que resultan pertinentes. Todas están relacionadas a la intersección de

9. <https://aws.amazon.com/es/comprehend/>

procesos humanos con tecnologías digitales y son replicables en todas las disciplinas del diseño y la construcción. Es, además, un punto de partida interesante para líneas de investigación asociadas a esas disciplinas, así como para la inclusión de la temática en la educación y formación de profesionales. Además, tiene también una impronta social y cultural, que se profundizarán en la tercera parte de este trabajo, vistas desde la región latinoamericana. Por último, el concepto presenta, por sobre todas las cosas, oportunidades de desarrollo futuro, con claras líneas de acción e investigación y con potenciales relevantes.

Imagen\_17

Esquema de funcionamiento de Amazon Comprehend



# Industrialización artesanal

En esta sección se estudian algunos cambios pertinentes a nivel productivo, profundizando en las técnicas de fabricación digital y en los modelos de producción alternativos que surgen de las mismas, focalizándose en arquitectura y la industria de la construcción. Se profundiza además en los aspectos fundamentales de un nuevo modelo productivo propuesto a partir ello.

Según Dunn (2012), la única manera de que los componentes constructivos fuesen económicamente viables durante el siglo XX era que fuesen *“geométricamente sencillos, y limitados tipológicamente”*. Sin embargo, para el autor, esto se ha transformado mediante los métodos de diseño y fabricación digital, gracias a los cuales la complejidad y unicidad de los componentes no es proporcional al costo o eficiencia del proceso de producción. Dicha característica, inherente a las técnicas de fabricación actuales, da mayores libertades de innovación a diseñadores, proyectistas y clientes y se denomina personalización masiva.

La no estandarización y la posibilidad de complejizar cualquier proyecto o componente constructivo son las dos características claves de los procesos productivos actuales

y futuros y se posicionan así como fundamentales para la innovación en arquitectura. Estos y otros conceptos asociados a las proyecciones del contexto productivo actual dan cuenta de los caminos a seguir tanto desde la concepción como desde la materialización de los proyectos arquitectónicos.

## Técnicas de fabricación digital

En este punto, parece pertinente llevar adelante una breve exposición de las diferentes técnicas de fabricación digital, así como una descripción y clasificación.

Para esto, se tomarán como punto de partida una clasificación establecida por la autora Lisa Iwamoto en su libro *Digital Fabrications: Architectural and Material Techniques* del año 2009, de gran aceptación por la comunidad académica especializada.

Para la autora, la fabricación digital se puede definir, básicamente, como un modo de construcción que utiliza datos provenientes de un archivo digital para controlar un proceso de fabricación. Esto se enmarca en el contexto de las

tecnologías de diseño y fabricación que se basan en herramientas controladas por computadora (CAD/CAM), para cortar, fabricar o montar piezas.

Se desarrolla a continuación un breve resumen de la clasificación propuesta por la autora y se ejemplifica a través de casos de estudio pertinentes para cada categoría, presentes en el mencionado libro.

La primera técnica presentada por la autora es el seccionado, que

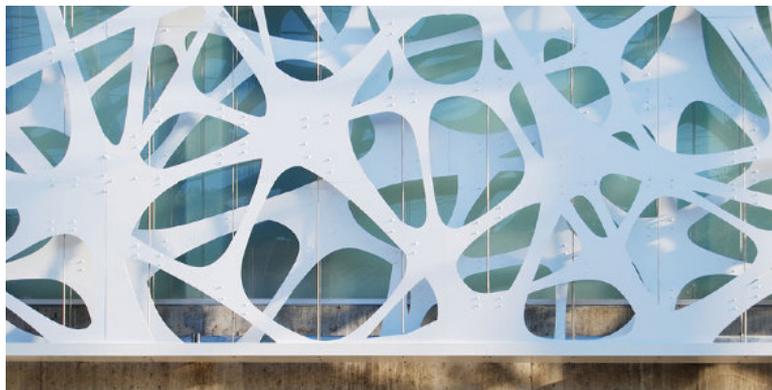
usa una serie de perfiles de sección para conformar la geometría tridimensional del objeto. Es decir, mediante el modelado tridimensional del objeto el software genera secciones paralelas a intervalos predeterminados entre sí, que luego se fabrican una a una como láminas prácticamente bidimensionales y se ensamblan, reconstruyendo las tres dimensiones. La técnica en sí no es exclusiva de la fabricación digital o de la arquitectura, y se usa desde décadas

▼▼  
**Imágenes\_18/19**

Seccionado /  
Loewy Bookshop

▼  
**Imagen\_20**

Mosaico  
/ Fachada  
Air Space Tokyo



▼▼  
**Imágenes\_21/22**

Plegado /  
Manifold screen

▼  
**Imagen\_23**

Contornado /  
The Bone Wall

antes para conformar objetos rígidos estructuralmente pero livianos como alas de aviones u objetos con formas complejas. La autora apunta como ejemplo de lo segundo a la cubierta de la capilla de Ronchamp de Le Corbusier, en la que el arquitecto logra una forma particular utilizando el seccionado como soporte para una cáscara de hormigón.

Más allá de sus usos con anterioridad, la capacidad actual de diseño digital ha llevado a

que la técnica se perfeccionara y posibilitara el desarrollo de una línea de diseño muy evocada a lo tectónico, que conjuga la simpleza material y estructural con la sinceridad constructiva mediante el uso de materiales convencionales de modos innovadores, lo que para Iwamoto permite a los proyectos trascender la linealidad entre lo digital y lo físico.

La segunda técnica es la de teselación o mosaico. Según la definición de la autora es una colección



de piezas que encajan sin huecos para formar un plano o superficie. Tampoco es una técnica que haya nacido con la fabricación digital, sino que se convierte y revitaliza, dejando de lado procesos manuales que requerían mucho tiempo y esfuerzo para pasar a procesos más dinámicos, efectivos y eficientes en el uso de todos los recursos.

La técnica aplicada al diseño y fabricación digital permite transformar a los mosaicos de superficies planas a superficies de simple o doble curvatura, posibilitando que estas sean fabricadas con piezas convencionales como mampuestos. Se generan así nuevas posibilidades de diseño y construcción mediante el uso de materiales económicos y de fácil acceso.

El plegado es la tercera técnica que la autora establece, consistiendo en convertir una superficie plana en tridimensional. Para Iwamoto el plegado es materialmente económico, visualmente atractivo, y eficaz a

múltiples escalas. No es sorprendente que los arquitectos hayan ampliado su uso en la era digital. La técnica es claramente una simple manipulación geométrica pero le aporta a un material laminar capacidades constructivas, estructurales y formales que no tenía en su configuración original.

Así, el plegado con su simpleza conceptual ha ingresado en los procesos de diseño y fabricación digital como una herramienta de diseño generativo, de análisis de comportamiento material, de proyecto estructural y de exploración formal y tectónica.

La cuarta técnica es el contornado. Consiste en darle relieve a materiales que convencionalmente son de dos dimensiones, como por ejemplo láminas o placas. Difiere del plegado porque en este caso lo que se realiza es un tallado en la superficie. Es una técnica que se usa en la arquitectura desde el comienzo de la historia, pero que se ha revitalizado mediante el uso de la fabricación



Imagen\_24

Forming / UniBodies

Técnica	Traducción	Proyecto	Autor	Descripción	Año
Sectioning	Seccionado	Loewy Bookshop	Jakob + Macfarlane	Mobiliario para biblioteca	2000
Tessellating	Mosaico	Fachada Airspace Tokyo	Faulders Studio & Proces2	Fachada	2007
Folding	Plegado	Manifold Screen	Matsys	Cerramiento experimental	2004
Contouring	Contornado	The Bone Wall	Joe MacDonald/ Urban A&O Architecture LLC	Cerramiento experimental	2006
Forming	Moldeado	UniBodies	Patterns	Componentes constructivos experimentales	2006

▲ Tabla\_01

Técnicas de fabricación digital y ejemplos

Elaboración propia

digital ya que esto ha superado la necesidad de un trabajo manual especializado, costoso y difícil de implementar en la contemporaneidad.

Esta es una de las técnicas que, según la autora, mayor impacto ha tenido en el desarrollo de la artesanía digital, promoviendo más y mejores herramientas, acceso a materiales y transferencia tecnológica hacia y desde los colectivos de artesanos.

La última técnica que la autora nos presenta en el libro es el forming, que se puede traducir como moldeado. Esta técnica es la que se usa para la gran mayoría de los objetos cotidianos fabricados en serie industrialmente. Incluso es la utilizada en la arquitectura con materiales tan comunes como el hormigón o en la fabricación de mampuestos. Sin embargo, su uso a través de herramientas digitales ha provocado la personalización infinita de piezas, con posibilidades de fabricación de moldes únicos, encastrables, intercambiables o reutilizables.

Según la autora, la formación (o moldeado) es un territorio rico para los arquitectos de hoy, ya que abarca una amplia gama de procesos industrializados estándar y se puede acoplar con numerosos materiales y métodos de fabricación analógicos y digitales.

Como se establece, las técnicas de fabricación digital son variadas y cada una de ellas presenta una amplia gama de posibilidades. En cuanto a la arquitectura, una disciplina que responde a sus métodos de concreción material en su propia esencia, el trabajo con estas técnicas implica diversos potenciales de innovación, que van desde la concepción del proyecto hasta su fabricación. Iwamoto (2009) plantea así que el diseño utiliza la fabricación digital y las técnicas matéricas como puentes, entre la concepción y la materialización del proyecto a cualquier escala. Relativo a esto, se plantea la pertinencia de las particularidades de los procesos productivos como una de las

consideraciones a tener en cuenta cuando se habla de fabricación digital en arquitectura.

## El contexto productivo

Se habla de la industrialización como el futuro de la arquitectura. Principalmente en el rubro de la construcción, las empresas y los arquitectos de obra entienden que, generalmente en países donde la mano de obra es cara, la tendencia es a construir con componentes provenientes de fábrica.

Sin embargo, considerando lo discutido anteriormente, no parece que sea tan esperable pensar que el diseño y la producción de arquitectura se adapte completamente a sistemas y componentes estandarizados. Aun cuando la tendencia de la industria de la construcción continúa siendo la aparición de sistemas constructivos modulares, panelizados, pre-fabricados o pre-ensamblados de dimensiones y materiales estándar, en el contexto productivo actual es de relevancia observar el comportamiento de otras industrias para establecer posibles proyecciones a futuro.

La fabricación digital permite que los objetos no sean solamente esbozados digitalmente sino que puedan construirse exactamente idénticos a su diseño digital. Esto, según Kolarevic y Pinto Duarte (2019), implica que los procesos de diseño y construcción de cualquier cosa pueden ser más directos y complejos ya que se realiza a través de información y datos que pueden ser extraídos, intercambiados y utilizados. Para Mario Carpo (2017), aunque las experimentaciones de arquitectos con tecnologías de fabricación digital

comenzaron en la década del 90, no fue hasta comenzado el siglo XXI que comenzó la incursión de éstas a escala notable. Esto fue dado por el perfeccionamiento de los scanners 3D y el advenimiento de la fabricación aditiva con la impresión 3D.

Según Carpo (2005), con la fabricación digital el paradigma de la producción mecánica se ve invertido para conformarse un nuevo paradigma productivo en el que la reproducción idéntica no abarata la reproducción. Para el autor, las bases de la reproducción idéntica y estandarizada dejarán de existir a manos de las posibilidades de personalización masiva. Así, una arquitectura no estándar está caracterizada no solo por su estética o morfología sino principalmente por cómo está hecha. Esa producción no estándar se define como la producción en serie de partes que no son idénticas, y esta serie se define en base al diferencial entre partes y no a la especificidad de cada uno de esos elementos.

Por otro lado, en términos generales, la disponibilidad y variedad de tecnologías asociadas a la fabricación digital ha generado que el costo de herramientas avanzadas y especializadas haya decrecido, lo que ha impactado en una rápida introducción de estas a las diferentes líneas de producción. Esto implica que los paradigmas de fabricación a nivel industrial estén cambiando, pasando de una producción seriada de productos idénticos entre sí por cuestiones económicas, a una producción con un alto grado de personalización a bajo costo.

La personalización en serie conlleva cambios en cómo se diseñan, fabrican, usan y ven los objetos arquitectónicos, así como

posiblemente en su valor de mercado, disponibilidad y accesibilidad. Para Carpo (2005), esto implica que los arquitectos tendrán que afrontar los retos que involucra un entorno no estándar.

Las capacidades actuales y futuras de la industria se pueden encasillar dentro de la idea de *massive customization*, que hace referencia a la posibilidad de variar las características de los productos de diversas maneras. Esto es posible gracias a los avances tecnológicos en la producción digital. Sin embargo, *mass customization*, el término al que generalmente se hará referencia en este texto, refiere a que las variaciones en los productos están dadas por las necesidades específicas de un contexto (Kolarevic y Pinto Duarte, 2019). Las particularidades de la serie se justifican entonces a través de requisitos establecidos por los usuarios o el ambiente y no solamente por la posibilidad técnica de llevarlos adelante.

Teniendo en cuenta que en el futuro la producción de bienes personalizados costará lo mismo que aquellos estándares y que estos serán óptimos para los requisitos que se les soliciten, bajo el modelo de *mass customization*, es esperable que la industria en general tienda a acoplarse a estos nuevos paradigmas productivos y de consumo. Según Kolarevic y Pinto Duarte (2019), en las últimas dos décadas casi todas las actividades económicas asociadas a los bienes y servicios han sido afectadas por el paradigma de *mass customization*.

En cuanto al proyecto arquitectónico, Iwamoto (2009), plantea que el hecho de que los procesos de creación, desde el diseño conceptual hasta la fabricación, estén regidos por el uso de medios digitales tiene el potencial de que el proyecto

se mueva fluidamente entre el diseño y la construcción. Esto implica que el rol de la fabricación o la construcción material del proyecto tenga un peso tan significativo para el proceso creativo como el diseño conceptual del mismo, algo que no pasaba desde la época en la que los edificios se proyectaban al mismo tiempo que se construían, antes del renacimiento.

Para Krygiel (2012), las tendencias muestran que los edificios se han vuelto más complejos de construir. Esto se explica porque necesitan más recursos tanto para ser construidos como para operar. Para que lo anterior no se traduzca directamente en altos costos, es esencial que la información juegue un papel importante desde la concepción hasta la construcción y la gestión de los edificios. Para el autor, la industria de la construcción debe manejar los recursos desde el manejo de información, para lograr procesos eficientes, limpios y al menor costo posible. Para ello, la incorporación de herramientas digitales es imprescindible tanto para un proyecto único como para una visión global de la industria, permitiendo más y mejores análisis de datos y generando masas críticas de información para posteriores comparativas, análisis y estudios. La incorporación de información como materia prima conforma así una de las claves futuras para la transformación de la industria de la construcción.

Los cambios en la industria conllevan entonces no solamente innovaciones en los procesos de ideación o fabricación de los proyectos de arquitectura, sino también en aquellos relacionados a la gestión. Al poder transformar los datos del diseño en datos de construcción, las bases del manejo, gestión y desarrollo

de los proyectos se transforman. El desempeño se vuelve más fácil de establecer, manejar y proyectar, desde los materiales hasta la totalidad del edificio, implicando también estudios de escala urbana o territorial.

Otra cuestión pertinente de las nuevas posibilidades productivas está dada por lo que algunos autores denominan la democratización del diseño. Para Kolarevic y Pinto Duarte (2019), la universalización de herramientas de diseño está implicada en el paradigma de mass customization e introduce reflexiones en cuanto a los derechos de autor, la funcionalidad y la estética de los objetos cotidianos a los que estamos acostumbrados. Según los autores, esta cuestión tiene implicaciones considerables en la industria de la construcción, considerando que las consecuencias de poder construir edificaciones diseñadas por usuarios no expertos pueden ser desafiantes para la disciplina arquitectónica. Las decisiones de proyecto tienen implicancias no solamente para la edificación, sino también en la escala urbana y territorial y las cuestiones inherentes a la responsabilidad técnica frente a un diseño se vuelven difusas.

En esta cuestión, Carpo (2017) establece que, aunque actualmente el modelo de mass customization ha tomado gran parte de la industria de producción de bienes y servicios, aún no se ha logrado un modelo de participación masiva de clientes y consumidores, menos aún en la arquitectura.

En este contexto, el presente y futuro de las industrias y particularmente de la producción en arquitectura estará dada por la capacidad de convertir las capacidades puramente técnicas de fabricar infinitas variantes de un

componente constructivo (massive customization) en la capacidad de establecer los requisitos y desempeños correctos de éste en su contexto (mass customization). De este modo, el objetivo central será hacer valer las capacidades tecnológicas en pro de funcionalidad y satisfacción óptimas. Para ello, es necesario superar los desafíos que los nuevos modelos productivos traen consigo, desde los tecnológicos hasta los culturales, entendiendo que el papel del arquitecto o diseñador se encuentra en un lugar definitorio y que la aprehensión y adaptación a éstos es mandatorio.

## Industrialización artesanal

Joseph Choma (2010), plantea que las tendencias de producción asociadas a la automatización y la optimización se ven amenazadas por un modelo alternativo. Ese modelo, según el autor, implica fabricaciones híbridas entre técnicas artesanales de manipulación material y fabricación digital. Para Carpo (2005), *“la reproducción diferencial de la era digital puede combinar las ventajas de la reproducción variable de la era artesanal con las de la producción en serie de la era mecánica, sin las desventajas de una y de otra.”*

Según Herrera y Juárez (2016), la fabricación digital permite crear productos personalizados, *“como un sistema artesanal, con las ventajas del sistema industrial en optimización de tiempos y costos”*. Los autores plantean que se pasa de un modelo de “consumidor (el que demanda) al prosumidor (el que consume pero personaliza su producción)”.

De esta manera, este trabajo propone una línea de futuro posible,

alentada por el contexto histórico de la cuarta revolución industrial y de una incipiente revaloración de los procesos artesanales, a la que se llama industrialización artesanal. Esto implicará que los arquitectos aprendan nuevos lenguajes dentro de los cuales desarrollar sus investigaciones proyectuales, espaciales o materiales. Implica, además, el uso de nuevas herramientas y un mayor involucramiento con procesos y posibilidades de la industria.

Este nuevo modelo, se caracteriza por llevar la fabricación digital a la industria de la construcción no bajo el modo de productos estandarizados sino en la forma de componentes únicos y cien por ciento eficientes para cada necesidad. Estos componentes constructivos serán personalizables no solo en su forma sino también en sus materiales o desempeños para requisitos previamente establecidos.

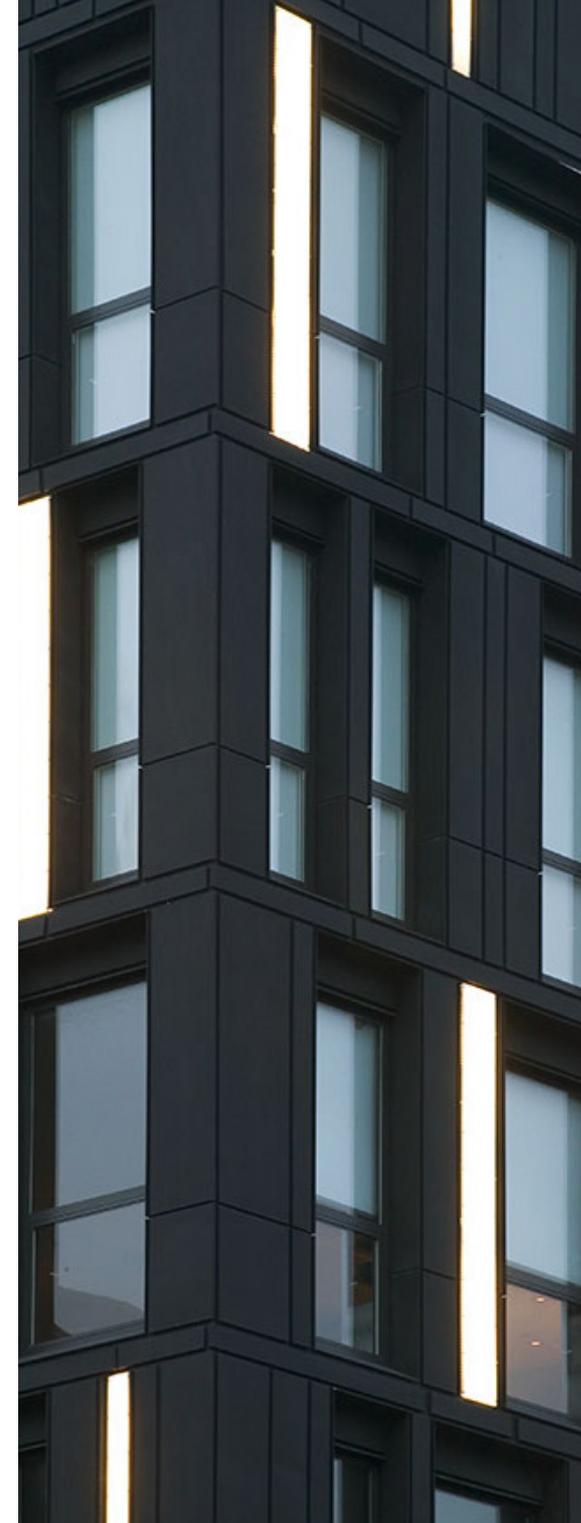
Para Kolarevic y Pinto Duarte (2019), la producción de arquitectura a través de archivos digitales introduce una nueva concepción de la producción seriada, que se basa en el desempeño de cada componente constructivo para cada particularidad local y, por lo tanto, en la diversidad de la serie.

Lo anterior se apoya en la fluidez comunicacional que se da entre la concepción arquitectónica y la fabricación, dada por la capacidad de construir a través de información, mencionada anteriormente. La brecha entre las expectativas del proyecto y su desempeño real se acorta cada vez más y el arquitecto vuelve a desempeñar directamente su rol en la construcción, sin la necesidad de interpretación múltiple de la representación gráfica.

Según la visión de Celento (2012), además, las posibilidades de rápidamente generar prototipos

### Imagen\_25

Porter House  
Condominium



a escala están mutando a una rápida fabricación de componentes constructivos de gran calidad. Y, para el autor, el advenimiento de la impresión 3D de objetos a escala edilicia parece inevitable, más aún si se considera que esto permitiría construir objetos arquitectónicos de cualquier complejidad de manera rápida y eficiente y con un grado de precisión inalcanzable de otro modo.

Un ejemplo de lo anterior es la solución para las fachadas del complejo Porter House de SHoP Architects del año 2003. El edificio consiste en la ampliación de un depósito antiguo y la generación de un condominio de viviendas, que añade superficie utilizando la estrategia de montarse sobre la edificación existente. De este modo, los proyectistas deciden que el nuevo volumen se destaque por sus diferencias con el antiguo, tanto en lo formal como en lo material, eligiendo que la conformación de muros exteriores esté dada por paneles de zinc. Por cuestiones económicas, los paneles de zinc debían aprovecharse al máximo durante la fabricación, ya que el desperdicio implicaba costos demasiado altos para el proyecto.

Para lograr lo anterior, se debieron llevar adelante estudios del proceso productivo y de fabricación de los paneles para adaptarlo a las necesidades del proyecto. Se fabricaron cerca de cuatro mil paneles únicos en su forma y dimensión, cada uno de ellos desempeñando exclusivamente la función para la que fue proyectado. En la web<sup>10</sup> de SHoP Architects se explicita:

*“To develop the elevation pattern, we worked closely with the fabricator, interpreting software standard to the sheet-metal industry to determine the most efficient layout on a standard-width sheet.*

*Since the panels were cut and bent directly from our digital files, an economy of scale was achieved in the manufacturing process.”*

Lo anterior explica cómo la toma de decisiones productivas en el proyecto genera una reducción de costos y complicaciones futuras, que traen consigo además una mayor libertad a la hora de proyectar con materiales innovadores o de alto costo, debido a las ventajas que presenta poder adaptar un proceso productivo. Demuestra, además, que la incorporación de fabricación digital a la producción fue clave, para este proyecto, en dicha reducción de costos y tiempo, además de la consecuente disminución de desperdicios y aumento de la eficiencia.

Este cambio de modelo productivo tendría impactos en diferentes aspectos de la industria. Se listan algunos de los que, a criterio propio, conforman la lista de más relevantes.

En primer lugar, provocaría que la fabricación de componentes pueda ser local, siendo su diseño global. Esto está reforzado por la idea planteada por Gershenfeld (2012): *“The ability to send data across the world and then locally produce products on demand has revolutionary implications for industry.”*

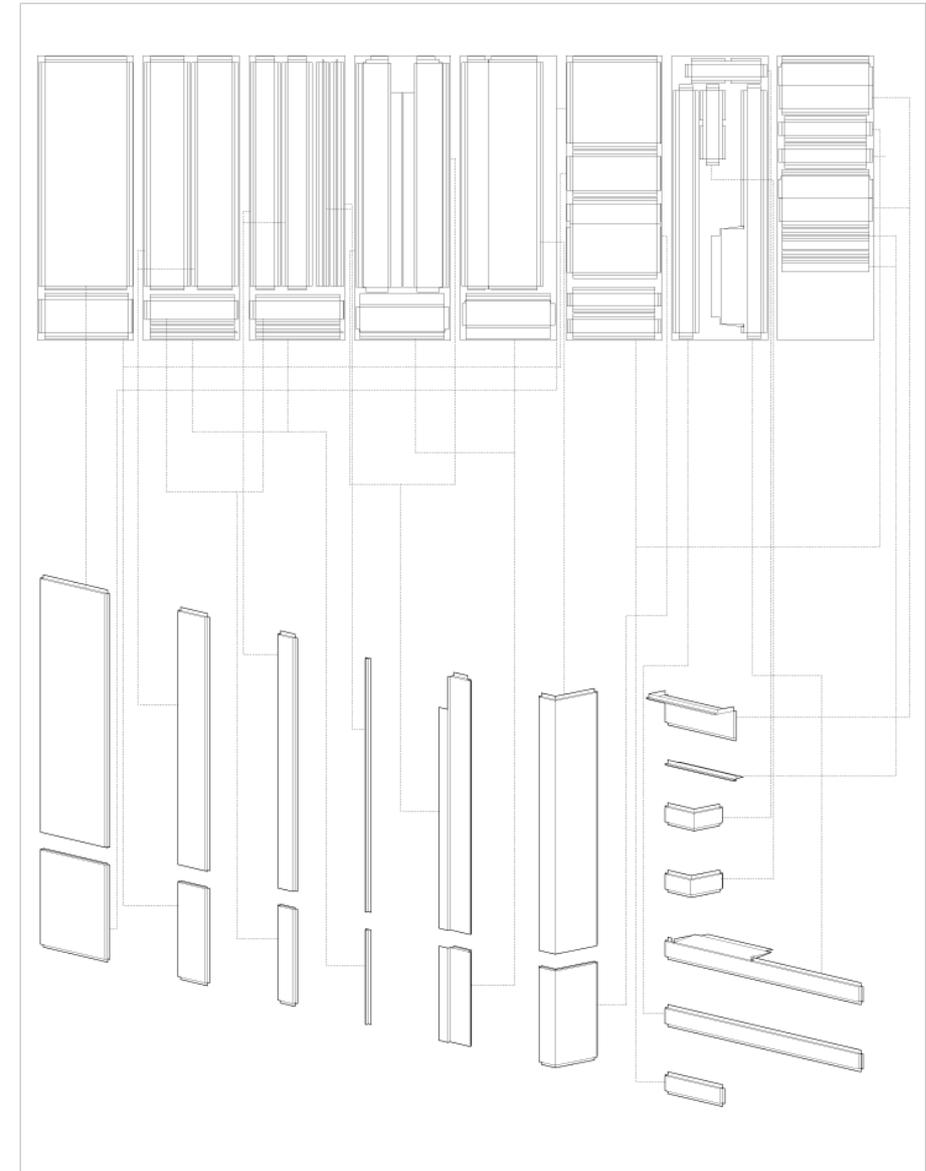
Las implicancias de esto son la reducción en los costos de transporte, burocracias de fronteras, importaciones o comercio internacional. La producción pasará de estar en manos de empresas gigantes dueñas de patentes a ser posible en cualquier lugar del mundo a costos locales.

En cuanto a esto, Dunn (2012), plantea que la disponibilidad de herramientas y técnicas de fabricación

10. [www.shoparc.com/projects/porter-house/](http://www.shoparc.com/projects/porter-house/)

digital globalmente es una de las transformaciones más inmediatas que se pueden esperar en la industria. Principalmente, la posibilidad de contar con máquinas a escala doméstica hace que los arquitectos

puedan experimentar directamente con la fabricación, algo que hace dos décadas era impensable por el costo y la logística que implicaba. Lo último genera además que estudiantes e investigadores también accedan



Imagen\_26

Esquema de fabricación y montaje de fachada / Porter House Condominium

fácilmente a las máquinas, lo que posibilita desarrollos de más y mejores investigaciones académicas y por lo tanto generación de conocimiento.

Por otro lado, pero relacionado a este punto, vale también contextualizar algunos movimientos que no pertenecen únicamente a la órbita profesional ni académica, pero conforman comunidades a gran escala, revolucionando la industria productiva desde otras perspectivas. Las comunidades de Makers, movimientos como Do It Yourself o clubes de reparadores que se dedican a democratizar contenidos, principalmente digitales, en los que se aprende a diseñar, fabricar o reparar objetos de cualquier escala, conforman otros espacios de desarrollo y transferencia tecnológica. Estos grupos sociales, conformados por personas de orígenes muy heterogéneos, conforman una masa crítica que no es despreciable y que produce soluciones y propuestas generalmente más creativas a menores costos, desplegando innovaciones de aplicación de las tecnologías digitales a cuestiones de interés general y masivo.

En este sentido, Carpo (2017) plantea que está comenzando a desaparecer una idea que se rastrea desde el comienzo del humanismo moderno y es que la autoría intelectual debe ser única. Esto está unido a la concepción del diseño como antecesor de la fabricación en un orden lineal y sucesivo de procesos, en el que el creador está por encima del fabricante. El autor propone un concepto al que denomina *The Style of Many Hands* y ejemplifica este modelo de colaboración a través de plataformas como Wikipedia o software de código abierto que funcionan sin ser parte del modelo económico de software comercial.

En segundo lugar, una cuestión fundamental a considerar es la sostenibilidad ambiental. La industrialización artesanal promete una amplia reducción en la producción de residuos debido a la optimización en el uso de los materiales, así como la posible reutilización de los componentes. Se podría pasar de una concepción lineal del ciclo de vida de los insumos y los productos arquitectónicas a una idea circular, en la que se incluyen procesos de reutilización y reciclaje, así como de disposición final, desde el momento de la fabricación. Además, y relacionado al punto anterior, se reducirían los impactos del transporte y puesta en obra, a través del uso de recursos locales para lograr resultados similares a los globales.

En tercer lugar, posibilitaría el desarrollo y la aplicación de nuevos materiales, diseñados a partir de los recursos locales y que cumplan requisitos específicos. Esto implica investigaciones en el comportamiento de los materiales y su potencial para convertirse en dinámicos, con capacidad de adaptación y respuesta, siendo posible que se transformen en herramientas computacionales en sí mismos. El comportamiento intrínseco de cada material se puede estudiar y combinar, pero también se puede integrar en los datos de partida del diseño y de la fabricación, promoviendo estructuras de retroalimentación de información entre lo proyectado y lo producido. La investigación avanzada en materiales, además, permite incluir en los parámetros la conformación estructural de cada material a nivel atómico, cuyo potencial es aún mayor para el estudio de la capacidad de reacción, desempeño en el tiempo y posibilidades geométricas,

termodinámicas o estéticas de este, entre otras.

Por último, fomentaría la interdisciplina y la generación de sinergias entre arquitectos, diseñadores, artesanos e informáticos. De esta forma, se promoverían nuevos modos de concebir, planificar y llevar adelante no sólo los proyectos sino también las obras de arquitectura. Esta cuestión entra en una categoría a la que algunos autores llaman participación masiva, en la que la toma de decisiones se encuentra repartida en la mayor cantidad de actores posibles, otorgando empoderamiento y responsabilidad a todos los participantes de un rubro, actividad o proceso. Relativo a esto, la concepción de trabajo dinámico y la inteligencia de los sistemas asociados a lo digital son aspectos de vital importancia para la producción. Para Dunn (2012), los protocolos de montaje dirigidos por computadora o la eficiencia de los tiempos de obra generan mejores ambientes de trabajo, y esto es especialmente importante para la transferencia tecnológica por parte de todos los actores, desde los técnicos hasta los operarios.

En este sentido, vale comentar que, sin bien las posibilidades técnicas permiten que cada usuario pueda personalizar sus objetos a través de sitios web dinámicos, por ejemplo, esto no es algo que suceda usualmente (Kolarevic y Pinto Duarte, 2019). Para los autores, existe, por un lado, una brecha cultural entre las posibilidades productivas y las costumbres de compra de los usuarios y, por otro, cierto desinterés de algunos consumidores en convertirse en parte del equipo de diseño de sus productos de consumo. Por esto, el papel de los profesionales y técnicos se vuelve fundamental para la industria, reivindicando el lugar de intérpretes

de los requisitos y responsables de establecer los desempeños de los componentes a fabricar ya no en serie, sino bajo la modalidad de personalización en masa.

En cuanto al rol de arquitectos y diseñadores, Carpo (2017) establece que tiene que haber una invitación a encontrar nuevas formas de proyectar ya que las tecnologías digitales no deben implicar un camino hacia el no-diseño como norma. El diseño participó del inicio de lo que el autor denomina el primer giro digital y ahora se encuentra en una etapa diferente. En esta nueva etapa es en la que se enmarca la propuesta del modelo de industrialización artesanal, en el que los procesos, las redes de actores y la participación activa de colectivos de diversos orígenes juegan el rol fundamental.

De este modo, el resultado es una industrialización artesanal de la producción arquitectónica, en la que cada componente constructivo podrá ser no solamente único sino también exclusivamente eficiente para cada aspecto relevante de su desempeño. Se construirá local utilizando tecnologías globales, se reducirá el impacto ambiental y empoderará a poblaciones alrededor del mundo provocando desarrollos creativos no solo de proyectos sino también de componentes o materiales. La nueva metodología productiva, se desarrollará a través de la experimentación y la personalización de los resultados a través de un desarrollo cada vez más detallado de los procesos, entendiendo a estos como los fundamentales a la hora de la innovación.

# Digitalización al Sur

A partir de la observación e investigación de la temática de este trabajo, surge la inquietud de profundizar en cómo los aspectos anteriormente esbozados se desarrollan en el contexto latinoamericano, debido a tres razones. La primera es la observación de la relativamente poca producción académica al respecto, lo que provoca un interés en colaborar a la investigación y difusión de la temática. La segunda, relacionada a la pertinencia de reflexionar sobre la apropiación de tecnologías globales en una región con una fuerte y rica identidad propia. La última razón está fundamentada por las características particulares de investigación de la artesanía digital en la región, investigación enfocada en la importancia del aprendizaje y codificación de procesos de diseño y fabricación artesanales, ancestrales y de identidad.

Se plantea así un breve estudio del impacto que la fabricación digital ha tenido en la región, principalmente a través del recuento de experiencias de algunos laboratorios. En este sentido se plantean, también, lo que algunos autores consideran que son las principales limitantes para el desarrollo de modelos similares a los

del hemisferio norte y cuáles son las posibles oportunidades a futuro.

Por otro lado, se profundiza en las características propias de la artesanía digital en Latinoamérica, que devienen de las sinergias entre tecnologías de fabricación digital y comunidades locales, con foco en el trabajo de colectivos provenientes de la academia en colaboración con artesanos.

## Fabricación digital al SUR

Es claro que debido a las características propias de la región, estudiar las experiencias en fabricación digital en Latinoamérica presenta varias particularidades que se diferencian de las experiencias de regiones más desarrolladas.

Herrera y Juárez (2013), identifican que una particularidad para la implementación de estas tecnologías en los países menos desarrollados es que éstos dependen del consumo de esa tecnología, con la imposibilidad de producirla por sí mismos. En esa línea, un apoyo fundamental fue la red de FabLabs del Massachusetts Institute of Technology (MIT).

Los FabLabs del MIT, surgen en el Centro de Bits y Átomos en el año 2003, al principio como un kit de herramientas compuesto por una cortadora láser, una impresora 3D y dos fresadoras; todo controlado digitalmente (Gershenfeld, 2012). A partir de este kit, que tenía un costo relativamente bajo para las posibilidades que ofrecía, se comenzaron a instalar laboratorios en diferentes partes del mundo. Esto generó cierto impacto en comunidades con dificultades para acceder a tecnologías de avanzada, empoderando a las personas para que pudieran materializar sus proyectos a la vez que aprendían. A su vez, se creó una fundación, que conecta a todos los laboratorios, posibilitando el intercambio y la interrelación global y que además ofrece capacitación y asesoramiento. Surge así, según Gershenfeld (2012), un movimiento de democratización del acceso a los medios modernos de fabricar cosas. Otra característica fundamental de estos laboratorios es el uso de tecnologías de código abierto, que además de tener licencias gratuitas son plausibles de ser adaptadas por las comunidades.

En ese sentido, las primeras incursiones de la fabricación digital en la región fueron de la mano de la fundación de laboratorios, en general de carácter educativo, de la mano de esta red de FabLabs del MIT. Esto tuvo como objetivo que comunidades que son consumidoras pasivas de productos o tecnologías accedan, bajo estructuras colaborativas y de trabajo comunitario, a herramienta, tecnologías y capacitación que las empoderen para fabricar con mayor libertad, tomando sus propias decisiones de diseño, fabricación y consumo.

Es importante establecer que, si bien a grandes rasgos el contexto sociopolítico y económico es similar en toda la región, el desarrollo de Laboratorios de Fabricación Digital ha sido diferenciado por sectores geográficos. Para poder realizar una distribución geográfica pertinente, se utilizará el modelo de Bethell (2002)<sup>11</sup>. Estos grupos se conforman: Argentina, Uruguay, Paraguay y Chile como Cono Sur; Perú, Bolivia, Colombia, Ecuador y Venezuela como Andinos y Brasil. Según los autores, el proceso de implementación de estos laboratorios se ha desarrollado más intensamente en países del Cono Sur y en Brasil que en los Andinos.

En cuanto a la industria de la construcción, los FabLabs se instalan en un contexto latinoamericano en el que la autoconstrucción representa un alto porcentaje de la industria. Esto no es menor, ya que implica que se pueda incentivar la creatividad y el desarrollo de digitalidades apropiadas en contextos de comunidades con mano de obra no especializada. Y, aunque la aplicación de estas tecnologías a la construcción de viviendas o edificaciones aún está poco desarrollada, la transferencia del conocimiento tecnológico es pertinente para su futura implementación.

Por un lado, para Herrera y Juárez (2013), los laboratorios de fabricación digital latinoamericanos se enfrentan a cuatro factores adversos: económico, gestión y mantenimiento, administrativo y educativo.

Según Herrera (2016), una diferencia fundamental con el hemisferio norte está en el acceso a recursos o las limitaciones tecnológicas y económicas propias de la región. Esto tiene implicaciones sociopolíticas diferentes, ya que

dificulta el acceso a tecnologías o la implementación de intercambios con contextos como el académico o educativo. Sin embargo, promueve que se implementen más y mejores plataformas colaborativas y redes, no solamente por ser beneficiosas sino porque se vuelven indispensables.

En esta situación, se puede entender por qué la radicación de FabLabs ha sido más efectiva en países desarrollados, principalmente en el hemisferio norte.

Por otro lado, no obstante estas limitaciones, las particularidades de la región también abren las puertas a los que algunos autores identifican como oportunidades. Herrera y Juárez (2016) identifican tres: multiculturalidad, eco-diversidad y capital social. En cuanto a la primera, se puede hacer hincapié en la autoconstrucción y la artesanía mediante el uso de tecnologías de tradición ancestral, lo que abre la puerta a generar respuestas innovadoras mediante la fusión con las tecnologías digitales. La eco-diversidad refiere a las potencialidades de materiales no convencionales, exploración formal o procesos de fabricación bio-regenerativa, entre otras. Esto enriquecido por un territorio particularmente rico en biodiversidad. La última, interesante desde el punto de vista social, está caracterizada por la existencia de colectivos, principalmente jóvenes, a los que los autores definen como una fuerza oculta y significativa para officiar de nexo entre los desarrollos tecnológicos y los ciudadanos. Estos grupos se caracterizan por su activismo y su ocupación de los temas como inseguridad, acceso a vivienda o espacio público.

De manera de ilustrar algunas de estas cuestiones, se describe y estudia brevemente el caso del FabLab MVD,

ubicado en Montevideo, Uruguay y que pertenece a la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de la República. El acercamiento se realiza a través de una entrevista al docente encargado del laboratorio, Paulo Pereyra. Se comparan además algunas cuestiones discutidas con Pablo Herrera sobre el FabLab Lima, también entrevistado para este trabajo. Herrera es consultor externo del laboratorio peruano.

El FabLab MVD surge en 2012 a partir del proyecto Alfa Gaviota II, un convenio de cooperación entre universidades europeas y latinoamericanas en el que se accede a fondos económicos para la implementación y desarrollo de tecnologías de fabricación digital, así como para investigaciones asociadas. Este proyecto posibilitó la compra de equipamiento (un router CNC y un scanner 3D) y el desarrollo de algunas investigaciones primarias. Sin embargo, la sola fundación del laboratorio, según Pereyra (2020), no generó interés particular en la comunidad universitaria local, por lo que los recursos humanos y económicos fueron escasos al comienzo.

Entre los años 2013 y 2014, períodos a los cuales la web<sup>12</sup> del laboratorio llama de desarrollo y extensión, hubo algunos hitos en los que la facultad, a través de diferentes eventos y servicios, necesitó la fabricación de modelos a escala. En este momento el laboratorio tomó visibilidad como un espacio en el que los estudiantes podían aplicar tecnologías de fabricación digital a la hora de materializar sus proyectos a escala. A partir del año 2014 el grupo de trabajo, conformado por docentes asignados a otras cátedras de la facultad, comenzó a postular

11. El modelo es usado anteriormente por Herrera y Juárez (2016)

12. [www.fablab-mvd.edu.uy/](http://www.fablab-mvd.edu.uy/)

a llamados para ampliación de equipamientos, se ganaron y a través de ellos se logra además solicitar recursos humanos de forma permanente para tareas de mantenimiento y gestión. Es así como en 2015 y cuatro años después de su fundación el laboratorio consigue consolidar la parte estructural, con disponibilidad de tecnologías de fabricación tanto sustractivas como aditivas y recursos humanos permanentes mínimos para su funcionamiento. A través de un tercer llamado para ampliación de equipamiento se consigue una cortadora láser, que permite un mayor trabajo con estudiantes por ser una herramienta muy usada para fabricar modelos a escala.

A partir del año 2016 comienza el período de consolidación del laboratorio. En este período es que se generan contactos con otros laboratorios de la red del MIT, para poder acceder a nuevas líneas de investigación, recursos y colaboración. A través de estos contactos se desarrollan algunos eventos de pequeña escala en conjunto con laboratorios de Europa y Latinoamérica, que luego permiten recibir el apoyo a la postulación a la red, y en 2018 el FabLab MVD se constituye como un laboratorio más de la red de FabLabs de MIT. A pesar de que existen otros espacios tanto públicos como privados que cuentan con algunas tecnologías o recursos humanos asociados, el FabLab MVD es, en agosto de 2020, el único laboratorio de fabricación digital de Uruguay.

Por otra parte, el FabLab Lima se crea en 2009 con la motivación de disminuir las carencias tecnológicas que existen fuera de las universidades, como un laboratorio fuera del contexto académico (Herrera, 2020).

### Imagen\_27

FabLab MVD



Actualmente, con excepción de aquellos instalados en universidades, en Perú, es el único sobreviviente en la lista de FabLabs que se crearon y dejaron de existir desde 2010.

Para Pereyra (2020), una de las mayores limitantes para el FabLab MVD es la poca escalabilidad de las piezas fabricadas, es decir, es muy útil para realizar modelos a escalas pero tiene pocas posibilidades de aplicación a escalas arquitectónicas. Según el docente, aún es muy poca la capacidad de replicación que tienen las tecnologías de fabricación digital en el mundo de la construcción, por lo que su relación con la arquitectura se ve limitada. En su opinión, esta limitante se va a ver superada en el futuro, cuando los costos de escalar las tecnologías que actualmente están disponibles se reduzcan.

Otra limitante importante, ya establecida también para el resto de Latinoamérica por los autores Herrera y Juárez (2013), es el acceso a las tecnologías. En cuanto a esto, Pereyra habla de las dificultades en la adquisición, transporte y entrada al país de las herramientas, repuestos, insumos o accesorios.

La tercera limitante, que parte de la primera pero también está relacionada a la visión y gestión tanto económica como académica de la universidad. En este sentido, el laboratorio depende de los recursos económicos y humanos que la institución le pueda brindar, por lo que su desarrollo está estrechamente vinculado con ello. A la vez, en cuanto a la integración académica con las diversas cátedras docentes aún es limitada y se da principalmente como una oferta de servicios más que de cursos. Esta última limitación, según Pereyra, comenzó como una de las más fuertes y actualmente

se está comenzando a superar, con un creciente interés por contenidos académicos propios del laboratorio así también como con la dotación de recursos humanos y espaciales más adecuados a los requisitos.

En cuanto a las oportunidades a futuro que pueden identificarse, Pereyra (2020) establece que una fundamental es el trabajo con madera, un material que actualmente está en auge en el país por su amplia disponibilidad. En tal sentido, existen en este momento algunas líneas de investigación, en conjunto con otras cátedras, que se centran en cubiertas laminares de madera con piezas procesadas por el laboratorio. Esto abre por lo menos tres líneas: el desarrollo morfológico, la investigación del material y la exploración de las capacidades estructurales de estas cubiertas. Permite, además, una colaboración intrainstitucional que se podría replicar.

En esta línea, el laboratorio tuvo una participación primordial en el desarrollo de hisopos especiales para el diagnóstico durante la pandemia de COVID-19, en colaboración con profesionales provenientes de otras facultades de la Universidad de la República. Esta respuesta rápida y eficiente en la fabricación de recursos para emergencias es otra oportunidad relevante a futuro, principalmente en una región vulnerable. Para Herrera (2020), el contexto de la pandemia ha sido un ejemplo importante para demostrar el potencial rol dinamizador de la economía que tienen los laboratorios. Según el entrevistado, éstos promueven soluciones durante una emergencia antes que el sistema tradicional de manufactura, que tiene un proceso más lento para llegar a soluciones de diseño y fabricarlas a gran escala.

Por ejemplo, en Perú, un protector facial en 2 semanas pasó de US\$25 a menos de US\$5, aplicando el diseño distribuido y el co-diseño remoto.

Además, aunque en este momento la relación del laboratorio con el resto de la FADU es a demanda, a través del ofrecimiento de un servicio o instancias de asesoramientos específicos, según Pereyra (2020) se han ofrecido algunos seminarios y cursos de índole académica y existe un proyecto de generar una instancia de programa de posgrado que esté a cargo del FabLab. Esto aumentaría significativamente la presencia del laboratorio en la formación de los diferentes profesionales que egresan de la facultad.

En cuanto a los potenciales, para Herrera (2020), las exhibiciones Homo Faber (2015 y 2018) demostraron que algunas características particulares de la región se han convertido en oportunidades en el contexto de la arquitectura. Un ejemplo de esto es el éxito de Casa Revista, el modelo de Wikihouse en Latinoamérica, desarrollado por LAMO3d, Laboratory of 3d Models y Digital Fabrication de FAU-UFRJ.

*“El proyecto Casa Revista, desarrollado en el Laboratorio, propone una actualización de la producción independiente de vivienda, introduciendo una nueva tecnología de fabricación y explorando sus potenciales. Basado en el sistema WikiHouse edificio, desarrollado*

*en Londres y de código abierto, el estudio busca su brasilenización, su aclimatación y resolver cuestiones básicas relacionadas con la vida.”* (Passaro & Rohde, 2015)

Sin embargo, iniciativas como esta no son impulsadas desde los gobiernos y son muy costosas de mantener en el tiempo. Para el entrevistado, en ello radica el hecho de que la gran mayoría de los laboratorios independientes no logren sobrevivir, mientras que se multiplican aquellos asociados a la red del MIT en las universidades.

Según Sperling et.al. (2019), la apropiación tecnológica en la región se da a través de la integración de referencias culturales y la articulación

con tradiciones constructivas. Entre 2015 y 2018 los autores identifican un crecimiento en la apropiación tecnológica desde el contexto local. De este modo, 32 laboratorios de 52 trabajan actualmente en apropiación y reinterpretación tecnológica.

En síntesis, aunque existen otras redes de laboratorios de fabricación digital e incluso los hay independientes, los FabLabs de la red del MIT han sido los de mayor implantación en la región, principalmente en universidades, aunque lejos de tener el impacto o crecimiento que han tenido en otras partes del planeta. Sin embargo, más allá de una lista significativa de limitantes aún no resueltas, algunas de las características propias

▼▼▼  
**Imágenes\_**  
**29/30/31**

Construcción Casa Revista

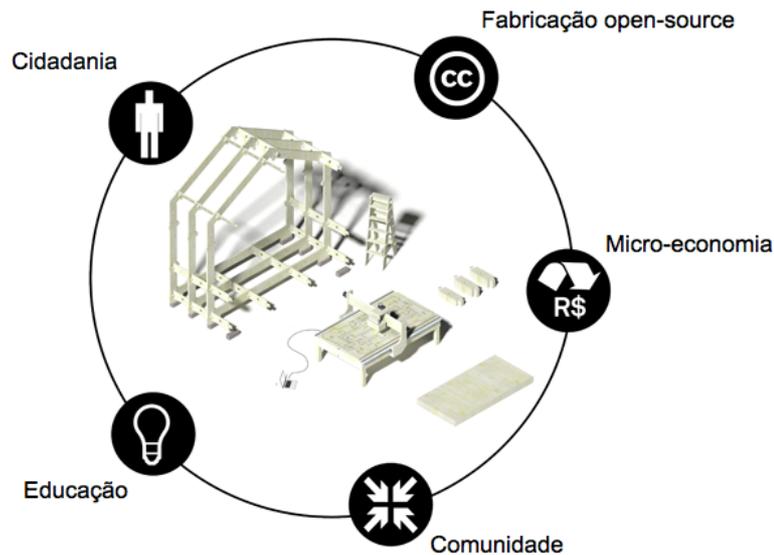


Imagem 28

Esquema Casa Revista

de la región pueden devenir en oportunidades a futuro.

## Artesanía y digital al sur

Herrera (2016) plantea que en diez años la artesanía digital se estudió en EEUU y Europa pero que estas prácticas difieren del proceso artesanal en Latinoamérica, por lo que es válido estudiar en más profundidad las diferencias, resaltando aquellas características que le dan identidad a los procesos latinoamericanos de sinergias entre artesanía y digitalización.

Rodrigo Scheeren (2020), en entrevista para este trabajo, establece que en el norte del planeta, principalmente en Europa, la reaparición de la artesanía y su interpretación a través de herramientas digitales está dada por una valoración de la imperfección, de productos exclusivos o poco acabados desde su concepción. En este caso, el interés está dado por el artefacto en sí mismo como pieza de diseño. Sin embargo, el autor plantea que el Latinoamérica se lleva adelante una línea de trabajo completamente diferente, en la que los procesos artesanales son la clave, más que los productos. En tal sentido, no se busca replicar una imperfección o estética rústica de los objetos, sino entender cómo se lleva adelante el trabajo del artesano para poder codificarlo, optimizarlo, replicarlo y conservar su identidad.

Para Borges (2015), en el norte del planeta la artesanía es practicada por personas instruidas que buscan su autoexpresión, pero en Latinoamérica se desarrolla más en contextos informales, rurales o de periferia.

Esto también ilustra las diferencias existentes entre la formación, no solamente en referencia a la educación formal sino principalmente a los modos de aprehensión de las técnicas, concediéndole un papel muy importante al aprendizaje intergeneracional e intra-comunidades.

Lo anterior resulta relevante como diferencia entre el hemisferio norte y el sur a la hora de trabajar la intersección entre artesanía y fabricación digital. En el primero, la artesanía se aprende en centros de capacitación, por lo que la formación se da de modo vertical, con instructores que transmiten conocimientos a sus alumnos. Dicha modalidad facilita la innovación tecnológica en las tareas, aunque puede provocar la pérdida de procesos tradicionales. En Latinoamérica, el aprendizaje se da horizontalmente en comunidades, generalmente de modo inconsciente, incorporado a través de la vivencia diaria con generaciones anteriores de artesanos. Para Herrera (2020), esto implica que los artesanos de la región no están preparados para separar en etapas sus procesos, por lo que es más difícil que incorporen tecnologías en alguna parte de su proceso de fabricación sin asistencia externa.

Por otra parte, en el norte las problemáticas asociadas al resurgimiento de procesos artesanales y su intersección con la fabricación digital suelen estar en los ámbitos académicos o ser sociales y globales, como la sostenibilidad ambiental. En el sur, suelen estar más relacionadas a temáticas propias de la región, según Seo-Zindy and Heeks (2017). Estas temáticas propias pueden tener que ver con cuestiones socioeconómicas, con la predominancia de la autoconstrucción o con las limitaciones de acceso a

productos o servicios.

Se detecta así que la artesanía digital en Latinoamérica persigue objetivos que son propios, en un contexto regional muy característico, y presenta tanto limitantes como oportunidades de desarrollo relevantes.

En este contexto, y a los efectos de entender al fenómeno en mayor profundidad, se propone una clasificación que responde a los criterios más utilizados por los autores revisados y/o entrevistados. Se estudian tres categorías y casos de trabajo asociados que relacionan fabricación digital con artesanía de diferente modo y que pueden reunir a la mayoría de las experiencias que se llevan adelante en la región.

La primera categoría refiere a procesos de observación de los procesos artesanales para aplicarlos en la fabricación y desarrollo de productos. Se le denomina categoría extractiva. Estas investigaciones permiten un mejor conocimiento de las capacidades de las herramientas de fabricación digital, pudiendo comparar sus posibilidades con aquellas del trabajo manual.

Un ejemplo de esto es el proyecto *Losing my America* del colectivo chileno *gt2p*. En este proyecto, se trabaja con diferentes artesanos para generar objetos híbridos, en los que una parte está fabricada con tecnologías digitales y otra es realizada manualmente por el artesano siguiendo sus procesos habituales. El trabajo se lleva adelante primero mediante un estudio de los objetos y de su fabricación convencional para así poder codificar la parte a ser digitalmente fabricada. Según los autores<sup>13</sup>:

*“El proyecto propone el*



Imagen\_32

Proyecto *Losing my America*



▲▼  
Imágenes\_  
33/34

Poyecto Losing  
my America



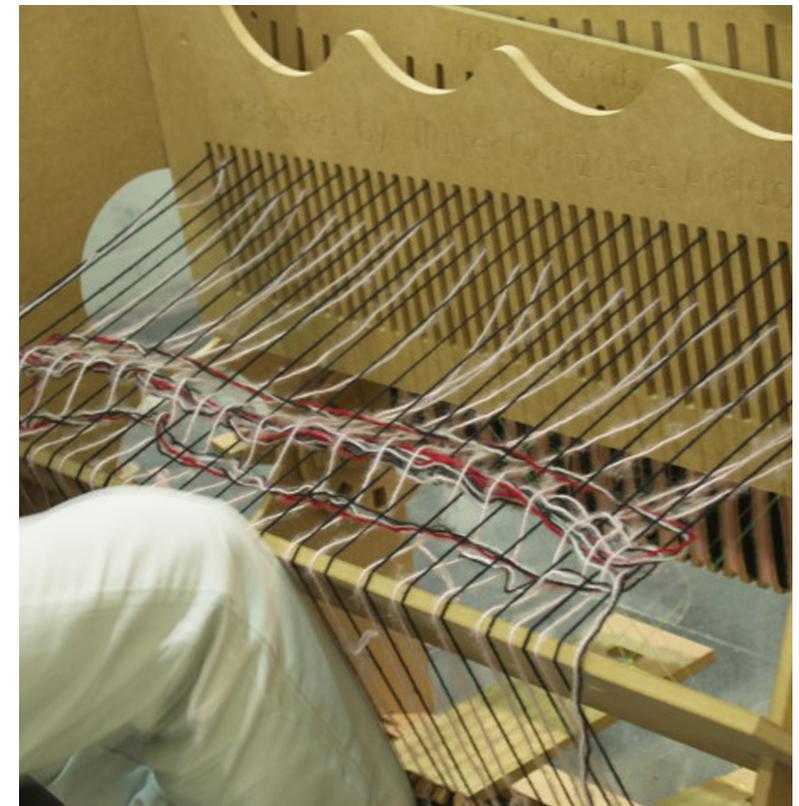
13. [www.gt2p.com/Losing-my-America](http://www.gt2p.com/Losing-my-America)

*desarrollo e intervención de piezas artesanales icónicas en colaboración con diseñadores y productores. La parte modificada busca mantener la esencia de la expresión original, expresando el choque de estos dos mundos e identificando la resistencia de las tradiciones artesanales con la pérdida progresiva de resolución en los procesos digitales, también con la experimentación en la experiencia práctica de las sinergias resultantes de este proceso vinculante, como el*

*inicio de un posible trabajo conjunto en el futuro.”*

El proyecto resulta muy interesante para evaluar las posibilidades del trabajo híbrido entre la artesanía y la producción digital, mostrando mediante variadas experiencias dónde están los potenciales y cuáles son las limitaciones de este acercamiento.

La segunda categoría hace referencia al trabajo directo con



▶  
Imagen\_35

Fab Loom



Imagen\_36

Fab Loom

artesanos, intentando interpretar sus procesos para así promover un valor agregado a su actividad, es la categoría interactiva. De este modo la colaboración se da entre diseñadores o arquitectos y artesanos o comunidades. A través de este intercambio, ambas partes son beneficiadas aprendiendo unos de otros. Por parte de los diseñadores, el aprendizaje se da al poder conocer y entender procesos que muchas veces son inconscientes o se aprenden solo superficialmente en los cursos universitarios. El poder codificar esos procesos y generar una comprensión de las variables implicadas, su ponderación frente a otras y los posibles resultados derivados de ellas hace que se pueda aprender a

ver los productos o proyectos desde la objetividad. En los artesanos, la colaboración genera el desarrollo de actividades más eficientes, la creación o adaptación de herramientas de trabajo y el consecuente aumento en su actividad económica.

Un ejemplo de esta categoría puede ser el trabajo desarrollado por Walter Gonzales, quien diseñó y fabricó un telar opensource, que promueve la colaboración entre la comunidad maker, artesanos y los laboratorios de fabricación digital. El proyecto pretende que mediante la democratización del diseño de un telar de bajo costo, se promueva un fácil acceso de los artesanos a la herramienta, generando además que, al ser opensource, cada usuario

pueda proponer ediciones, mejoras, adaptaciones, etc. sus procesos.

El proyecto logra, por un lado, aportar una herramienta de bajo costo, fabricable en casi cualquier lugar del mundo y que además permite personalizarse. Esto ayuda a la conservación de actividades económicas que de otro modo se verían perjudicadas por costos de producción más altos. La comunidad de artesanos se ve beneficiada además por una mayor visibilidad de su trabajo, incluso globalmente. Permite, por otro lado, explorar las posibilidades sociales de los laboratorios de fabricación digital, que se pueden insertar como motores de comunidades vulnerables. Por último, contribuye con la preservación de una técnica milenaria, codificando

También dentro de esta categoría se puede encontrar el proyecto Maker Tinker Learn de Cípit Lab en El Salvador. En esta actividad se propusieron talleres con niños dentro de programas educativos interactivos que se llevaron en El Salvador, Guatemala y México con apoyos de FabLabs locales. Los niños aprenden mientras hacen y esto genera un mejor entendimiento de los procesos artesanales, de la solución de problemas técnicos mediante la experimentación y del valor del trabajo del artesano. Scheeren, Herrera y Sperling (2018) establecen que las actividades lograron valorizar las economías circulares a través de la cultura maker, desarrollando

Imagen\_37

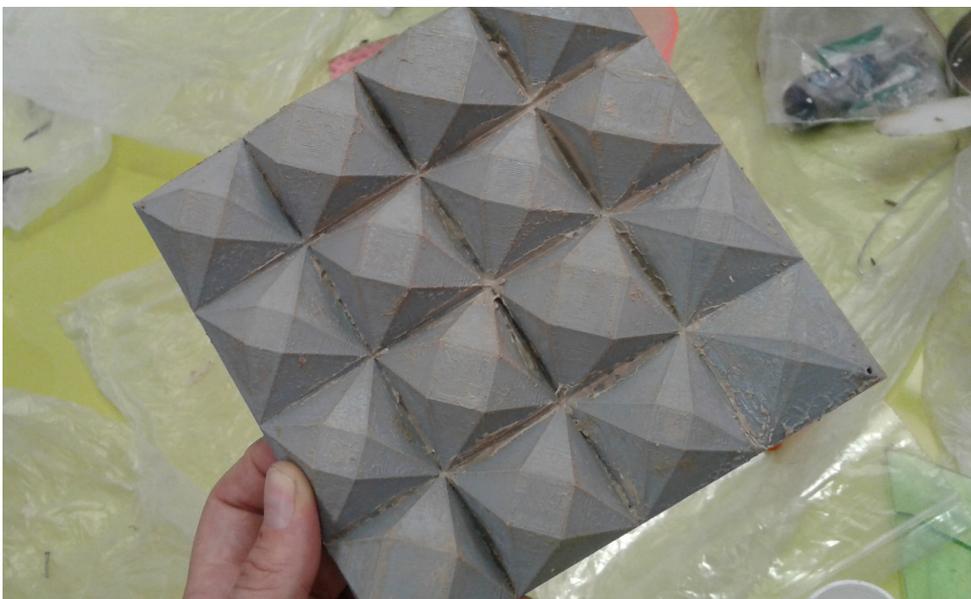
Maker Thinker Learn





▲▼  
Imágenes\_  
38/39

Proyecto  
fabricación  
digital losetas



habilidades de resolución de problemas y pensamiento espacial en los niños. Puntualizan además la importancia de desarrollar programas educativos inclusivos, que busquen que los niños exploren prácticas locales como posibles oportunidades de obtención de valor.

La tercera es un enfoque desde el material, en el que el foco está en la relación del artesano con su materia prima y la información que se brindan mutuamente durante la fabricación. Esta línea implica enfocarse en la comprensión de la naturaleza del material, su comportamiento en diferentes condiciones ambientales, sus limitaciones y posibilidades, para realizar aportes desde una concepción digital, permitiendo nuevas posibilidades de aplicación, uso, formación, etc. Se le llama categoría *matérica*.

Un ejemplo de esto es un proyecto de fabricación de losetas, desarrollado por el Laboratorio de Fabricación Digital de la Universidad Piloto de Colombia. El trabajo consiste en trabajar tanto digital como manualmente para fabricar losetas para mosaicos, primero modelando e imprimiendo moldes en 3D para posteriormente moldear las arcillas y colocar yeso como material de fundición. Para estos procesos los estudiantes tuvieron que investigar en diferentes geometrías hasta encontrar las adecuadas para servir de moldes, realizaron experimentos en la composición y mezcla de las arcillas para lograr el mejor resultado y estudio de pegamentos para la unión de losetas. El proyecto ejemplifica la necesidad de investigar y experimentar en materiales en un proceso de retroalimentación a partir de la fabricación, principalmente en líneas de trabajo híbridas.

En cualquiera de las tres categorías, y en general en procesos de artesanía digital, lo subyacente es la capacidad de observar y entender un proceso humano para poder escribirlo como código. Esto permite, primeramente, poder conservar un proceso que está en peligro de extinción. En segundo lugar, habilita una mejor comprensión de este, lo que permite adaptaciones, pulidos, ediciones, que son comparables con el proceso original. En tercer lugar, genera la oportunidad de incorporar variables diversas y con mayor precisión, lo que puede repercutir en resultados más apropiados para cada problemática.

En esta línea se pueden encontrar algunos ejemplos de intervenciones relacionadas a edificios o espacios públicos, que promueven una reducción en la brecha que existe entre la escala habitual de investigación en fabricación digital y la escala arquitectónica.

Por un lado, a partir de lo esbozado anteriormente, surge la idea de que una parte fundamental del trabajo de los artesanos y de profesionales de las disciplinas del diseño es la retroalimentación entre experiencias sensoriales y lo *matérico*. En esta línea, es pertinente entender cómo puede llevarse adelante una codificación de los sentidos, transformar lo sensorial desde lo subjetivo a los datos.

El trabajo de Guto Requena, un arquitecto brasileño, puede ejemplificar los modos en los que los sentimientos pueden codificarse y transformarse en objetos. Un proyecto de su estudio, llamado *Love Project*, busca entender qué pasa cuando las personas relatan historias de amor y convierte sus reacciones físicas en objetos impresos en 3D.

Categoría	Proyecto	Autor	Origen	Descripción
Extractiva	Losing My America	gt2p	Chile	Trabajo con artesanos para producir objetos híbridos, fabricándolos parcialmente con técnicas digitales y parcialmente manuales.
	Modeling as memory of vernacular artifacts	LED - UFC	Brasil	Proyecto que busca fomentar el diálogo entre la fabricación digital y la conservación del patrimonio. Se trabaja con carpinteros y artesanos locales para entender los procesos de diseño y fabricación de los objetos.
Interactiva	Fab Loom	Walter Gonzáles Arnao	Perú	Diseño y fabricación de un telar económico y de fácil acceso con la finalidad de empoderar comunidades.
	Craftswoman Lab	Fab Lab Maya	México	Programa educativo que busca beneficiar a mujeres de comunidades de origen Maya para dotarlas de procesos innovadores que las ayuden a estandarizar sus creaciones manteniendo su identidad.
	Maker Tinker Learn	Cipit Lab	El Salvador	Trabajo con niños para que incorporen procesos de aprendizaje mediante el trabajo manual.
Materia	Artisanal-Digital Tile Fabrication	Universidad Piloto de Colombia	Colombia	Diseño y fabricación de moldes y matrices para la conformación de losetas similares a las tradicionales utilizadas en mosaicos.
	Dieste Pavilion	Fab Lab MVD	Uruguay	Fabricación y montaje de un pabellón inspirado en las formas de Eladio Dieste.
	Alada	IDLab + Tamaco-Chela	Argentina	Proyecto espacial experimental que sólo puede fabricarse mediante técnicas digitales.

Tabla\_02

Categorías de trabajo en artesanía digital en Latinoamérica y ejemplos

Elaboración propia / Ejemplos extraídos de bibliografía y autores entrevistados



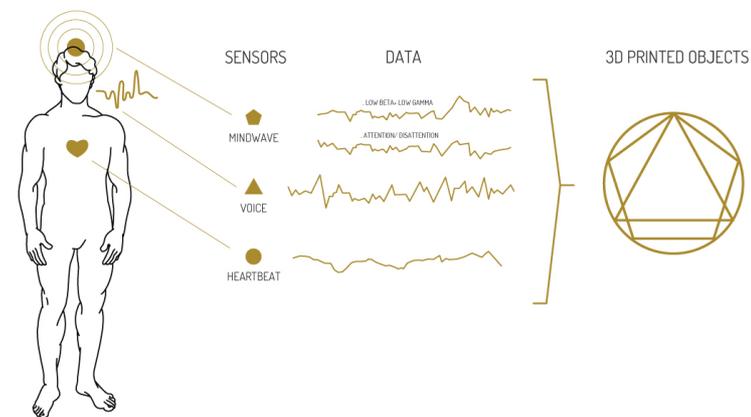
Imagen\_40

Objetos resultantes

Love project

Imagen\_41

Esquema Love project



Otro proyecto del mismo autor, *Empatías Mapeadas*, es, según la web<sup>14</sup> de Requena, un espacio que “*busca explorar las posibilidades de agregar nuevas capas poéticas al mobiliario urbano a través de tecnologías digitales interactivas*”. El prototipo es un mobiliario urbano de diseño open source que ofrece un espacio de descanso y relajación a la vez que mapea los sentimientos de sus usuarios y reacciona generando sonidos en sus altavoces y movimiento en las luces.

El dispositivo genera así conexiones de los usuarios con su ambiente y con otros usuarios, promoviendo un trato empático con el colectivo de desconocidos que comparten el espacio al mismo tiempo.

Por otro lado, la codificación de sentidos puede darse en diversos ámbitos. El caso del proyecto de una intervención para el faro del Palacio Salvo en Montevideo, es un ejemplo de una codificación del sentido histórico y urbano de un edificio.

14. [gutorequena.com/empatias-mapeadas](http://gutorequena.com/empatias-mapeadas)

Imagen\_42

Empatías mapeadas

Imagen\_43

Gran Salvo

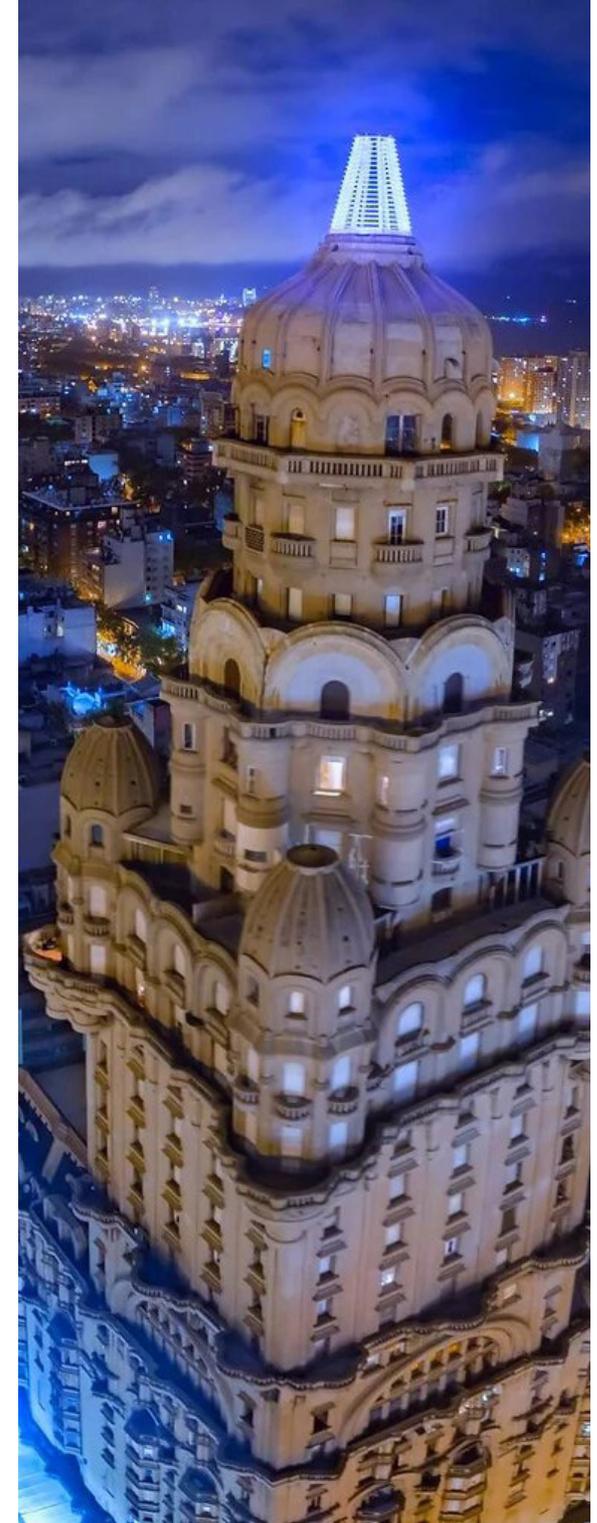


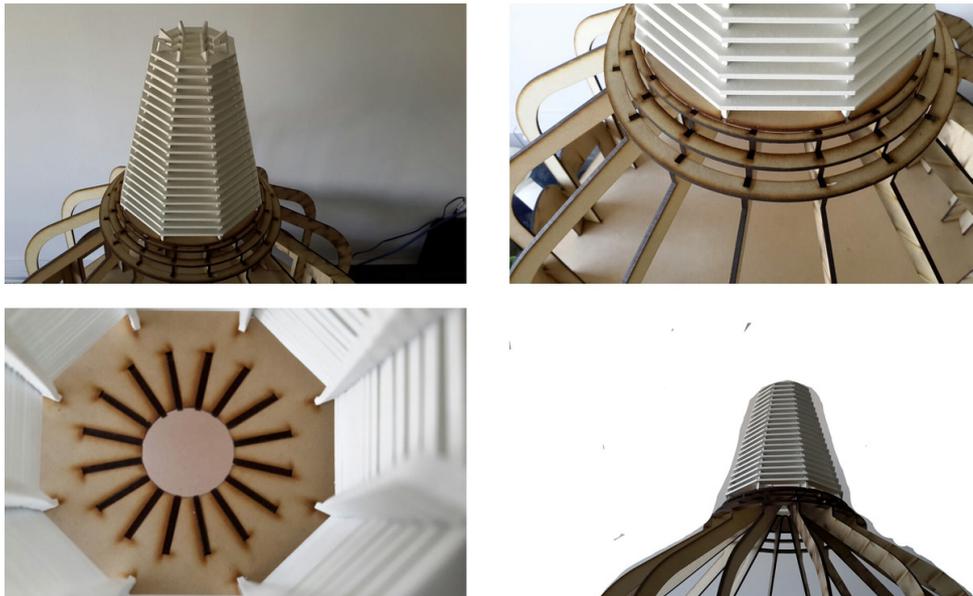
Según Lagomarsino y García Amen (2017), el proyecto busca restaurar la imagen icónica de uno de los edificios más importantes del skyline montevideano, llenando el vacío que dejó su faro original.

Los autores establecen que la idea del proyecto está basada en una doble intención. Por un lado, busca ser una intervención urbana con impacto social y, por otro, pretende la implantación de una intervención arquitectónica de base tecnológica y artística. Pero además, busca reivindicar el sentido funcional del objeto original, que era emitir luz en un punto estratégico de la ciudad, dotándolo de la capacidad de ser controlado por los ciudadanos, en un marco de democratización de acceso a los iconos urbanos.

El ejemplo Gran Salvo muestra que los procesos que se pueden codificar no solamente pueden intervenir los procesos de fabricación de objetos sino también su significado y su uso. La intervención tiene la capacidad de explicitar la codificación de sentires sociales, a partir de su uso colectivo, además de la intención de convertirse en un hito urbano que provoque identidad e identificación a través de la revitalización de la imagen de un edificio emblemático.

Otro proyecto que puede interpretarse dentro de esto es el trabajo llevado adelante en el proyecto Montevideo has a new visitor, desarrollado también por Lagomarsino en el marco del taller Adaptation llevado adelante en FADU, UdelaR. La concepción del proyecto nace a través de la idea de dotar a un edificio histórico del barrio Ciudad Vieja de Montevideo, de un remate tipo cúpula, en reemplazo de la cúpula original, luego de su colapso. El proyecto busca, según Lagomarsino





▲▲▲▲  
Imágenes\_  
44/45/46/47

Maqueta para el  
proyecto Gran  
Salvo

en su web<sup>15</sup>: “restaurar un mensaje, enriquecerlo con una nueva visión y quizás devolver el diálogo perdido entre su arquitectura, su ciudad y sus habitantes.”

El caso es interesante ya que persigue objetivos de tipo narrativos y arquitectónicos, revalorizando e interviniendo en un edificio histórico a través de un objeto diseñado paramétricamente y fabricado mediante fabricación digital. Lagomarsino (2020), en entrevista para este trabajo, plantea que se puede considerar artesanía digital desde la visión de la apropiación de la tecnología para generar proyectos locales. Por otro lado, aunque su concepción y fabricación se realizó por medios digitales, parte de sus terminaciones,

ensamblaje y montaje se llevó adelante manualmente por el grupo de trabajo del workshop, generando un objeto de conformación híbrida. Además, la intervención pretende ser un diseño de interpretación abierta, para que, como lo plantea su autor, el barrio pueda elegir qué es. De ese modo, posibilita el intercambio con la sociedad, las reflexiones y las diversas miradas acerca de la ciudad, el patrimonio y lo digital en arquitectura.

La intervención se construyó como un objeto temporal, para durar algunos meses y, luego de su deterioro programado se concretó la fabricación de otra intervención similar, también fabricada digitalmente pero con otra materialidad y de carácter permanente. Esta cúpula se convierte

15. [www.federico.lagomarsino.com/](http://www.federico.lagomarsino.com/)



▲  
Imagen\_48

Gran Salvo

finalmente en un componente arquitectónico que forma parte del edificio, ilustrando cómo este tipo de intervenciones pueden esbozar un camino de ingreso de las tecnologías de fabricación digital a la arquitectura, desde, en este caso, una revaloración patrimonial y urbana.

Latinoamérica se presenta así como una región experimental para los planteos que se esbozan en este trabajo, principalmente desde las oportunidades locales para idear proyectos de codificación de sentidos, en los que se generen sinergias entre procesos artesanales, de diseño y fabricación. En esa línea, los profesionales de la arquitectura se encuentran en un lugar muy adecuado para ser quienes investiguen

y desarrollen tales proyectos, ayudando a superar las limitaciones y aprovechando dichas oportunidades particulares de la región.



▲  
**Imagen\_49**

Pieza que conforma la intervención

▼  
**Imagen\_50**

Proceso de armado a pie de obra

▼  
**Imagen\_51**

Montevideo has a new visitor versión temporal



▲  
**Imagen\_52**

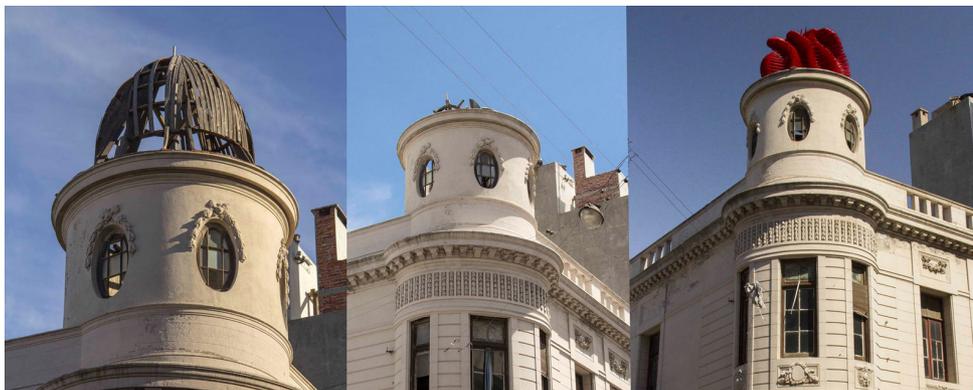
Desmontaje de la intervención temporal

▶  
**Imagen\_53**

Proceso de armado a pie de obra

▶  
**Imagen\_54**

Montevideo has a new visitor versión definitiva



# Consideraciones finales

El contexto tecnológico en el que la humanidad se ve sumergida desde las primeras incursiones de lo digital en el siglo XX, presenta diversas implicancias tanto económicas, sociales, políticas, ambientales como disciplinares. La arquitectura, como encargada de problematizar, crear y recrear los espacios en los cuales habita la humanidad, no está ni debería estar por fuera de estas discusiones. Este trabajo plantea así abordajes críticos del desarrollo tecnológico, asociado a diseño y fabricación digital, que están generando revoluciones a diversos niveles dentro de la arquitectura.

Primero, a través de la exploración de los procesos humanos que se dan en la generación de artesanía, se exploraron las potencialidades productivas de estas sinergias. Se concluye así que un aspecto fundamental a tomar en cuenta es la capacidad de retroalimentación que el artesano establece con su objeto producido desde el punto de vista físico. La información que el material y la forma del objeto le otorgan al artesano durante el proceso de formación se vuelve parte del proceso de diseño, conformando una continuidad entre diseño y fabricación que no está presente en procesos lineales

como los industriales. La relevancia de esta consideración radica en la capacidad de replicación a través de los procesos de diseño y fabricación digital, conformando así el concepto de artesanía digital.

Segundo, mediante un análisis con foco en la producción, se propuso un modelo de producción arquitectónica alternativo, un híbrido entre la producción en serie de elementos constructivos y la construcción convencional más cercana a la artesanía. La conclusión aquí es que la tendencia productiva futura podría ser aquella en la que todos los componentes constructivos serán diseñados y fabricados específicamente para cumplir unos requisitos de desempeño particulares, siendo los más eficientes para esa tarea, a un costo similar al que actualmente se obtienen componentes genéricos. Esto implica eficiencias muy altas en cada requisito establecido, con su consecuente reducción de impactos, entre otros; ambientales, económicos o sociales. Se establece que, desde el momento de la concepción del proyecto hasta el final de su vida útil es fundamental la consideración de los diferentes procesos, en un enfoque integral de retroalimentación continua.

Este nuevo modelo puede encontrar algunas particularidades, principalmente de índole cultural o disciplinar, que actualmente limitan su desarrollo. La falta de formación para establecer requisitos particulares, la tendencia a normalizar o estandarizar las obras y la globalización de productos estándar son algunas de ellas. Además, existe una brecha cultural que aún limita el crecimiento de modelos de producción que involucren a los usuarios o clientes en los procesos de diseño. Sin embargo, está en manos de diseñadores y arquitectos el introducir nuevos modelos productivos en el mercado, así como incorporarlos en sus prácticas disciplinares.

Por otro lado, se establecieron algunas limitaciones a las que se enfrentan y las potenciales particulares de dos casos de laboratorios de fabricación digital latinoamericanos, además de algunas consideraciones respecto a su desarrollo, crecimiento y futuro. En este sentido, se concluye que existe un interés desde la academia por sumar instancias de educación e investigación en la temática, que, más allá de ciertas resistencias iniciales, se encuentra en aumento.

Asimismo, focalizándose en la temática del trabajo, se concluye que las experiencias de laboratorios de fabricación digital con artesanos regionales han propiciado un acercamiento entre la academia y comunidades locales, generando sinergias interesantes. Primero, han contribuido al empoderamiento de ciertos colectivos, dotándolos de conocimiento y herramientas y se ha realizado con éxito transferencias tecnológicas para su desarrollo. Segundo, han posibilitado la observación, investigación y

valoración de procesos que en general se transmiten generacionalmente a través de aprendizajes diferentes a aquellos formales, lo que produjo interés tanto en estudiantes como docentes y, en varios casos, desembocó en la generación de conocimiento. Por último, estas experiencias alimentaron la idea de una identidad latinoamericana, que, aunque basada en tecnología importada del hemisferio norte, busca ser propia y responder a su contexto. Esto implica una aprehensión y una contextualización tecnológica pertinente para la región.

En este sentido, se realizó una clasificación en tres categorías de ejemplos que se consideran pertinentes para el estudio de lo que se consideró como artesanía digital en la región. De esto se concluye que el concepto puede aplicarse a diversos proyectos que se desarrollaron y desarrollan en el continente, por varias razones, pero principalmente por su contribución a la codificación de sentidos.

En suma, en este trabajo se plantea a la artesanía digital como un modo de tender puentes entre los procesos de fabricación digital y la arquitectura. Se establecen algunas particularidades de la artesanía que, a su modo, contribuyen a la codificación de sentidos: la retroalimentación entre diseño y fabricación, la capacidad de generar o reforzar identidades colectivas, sociales o urbanas, la apropiación de tecnologías desde lo local y la narrativa detrás del objeto. En esta línea, se concluye que estas características, trabajadas desde lo digital, se potencian para generar proyectos que promueven la transferencia e incorporación tecnológica.

Codificar sentidos es una narrativa que transita y cose diversas

miradas y reflexiones sobre las sinergias entre lo digital y lo humano desde el punto de vista de la fabricación. Busca entender y codificar elementos y procesos que forman parte de lo humano, para lograr sinergias que apunten a un mejor aprovechamiento de los recursos desde el punto de vista productivo. Los sentidos son el tacto, el oído, pero también son la pertenencia, la representación, la percepción o la identidad y codificarlos implica experimentaciones, trabajos, proyectos, contactos y vínculos con actores heterogéneos que aporten los suyos propios para así poder codificarlos y colectivizarlos, de modo de conservarlos, replicarlos o revalorizarlos.

# Entrevistas

## Pereyra Bonifacio, Paulo

Fecha: 03 Agosto de 2020.

Modalidad: Presencial

Observaciones: Arquitecto egresado de la Facultad de Arquitectura (Udelar) en el año 2010. Actualmente es coordinador del laboratorio de fabricación digital; FabLab MVD -FADU-Udelar en actividades de investigación, gestión, enseñanza y extensión universitaria. Integra el MVD-Lab, laboratorio de innovación ciudadana de la Intendencia de Montevideo realizando tareas de mediación y coordinación en actividades de participación ciudadana. Forma parte del comité científico del SIGRADI (Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital) evaluando artículos de investigación relacionados con tecnologías de fabricación digital.

## Scheeren, Rodrigo

Fecha: 19 Agosto de 2020.

Modalidad: Videollamada

Observaciones: Licenciado en Filosofía y Licenciado en Arquitectura y Urbanismo. Rodrigo Scheeren trabaja actualmente en el Instituto de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de São Paulo (IAU) (São Carlos), con un período de prácticas en el Departamento de Arquitectura, Entorno Construido e Ingeniería de la Construcción del Politecnico di Milano (Departamento ABC) (Milán). Rodrigo investiga en Historia y Teoría de la Arquitectura, CAAD, procesos de diseño computacional, tecnologías de fabricación digital, estudios de ciencia y tecnología y estudios culturales. Su proyecto actual es “Laboratorios de fabricación digital en América del Sur: estrategias, procesos y artefactos para la arquitectura y el diseño”.

## Herrera, Pablo C.

Fecha: 26 Agosto de 2020.

Modalidad: Videollamada

Observaciones: Diseñador Industrial y MSc Arquitectura. Docente Ordinario Asociado e Investigador (Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas). Investigador RENACYT. Ex-Presidente SIGRaDi, Senior member ACM. Co-Chair Trienal “Homo Faber. Fabricación Digital en Latinoamérica”. Editorial Board del “International Journal of Architectural Computing”. Miembro de los Comités Científicos de CAADRIA, eCAADe, CAAD Futures, SIGRaDi, ASCAAD, ACSA.

## Lagomarsino, Federico

Fecha: 14 Septiembre de 2020.

Modalidad: Videollamada

Observaciones: Arquitecto, artista visual y docente. Ha participado en exposiciones nacionales e internacionales y obtenido premios en concursos de arquitectura. Arquitecto seleccionado para Young Architects in Latin America y exposición en la 16 Bienal de Arquitectura de Venecia. Actualmente es curador responsable del envío nacional de Uruguay a la 17 Bienal de Arquitectura de Venecia 2021. Vive y trabaja en Montevideo.

# Referencias bibliográficas

Acha, J. (2009) *Introducción a la teoría de los diseños*. México DF: Editorial Trillas.

Aish R., Woodbury R. (2005) *Multi-level Interaction in Parametric Design*. In: Butz A., Fisher B., Krüger A., Olivier P. (eds) *Smart Graphics. SG 2005. Lecture Notes in Computer Science*, vol 3638. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/11536482\\_13](https://doi.org/10.1007/11536482_13)

Bethell, L. (2002). *Historia de América Latina*. Barcelona: Editorial Crítica / Cambridge University Press.

Borges, A. (2015) *Craft revitalization as a change agent in Latin America*. *Making Futures Journal*, 3, 11-14.

Cardoso, D. (2009). *Generative Craft: A brief critical inquiry into design automation and design automata*.

Carpo, M. (2005). *La desaparición de los idénticos, la estandarización arquitectónica en la era de la reproductibilidad digital*. En Ortega, L. (Ed.), *La digitalización toma el mando*. Gustavo Gili.

Carpo, M. (2017). *Building with geometry, drawing with numbers*. En A. Goodhouse (Ed.), *When Is the Digital in Architecture?* (pp.33-44). Sternberg Press.

Carpo, M. (2017). *The second digital turn: design beyond intelligence*. The MIT Press.

Celento, D. (2012). *Innovate or perish: new technologies and architectures future*. En R. Corser (Ed.), *Fabricating Architecture. Selected readings in digital design and manufacturing* (pp. 42-55). Princeton Architectural Press.

Choma, J. (2010) *Contested Boundaries: Digital Fabrication + Hand Craft*, 14th SIGraDi, 146-149. Bogotá.

Dunn, N. (2012). *Proyecto y construcción digital en arquitectura*. Blume.

Ferris, M. (2013) *The returns of crafting a Post-Global in the context of emerging global sustainability agendas*, *Making Future Journal*, 3.

Gershenfeld, N. (2012). *How to Make Almost Anything: The Digital Fabrication Revolution*. *Foreign Affairs*, 91, 43-57.

Herrera, P. & Juárez, B. (2013) *Fabrication Laboratories: Problems and possibilities of implementation in Latin America*, Fab9 Research.

Yokohama, Japón.

Herrera, P. (2016). *Artesanía en Latinoamérica: Experiencias en el contexto de la Fabricación Digital*. *Blucher Design Proceedings*, 426-432. <https://doi.org/10.5151/despro-sigradi2016-814>

Herrera, P. & Juárez, B. (2016). *Perspectivas en los laboratorios de fabricación digital en Latinoamérica*. 10.6084/M9.FIGSHARE.3398053.

Hughes, P. (2012). *Towards a post-consumer subjectivity: a future for the crafts in the twenty first century? craft + design enquiry*, 03, 7-17. <https://doi.org/10.22459/cde.03.2011.02>

Iwamoto, L. (2009). *Digital Fabrications: Architectural and Material Techniques* (1.a ed.). Princeton Architectural Press.

Jhonson, J. (1988) "Mixing Humans and Nonhumans Together: The Sociology of a Door-Closer". *Social Problems*, Vol. 35, n°3.

Kolarevic, B. & Pinto Duarte, J. (2019). *Mass Customization and Design Democratization*. Routledge.

Krygiel, E. (2012). *Using building information modeling for performance-based design*. En R. Corser (Ed.), *Fabricating Architecture. Selected readings in digital design and manufacturing* (pp. 42-55). Princeton Architectural Press.

Lagomarsino, F. & García Amen, F. (2017). *Gran Salvo. Faro interactivo para el Palacio Salvo*. En: SIGraDi 2017, XXI Congreso de la Sociedad Ibero-americana de Gráfica Digital.

Latour, B. (2001). *La esperanza de Pandora*. Gedisa.

Latour, B. (2008) *Reensamblar lo social*. Manantial.

Nonaka, I. & Takeuchi, H. (1995) *The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. Oxford University Press.

Ortega, L. (2009). *Introducción*. En Ortega, L. (Ed.), *La digitalización toma el mando*. Gustavo Gili.

Oxman, N. (2007). *Digital Craft Fabrication-Based Design in the Age of Digital Production*.

Oxman, N. (2010). Structuring Materiality: Design Fabrication of Heterogeneous Materials. *Architectural Design*, 80(4), 78-85. <https://doi.org/10.1002/ad.1110>

Passaro, A., Rohde, C. (2015) “Casa Revista: arquitetura de fonte aberta”. XIX Congresso da Sociedade Ibero-americana de Gráfica Digital. DOI: 10.5151/despro-sigradi2015-30043

Picon, A. (2017). Histories of the digital: information, computer and communication. En A. Goodhouse (Ed.), *When Is the Digital in Architecture?* (pp. 79-98). Sternberg Press.

Schwab, K. (2017). *La cuarta revolución industrial*. Penguin Random House Grupo Editorial.

Sennett, R. (2009). *El artesano*. Anagrama.

Seo-Zindy, R., & Heeks, R. (2017). Researching the Emergence of 3D Printing, Makerspaces, Hackerspaces and Fab Labs in the Global South: A scoping review and research agenda on digital innovation and fabrication networks. *Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries*. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.1681-4835.2017.tb00589.x>

Speaks, M. (2002). Design intelligence and the new economy. *Architectural Record*, 190(1).

Sperling, D. & Herrera, P. (2015). *Homo Faber. Digital Fabrication in Latin America*. São Carlos, Brazil: Instituto de Arquitetura e Urbanismo de São Carlos

Sperling, D. & Herrera, P. & Scheeren, R. (2018). *Homo Faber 2.0. Politics of digital in Latin America*. São Carlos, Brazil: Instituto de Arquitetura e Urbanismo de São Carlos

Sperling, D. & Herrera, P. & Scheeren, R. (2019) “Fabricating (Other) Computations: Digital Fabrication and Technological Appropriation in Latin America”. *Dearq* 52-63. DOI: <https://doi.org/10.18389/dearq27.2020.06>

Terzidis, K., & Mitchell, W. J. (2003). *Expressive Form: A Conceptual Approach to Computational Design* (1.a ed.). Routledge.

# Créditos de imágenes

**Imagen\_01.** Arquitectura ensamblada mediante drones. Gramazio & Kohler. Disponible en: [http://www.gramaziokohler.com/web/includes/popup.php?file=http://www.dfab.arch.ethz.ch/data/ProjectImages/02\\_Web/M/122/111214\\_FlyingVehicle\\_09\\_WM.jpg&Copyright=46&lang=d&closeText=click%20to%20close](http://www.gramaziokohler.com/web/includes/popup.php?file=http://www.dfab.arch.ethz.ch/data/ProjectImages/02_Web/M/122/111214_FlyingVehicle_09_WM.jpg&Copyright=46&lang=d&closeText=click%20to%20close)

**Imágenes\_02/03.** Baby Yar - Kokkugia / Arquitectura generada con algoritmos. Kokkugia. Disponibles en: <https://www.kokkugia.com/babiy-yar>

**Imagen\_04.** Impresión 3D de órganos con tejido vivo. Jack Guez / AFP. Disponible en: <https://www.gettyimages.com.mx/fotos/jack-guez?editorialproducts=news&family=editorial&phrase=jack%20guez&sort=mostpopular>

**Imágenes\_05/06.** Arquitectura ensamblada mediante brazos robóticos. Gramazio & Kohler. Disponibles en: [https://gramaziokohler.arch.ethz.ch/web/includes/popup.php?projectId=206&Copyright=18&lang=d&BildGezuegelt=1&image\\_count=0&closeText=click%20to%20close](https://gramaziokohler.arch.ethz.ch/web/includes/popup.php?projectId=206&Copyright=18&lang=d&BildGezuegelt=1&image_count=0&closeText=click%20to%20close)

**Imágenes\_07/08/09.** Esferas impresas en 3D mediante DDMM. Neri Oxman. Disponibles en: <https://oxman.com/projects/data-driven-material-modeling>

**Imágenes\_10/11/12.** Proceso de modelado mediante DDMM. Neri Oxman. Disponibles en: <https://oxman.com/projects/data-driven-material-modeling>

**Imagen\_13.** Red celular basada en Chitosan. El color indica variaciones de propiedades físicas. Neri Oxman. Disponible en: <https://oxman.com/projects/aguahoja>

**Imagen\_14.** Proyecto Aguahoja I. Neri Oxman. Disponible en: <https://oxman.com/projects/aguahoja>

**Imagen\_15.** Variaciones del patrón estructural. Neri Oxman. Disponible en: <https://oxman.com/projects/aguahoja>

**Imagen\_16.** Situated fabrications. Kokkugia. Disponible en: <https://www.kokkugia.com/SITUATED-FABRICATIONS>

**Imagen\_17.** Esquema de funcionamiento de Amazon Comprehend.

Amazon Web Services. Disponible en: <https://aws.amazon.com/es/comprehend/>

**Imágenes\_18/19.** Seccionado / Loewy Bookshop. Jakob+Macfarlane. Disponible en: <http://www.jakobmacfarlane.com/en/project/loewy-bookshoop/>

**Imagen\_20.** Mosaico / Fachada Air Space Tokyo. Faulders-Studio. Disponible en: <https://faulders-studio.com/AIRSPACE-TOKYO>

**Imágenes\_21/22.** Plegado / Manifold screen. Matsys. Disponible en: <https://www.matsys.design/manifold-screen>

**Imagen\_23.** Contornado / The Bone Wall. Joe MacDonald. Disponible en: <http://storefrontnews.org/archive/exhibition/2000s/2006/joe-macdonaldurban-ao-architecture-llc-the-bone-wall/>

**Imagen\_24.** Forming / UniBodies. Patterns. Disponible en: <https://patterns.work/Unibodies>

**Imagen\_25.** Porter House Condominium. SHoP Architects. Disponible en: <https://www.shoparc.com/projects/porter-house/>

**Imagen\_26.** Esquema de fabricación y montaje de fachada / Porter House Condominium. SHoP Architects. Disponible en: <https://www.shoparc.com/projects/porter-house/>

**Imagen\_27.** FabLab MVD. Fuente: propia.

**Imagen\_28.** Esquema Casa Revista. WikiHouse Rio. Disponible en: <https://wikihouserio.cc/>

**Imágenes\_29/30/31.** Construcción Casa Revista. WikiHouse Rio. Disponible en: <https://wikihouserio.cc/>

**Imagen\_32.** Proyecto Losing my America. gt2p. Disponible en: <https://www.gt2p.com/Losing-my-America-1>

**Imágenes\_33/34.** Proyecto Losing my America. gt2p. Disponible en: <https://www.gt2p.com/Losing-my-America-1>

**Imagen\_35.** Fab Loom. Walter González Arnao. Disponible en: [http://galerias.bid-dimad.org/bid\\_14/?p=4791](http://galerias.bid-dimad.org/bid_14/?p=4791)

**Imagen\_36.** Fab Loom. Walter González Arnao. Disponible en: [http://galerias.bid-dimad.org/bid\\_14/?p=4791](http://galerias.bid-dimad.org/bid_14/?p=4791)

**Imagen\_37.** Maker Tinker Learn. Fuente: cortesía Rodrigo Scheeren.

**Imágenes\_38/39.** Proyecto fabricación digital de losetas. Fuente: cortesía Rodrigo Scheeren.

**Imagen\_40.** Objetos resultantes / Love project. Guto Requena. Disponible en: <https://gutorequena.com/experience-1>

**Imagen\_41.** Esquema Love project. Guto Requena. Disponible en: <https://gutorequena.com/experience-1>

**Imagen\_42.** Empatías mapeadas. Guto Requena. Disponible en: <https://gutorequena.com/empatias-mapeadas>

**Imagen\_43.** Gran Salvo. Federico Lagomarsino. Fuente: cortesía Federico Lagomarsino.

**Imágenes\_44/45/46/47.** Maqueta para el proyecto Gran Salvo. Federico Lagomarsino. Disponible en: [https://www.plataformaarquitectura.cl/925645/un-nuevo-faro-completa-la-icónica-cúpula-del-palacio-salvo-en-uruguay?ad\\_medium=gallery](https://www.plataformaarquitectura.cl/925645/un-nuevo-faro-completa-la-icónica-cúpula-del-palacio-salvo-en-uruguay?ad_medium=gallery)

**Imagen\_48.** Gran Salvo. Fuente: cortesía Federico Lagomarsino.

**Imagen\_49.** Pieza que conforma la intervención. Federico Lagomarsino. Fuente: cortesía Federico Lagomarsino.

**Imagen\_50.** Proceso de armado a pie de obra. Fuente: cortesía Federico Lagomarsino.

**Imagen\_51.** Montevideo has new visitor versión temporal. Disponible en: [https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/794883/montevideo-tiene-un-nuevo-visitante-adaptation-por-federico-lagomarsino?ad\\_medium=gallery](https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/794883/montevideo-tiene-un-nuevo-visitante-adaptation-por-federico-lagomarsino?ad_medium=gallery)

**Imagen\_52.** Desmontaje de la intervención temporal. Fuente: cortesía Federico Lagomarsino.

**Imagen\_53.** Proceso de armado a pie de obra. Fuente: cortesía Federico Lagomarsino.

**Imagen\_54.** Montevideo has a new visitor versión definitiva. Fuente: cortesía Federico Lagomarsino.

Montevideo, Uruguay  
Octubre 2020