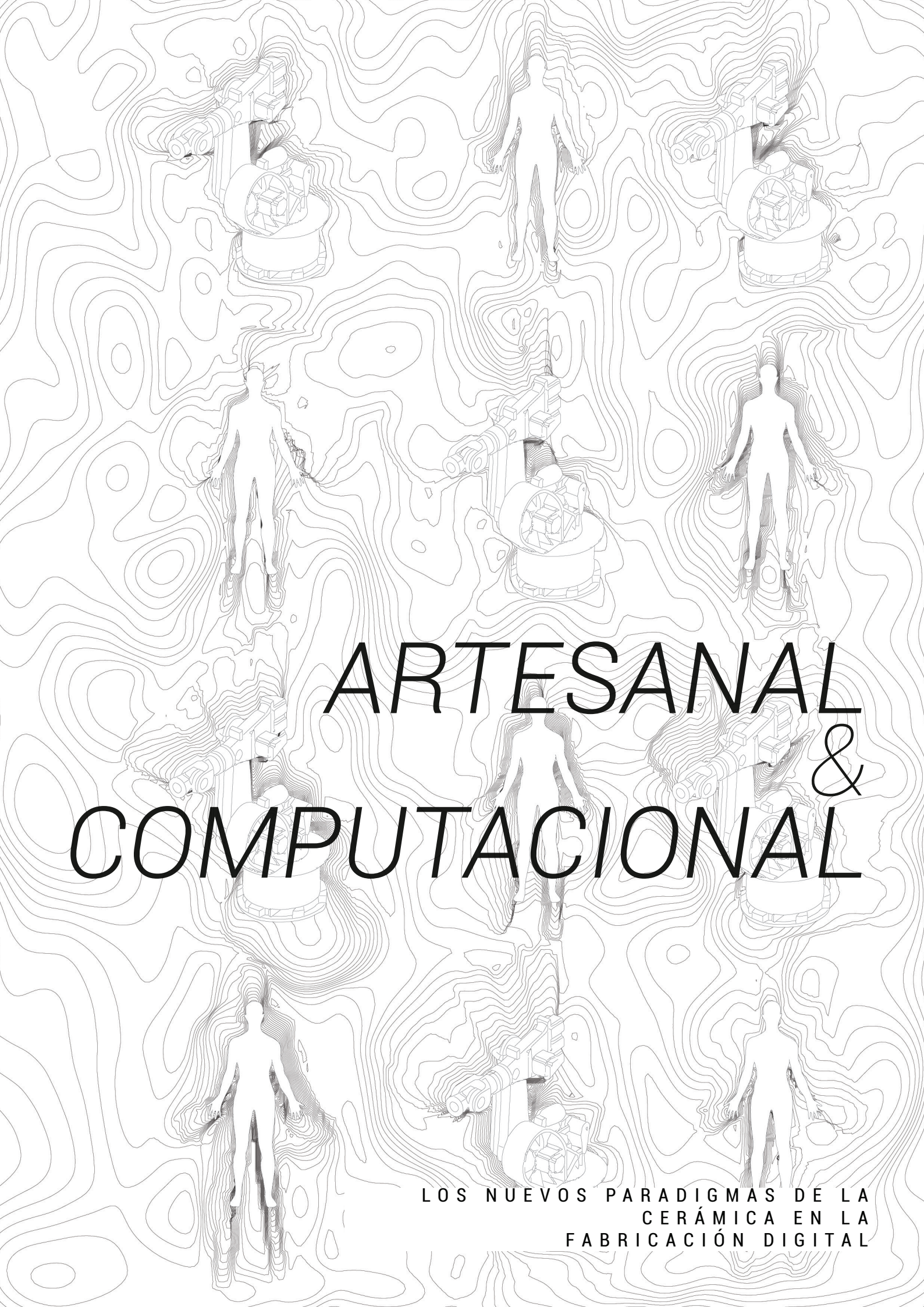


ARTESANAL & COMPUTACIONAL

LOS NUEVOS PARADIGMAS DE LA CERÁMICA EN LA FABRICACIÓN DIGITAL

INDICE

INTRODUCCIÓN

CONTEXTO

FABRICACIÓN DIGITAL, ¿POR QUÉ LA NECESITAMOS?

CONTEXTOS EDUCACIONALES

METODOLOGÍA

MARCO CONTEXTUAL
DE LO DIGITAL A LO MATÉRICO

“HARD” ARQUITECTURA
ROBOTS INDUSTRIALES
FABRICACIÓN POR ADICIÓN

“SOFT” ARQUITECTURA
CRUCE DE DATOS
NUEVAS INTERFACES
HABILIDADES HUMANAS Y COMPUTACIONALES
DATOS A TIEMPO REAL
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL
NUEVOS FLUJOS DE TRABAJO

PROYECTO

OBJETO DE ESTUDIO

RETOS Y OPORTUNIDADES
ESPERANZAS Y SUEÑOS

RESULTADOS A LARGO PLAZO

REFERENCIAS

Beca Fundación ARQUIA
Real Academia de Bellas Artes de San Fernando
Proyecto de investigación

Jesús Medina Ibáñez

INTRODUCCIÓN

Mucho está ocurriendo en el mundo de las impresiones 3D. Es difícil mantener el ritmo. Cada día un nuevo dispositivo es presentado, un nuevo material es creado y una nueva aplicación en el mundo real es comprobada. Pero, ¿son las impresiones en 3D realmente una nueva revolución industrial? Las tecnologías vienen y van, muchas de ellas cambian nuestras vidas para siempre y otras, simplemente desaparecen. Actualmente, se espera que el mercado de las impresiones 3D alcance los 7.7 billones de Euros hacia el 2023, segmentado en elementos mecánicos para impresoras, materiales, procesos, tecnología, software, servicios, aplicaciones...etc.

He aquí porqué la impresión 3D es una verdadera revolución. Existe un hilo común en todas las revoluciones industriales: la desaparición de un importante factor industrial. Un factor de coste cayó en orden de magnitud, desapareciendo esencialmente de la ecuación. Ese cambio dramático dio lugar a una cascada de nuevas industrias y nuevas innovaciones. En la primera revolución industrial, fue el costo de la energía. Después de que la máquina de vapor fuera inventada, de donde anteriormente la fuerza provenía de animales, ruedas hidráulicas y molinos de viento, la energía se convirtió en un bien de fácil acceso, allanando el camino para nuevas industrias. En la segunda revolución industrial el coste volvió a caer. Anterior a los ordenadores electrónicos, únicamente la gente más preparada con los mejores equipamientos podían procesar unos cientos de números a la hora. Con la llegada de ordenadores electrónicos, cualquiera podía manejar miles de números por segundo, generando una cascada de nuevas industrias y tecnologías. En la tercera revolución industrial, el coste de la comunicación cayó significativamente. Solo un par de décadas atrás, enviar grandes cantidades de información a larga distancia era lento y poco de fiar. Hoy enviamos Terabytes alrededor del planeta sin preocupaciones o problemas. La habilidad en la comunicación ha permitido una corriente de nuevas industrias como por ejemplo el comercio online y las redes sociales.

Las impresiones 3D tienen el mismo background histórico: una caída importante en el coste de fabricación de los productos complejos. Antes de la impresión en 3D, la fabricación de formas complejas requería sustancialmente mucha habilidad, tiempo, esfuerzo y presupuesto. Actualmente las impresoras 3D gestionan la complejidad de manera ágil, tendiendo el costo de la complejidad a cero. Si bien el diseño sigue siendo un reto, la complejidad en la fabricación es cada vez más fácil, y esto da lugar a un gran número de innovaciones en diferentes campos.

¿Qué campo va a ser afectado más fuertemente? El campo que incluya la fabricación digital de cara a la arquitectura, la creación de formas complejas y productos optimizados con un entendimiento del material y conciencia de la repercusión de su huella ecológica desde el diseño.

No hay duda de que la máquina de vapor, el ordenador y el Internet no eran una simple moda.



Iridescence Print, 2015. Gramazio & Kohler Research. Palais de Tokyo, París Iridescence Print es la primera exposición completamente impresa por maquinas robóticas a gran escala. Concevida como una estructura compleja, la instalación sintetiza una exploración rigurosa de los potenciales de las extrusiones en 3D de mayas espaciales a escala arquitectónica. La instalación multicolor fue llevada a cabo durante el curso académico "Extruded Structures" y presentada de forma exclusiva en la exposición „L'usage des formes – Artisans d'art et artistes" en el Palais de Tokyo, apoyado por la Fundación Bettencourt Schueller.

CONTEXTO

FABRICACIÓN DIGITAL, ¿POR QUÉ LA NECESITAMOS? CONTEXTOS EDUCACIONALES

El origen de los laboratorios para la Fabricación Digital deriva del "Center Bits and Atoms (CBA)" del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT Cambridge, USA). El fundador de este movimiento fue Neil Gershenfeld definiéndolo como "la revolución que comienza en nuestros ordenadores y en nuestras cabezas". Una nueva forma de conectar dispositivos y máquinas disponibles comercialmente y controladas por software libre con el objetivo final de generar nuevas formas de entender la realidad y consolidar redes sociales entre personas con intereses comunes.

Se necesitan décadas o incluso siglos para que una nueva disciplina o actividad intelectual llegue a ser crucial para la evolución en el trabajo, convivencia y ciudadanía. Democratizando tareas y aprendizajes, que únicamente eran accesibles para expertos, es la manera que las personas tienen para comprender el momento de cambio y progreso tecnológico en el que estamos viviendo.

Desde los años setenta, miles de investigadores han realizado un trabajo exhaustivo generando herramientas para permitir que la programación fuera un lenguaje fácil de aprender. Lenguajes como Python, Java, C#... han obtenido una fama nunca antes vista, haciendo que el código sea accesible a millones de estudiantes y profesores. Se convirtió no únicamente en una herramienta potente para matemáticos, ingenieros o científicos, sino que llegó incluso a tener una gran actividad en colegios, institutos y universidades.

La fabricación digital atrae grandes ideas, nuevos contextos creativos y nuevas formas de expresión en base a un nuevo entendimiento de la realidad. Se trata de un conocimiento multidisciplinar que abarca la comprensión de lenguajes de programación, análisis ingenieriles, procesos de diseño, sociológicos... con un punto en común: poner a prueba nuestra inventiva.

CONTEXTO EDUCACIONAL

En España se ha puesto en evidencia que la tecnología estaba cambiando demasiado deprisa, pero que su acercamiento e influencia en nuestras instituciones públicas era de escaso reconocimiento. Esa sugerencia, que apostaba por las habilidades adaptativas y destrezas tecnológicas, dejó de lado la computación y en particular las capacidades intelectuales que dan fuerza a la gente para manipular el medio de un modo diferente. Mostrar soluciones a problemas de forma creativa y científica es la dirección que ha de tomar este movimiento.

Los contextos educacionales son los encargados de transformar las "habilidades informáticas" en una "fluidez computacional" para incluir un conocimiento básico sobre una naturaleza que comprende las limitaciones en los procesos de diseño. ¡Hacia una competencia técnica! Una aceleración de las innovaciones tecnológicas, hacia la automatización de trabajos rutinarios en los cuales los seres humanos no pierden, sino que ganan en conocimiento y precisión. El uso de hardware y software libre en el desarrollo de la fabricación digital "low-cost" ha generado una corriente de nuevos creadores que son la base de las "Start-Ups" más creativas. Estudiantes participando en actividades como la robótica, sensores ambientales, análisis de datos, diseño, ingeniería y ciencia avanzada, marcan el siguiente escalón tecnológico dentro de la arquitectura en el cual ya nos encontramos.

METODOLOGÍA

MARCO CONCEPTUAL

DE LO DIGITAL A LO MATÉRICO

La materialización de lo digital es un paradigma dentro de un marco específico que se ajusta a procesos computacionales. Ese marco utiliza lenguajes simbólicos que son capaces de administrar infinitos grados de libertad en un formato compacto a través de la programación, y la directa interacción de cualquier objeto en cualquier resolución espacial. La fabricación digital se define como un vector de doble sentido; el diseño se vuelca en la fabricación y la fabricación da la información para mejorar el diseño. De esta manera se puede describir, monitorizar, manipular y crear cualquier objeto en su proceso desde la etapa más temprana.

Los atributos son:

Digitalización - mapeado espacial -> de la materia a la información

Materialización - digitalización espacial -> de la información a la materia

Infinito - operabilidad a cualquier escala

Código libre - accesible a personas para diseñar, crear y modificar el código

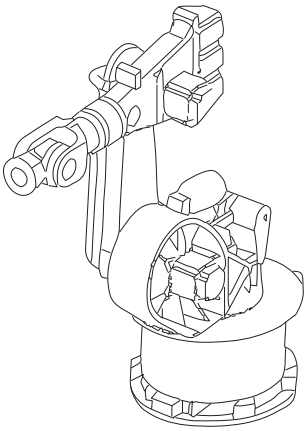
El acercamiento a lo computacional desde lo artesanal no se puede aplicar únicamente a objetos tangibles, también pueden incluirse en conversores de elementos no matéricos como la luz o el sonido. Aunque actualmente existen sistemas para digitalizar materia que han sido muy efectivos, la representación, control y creación de materia es un campo aún por explorar en los sistemas digitales y de computación.

Los sistemas de fabricación asistidos por ordenador no suelen representar la verdadera dimensionalidad del objeto producido, como por ejemplo, su peso, humedad o temperatura. Con el uso de tecnologías paramétricas que posibilitan la descripción y el entendimiento de las propiedades de los materiales a una resolución infinitesimal, se puede representar la información sobre esta materia de manera precisa a diferentes escalas. Se propone la visualización de la complejidad y la naturaleza de los objetos que serán ajustados a procesos de fabricación. La materialización digital sobrepasa las limitaciones de los objetos producidos de forma artesanal, proponiendo sistemas heterogéneos, interactuando de forma más directa y más natural con la complejidad intrínseca del material.

A diferencia de los lenguajes analógicos, los lenguajes de programación pueden describir y controlar la materia a nivel infinitesimal, y sobre todo, facilitar el acceso a esa información para un mayor control y fiabilidad.



Rock Print es la primera instalación arquitectónica que es construida con material granular y construida por maquinas robóticas. El proyecto ha sido mostrado en la Bienal de Arquitectura de Chicago. Gramazio Kohler Research, ETH Zurich, y Self-Assembly Lab, MIT



Robots industriales son definidos como digitalmente controlados, reprogramables, programable para usos múltiples...etc. El campo de la robótica debe de ser prácticamente definido como el estudio, diseño y uso de sistemas robóticos para la industria.

"HARD" ARCHITECTURE
ROBOTS INDUSTRIALES EN FABRICACIÓN DIGITAL
FABRICACIÓN POR ADICIÓN

Los robots industriales generan interés entre arquitectos, diseñadores y artistas debido a los complejos movimientos que son capaces de realizar cercanos al del humano. En la línea de esta investigación se propone comprender el acercamiento que permite a los diseñadores, artistas y arquitectos convertir los robots industriales en herramientas del verdadero diseño.

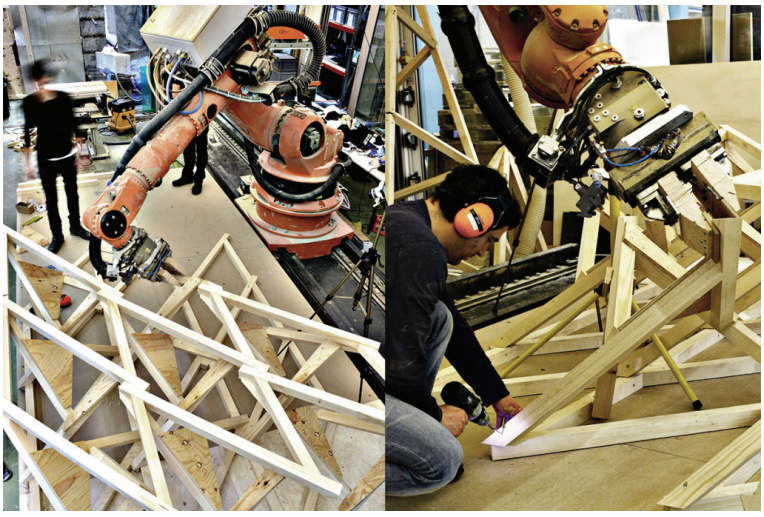
Los robots industriales son herramientas, pero de forma más realista, son manipuladores programables que pueden desplazar elementos con movimientos pre-codificados. La facilidad en su re-programación hace que las tareas puedan ser modificadas mediante un cambio en sus ajustes de control sin necesidad de cambiar elementos del hardware. Normalmente se combinan con atributos de herramientas tradicionales y pueden repetir tareas por largos periodos de tiempo y con gran precisión.

Uno de los grandes intereses radica en cómo arquitectos y diseñadores pueden interactuar virtualmente y físicamente con robots, permitiendo una relación inmediata entre diseño y movimiento. La multifuncionalidad de los robots puede ser aplicada a cualquier tipo de contexto (científico, arquitectónico, artístico...etc), en los cuales mediante la puesta en práctica de diferentes materiales se pueden obtener una gran variedad de resultados. Por ejemplo, los materiales poliméricos permiten ser trabajados de diferentes maneras, formas y escalas. Se considera un material idóneo para interactuar con los robots industriales ya que entre otras cosas, no está limitado con los procesos aditivos.

Hoy en día, los robots se utilizan en contextos industrializados con jerarquías altamente estructuradas. Por eso, la nueva generación de robots se están haciendo para generar condiciones menos jerárquicas y una mayor flexibilidad. Con todo ello, el abaratamiento de los procesos y la facilidad de uso irían de la mano. Al tener en cuenta las limitaciones en fabricación y las propias del material, la creación de prototipos virtuales liberará de la incertidumbre y dará lugar a una evaluación más precisa en el diseño.

Con un equipo de arquitectos con un cierto background en robótica, profesores con suficiente experiencia en la materia, matemáticos con un conocimiento elaborado de la geometría y diseñadores, este proyecto interdisciplinar propone investigar las interfaces entre humanos y robots con el objetivo de la comprensión geométrica de la materia y su comportamiento bajo determinados factores como los condicionantes del contexto al que se le aplica. Mediante el uso de robots industriales como herramienta, no como un reemplazo de la mano humana sino como una máquina de producción y colaboración. Al entender los robots industriales como una herramienta potente y robusta, el objetivo es llevar la creatividad a nuevas fronteras entre el límite de la geometría y la computación. La colaboración hombre-máquina marca la pauta de un nuevo paradigma.

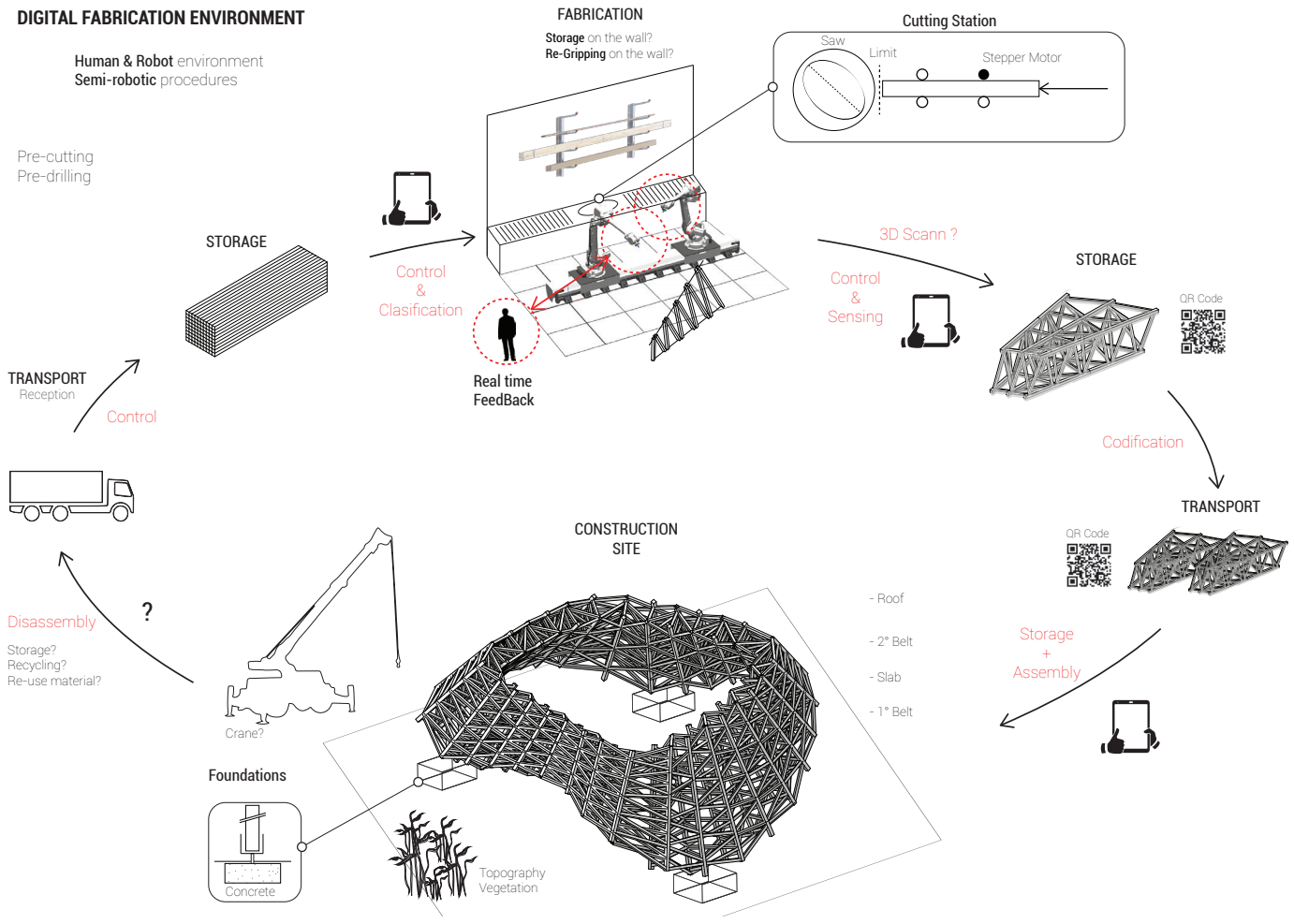
Proyecto realizado por los estudiantes del MAS ETH-z, 2016, para la construcción de una vivienda de 40 m2 realizada por procesos de fabricación digital. El material utilizado es madera.Después de un proceso digital de diseño se ha optimizado la geometría me manera que el material trabaje principalmente a compresión. Una vez finalizada su fabricación, el prototipo es comprobado bajo carga como estudio de resistencia estructural.



"SOFT" ARQUITECTURA
CRUCE DE DATOS
NUEVAS INTERFACES

El cruce de datos a nivel computacional ha llegado a ser el foco de las investigaciones dentro del campo de la información en la arquitectura. Los dispositivos de lectura de datos (sensores, cámaras, apps...), pueden ser instaladas en cualquier lugar físico y llegar a ser prácticamente invisibles. Esta ventaja cambia la manera de interactuar con los ordenadores, los dispositivos móviles y, sobre todo, con las máquinas. Dentro del diseño en la arquitectura, el cruce de datos es un tema relevante, en el cual se han registrado pocas investigaciones que exploren cómo podría cambiar la forma de interactuar con el contexto que nos rodea a través de un dispositivo que sintetice de forma práctica este cruce cruce de datos.

El diseño de dispositivos, especialmente en el área de interacción "hombre-máquina", es una tarea crucial para la implementación de la computación de cruce de datos. Interfaces tales como la interfaz gráfica de usuario (GUI), interfaz tangible de usuario (TUI), y la interfaz orgánica de usuario (OUI), facilitan el intercambio entre el dominio digital y el físico, ofreciendo diferentes vías de experimentación. Estos mecanismos ofrecen interacciónes a pequeña escala a través de dispositivos fácilmente instalables para interactuar con un ordenador a través de acciones visibles.



MAS Digital Fabrication D-Fab. ETH Zurich, Suiza. Proyecto realizado por los estudiantes del curso académico 2015-2016. Prototipo para una casa de 40 m2 realizada en madera y fabricada mediante tecnología robótica ABB. Diagrama que representa el workflow productivo, desde la recepción del material hasta la obra.

PROYECTO

OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio es el desarrollo de prototipos arquitectónicos con el uso de material cerámicos. El uso de estos materiales en la arquitectura desempeña un doble papel; por un lado representa el pasado tradicional de la construcción en cerámica y por otro, el futuro con el uso de procesos en fabricación digital y tecnología del más alto nivel. Los procesos aditivos en la fabricación digital (3D printing) tienen un gran número de acercamientos diferentes en la producción de modelos a escala real. Se puede imprimir en metal, plásticos, materiales fotopolimerizables que endurecen con la luz...etc.

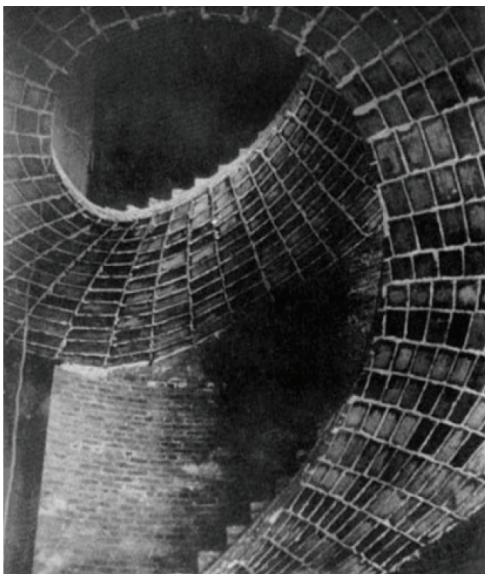
En el paso desde el diseño hacia objetos físicos, es mejor trabajar sobre materiales tangibles. Actualmente se puede imprimir con materiales cerámicos que tienen las mismas cualidades estéticas y físicas que los usados a nivel industrial. Anteriormente, para prototipado se solía hacer la impresión en plásticos u otros materiales, los cuales no tenían ni la misma calidad, ni comportamiento mecánico o estético.

La importancia del trabajo interdisciplinar es de gran importancia. Trabajar con el respaldo de una gran institución que concentre de manera significativa a investigadores y profesionales de diferentes materias trae como beneficio una mirada a la investigación más multidireccional y realista.

Con este proyecto se investigará la posibilidad de imprimir objetos con la precisión necesaria para un acercamiento correcto, estético y mecánico. Ello permite trabajar no únicamente a un nivel de diseño, sino que también facilite el estudio del material a una escala final. La intención es poder tener prototipos y pruebas impresas que se puedan poner en uso dentro de casos específicos. Por ello la calidad debe de ser de alto nivel, con el objetivo de poder satisfacer criterios como función, optimización, eficiencia, ecología...etc.

Para describir cómo el prototipo es realizado, el proceso utiliza la cerámica como material resistente. La impresora deposita el material generando la geometría. La cocción de la cerámica provoca una modificación fundamental en sus propiedades, dando lugar a un material duro de consistencia pétrea e inalterabilidad de forma, elevándo su dureza y resistencia mecánica, resistencia al agua y a los productos químicos.

El futuro de las impresiones 3D para elementos constructivos es muy amplio. Centrándose el interés en elementos de aligeramiento para forjados de hormigón, elementos abovedados, de ladrillos, tejas...etc. Además existe un amplio rango de diferentes disciplinas donde su uso será decisivo en los próximos años.



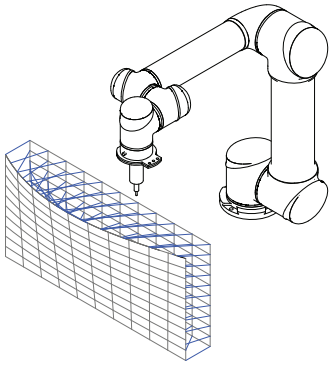


(1) Ejemplo de una escalera diseñada por Guastavino de geometría helicoidal construida con ladrillos cerámicos en "The Union League Club" New York, 1901-1902 (Guastavino/Collins Collection, Avery Library)
(2) stair at Carnegie Mellon University, Pittsburgh, 1914 (Fotografía de Michael Freeman)

RETOS Y OPORTUNIDADES

La función del arquitecto va más allá del diseño edificios o espacios que nos rodean. Es necesario repensar en las diferentes vías que actualmente tenemos al alcance de nuestras manos para desarrollar nuevas visiones de hacia dónde queremos que nuestra disciplina se dirija. La arquitectura tiene la posibilidad de ir más allá de las propias limitaciones de la materia, acercándose a terrenos aun sin explorar, para así poder desarrollar técnicas que tienen que comprender el pasado para lograr su desarrollo.

Diferentes países en el continente europeo han decidido invertir en el desarrollo y la producción de la arquitectura a través de sistemas robóticos, mediante los cuales son capaces de obtener una precisión comparable a la que puede conseguirse con otro tipo de máquinas como CNC o sistemas CAD/CAM. Los trabajos dentro de los laboratorios en grandes universidades como la ETH Zúrich en Suiza o la ICD Universidad de Stuttgart en Alemania, han permitido la fabricación de modelos de alta precisión que son considerados los "prototipos del futuro". El ambicioso objetivo consiste en crear sistemas robóticos fácilmente integrables en los procesos de producción arquitectónicos, siendo capaz de lograr un avance tecnológico y computacional nunca antes obtenido.



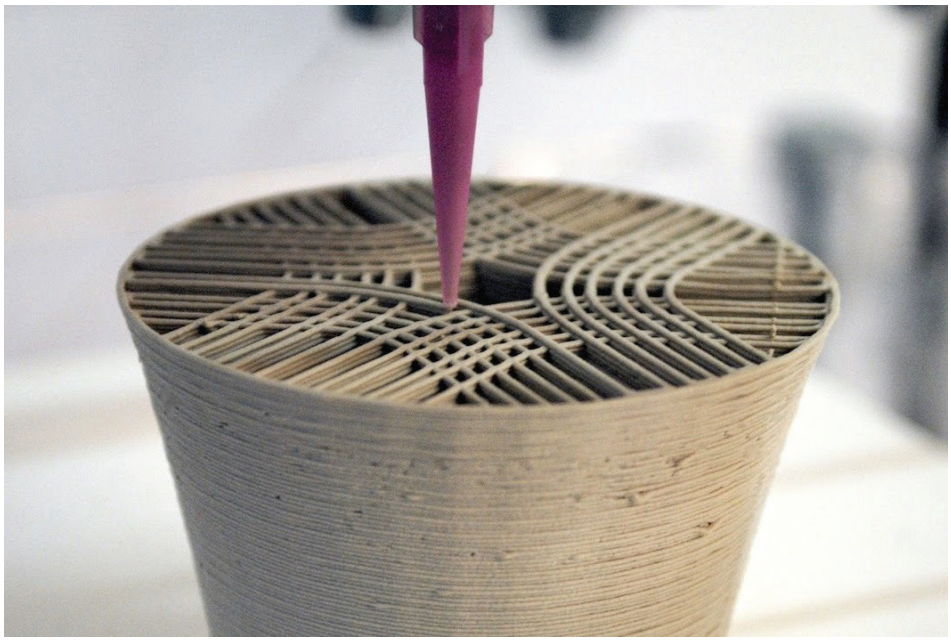
UR o Universal robots son robots colaborativos que son fácilmente integrables en espacios productivos devido a su pequeño tamaño. Con seis puntos de articulación y un amplio rango de flexibilidad, los brazos robóticos colaborativos estan diseñados para mimetizar el radio de movimiento de un brazo humano. Su presencia cada vez más presente en contextos de fabricación digital, hace del proceso de fabricación una herramienta indispensable.

LARGO PLAZO

La comunidad científica y técnica europea reconoce que el crecimiento económico e industrial en el "antiguo continente" requiere el desarrollo de soluciones industriales capaces de garantizar la calidad constante y la capacidad de adaptarse rápidamente a los cambios frecuentes y repentinos del mercado, a través de tecnologías avanzadas.

La robótica industrial es la plataforma tecnológica ideal para construir las bases de una innovación significativa de los sistemas de producción en la arquitectura. De hecho, los robots industriales combinan una configuración de alta flexibilidad y adaptabilidad, facilidad y rapidez de programación, robustez en el funcionamiento y una completa integración con la tecnología avanzada en el campo de la arquitectura, mecánica, informática e ingeniería. Además, los costes de desarrollo, diseño, instalación y mantenimiento permiten la implementación de soluciones innovadoras con índices de retorno de inversión muy interesantes también para las pequeñas y medianas empresas.

Por estas razones, los sistemas robóticos son ya ampliamente utilizados en muchos campos, desde la industria aeroespacial a la industria del automóvil, desde la metalurgia a plásticos y materiales compuestos, desde la industria farmacéutica a la industria alimentaria y de la industria cerámica a la logística industrial.



El proceso de impresión 3D liderado por Unfold n 2009, está basado en recursos Open-Source RepRap Project. Los diversos prototipos cerámicos desarrollados no hubieran sido posible desarrollarlos sin el trabajo realizado en la comunidad RepRap. Todo el desarrollo con el material cerámico fue documentado bajo la licencia de Creative Commons en el blog de Unfold.

La arquitectura es un campo multidisciplinar donde la robótica tiene un gran papel que desarrollar. Por ello acercarse a el trabajo de arquitectos referentes como Guastavino en Nueva York, dentro del mundo de la arquitectura y la ingeniería, son ejemplos perfectos que provocan que nuestra visión vaya más allá en busqueda de un movimiento transversal.

REFERENCIAS

Gramazio Kohler Research.: 2014, “The Sequential Roof”. ETH Zurich Gramazio Kohler Research. (accessed 27 August 2015)

Gramazio Kohler Research.: 2016, “Rock printing”. ETH Zurich Gramazio Kohler Research

Gramazio Kohler Research.: 2015, “Iridescence Print”. ETH Zurich Gramazio Kohler Research

López López D., Veenendaal D., Akbarzadeh M. and Block P. Prototype of an ultra-thin, concrete vaulted floor system,Proceedings of the IASS-SLTE 2014 Symposium,Brasilia, Brazil,2014

Gibson, I., Rosen, D.W., and Stucker, B., Additive Manufacturing Technologies: Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing, Springer, New York, 2010

Chaput, C. and Lafon, J.B., “3-D Printing Methods,” Ceramic Industry, September 2011

P. Colombo, G. Mera, R. Riedel, G.D. Sorarù. Polymer-derived ceramics: 40 years of research and innovation in advanced ceramics. J. Am. Ceram. Soc., 1837 (2010)

Cumella, T. (2006) Moulding assembling designing: Ceramics in Architecture

Ochsendorf, J. (2009). Guastavino Vaulting: The Art of Structural Tile. New York: Princeton Architectural Press