

**S**on varios los nombres que se disputan la invención de la primera impresora 3D. A todos, eso sí, los une el hecho de haber iniciado el camino de esta nueva tecnología en los albores de los años 80: una herramienta que partió siendo capaz de reproducir piezas de plástico a imagen y semejanza del requerimiento realizado y que hoy, casi cuarenta años después, ha permitido levantar escuelas en medio de la guerra en Ucrania y está revolucionando el mundo de la construcción de viviendas sociales.

Francisco Costabal, presidente de la Comisión de Productividad de la Cámara Chilena de la Construcción (CChC), resume así el "milagro" que pueden realizar las actuales tecnologías de impresión 3D en esta área:

"Viene a dar solución a aquellas partes que requieren de una técnica especial. Antiguamente estaban los oficios de buenos albañiles y talladores, que lamentablemente los hemos ido perdiendo; también los productos (que hacían) eran muy caros de construir. Con la impresión 3D, todos esos elementos van a poder construirse de mejor manera, más rápido y de forma más eficiente", explica el especialista.

Costabal cree que la impresión 3D en hormigón como técnica moderna constructiva, catalogada como de número 4 o sustentable -antes están los métodos prefabricados, de losacero y de acero- ha sido un catalizador para la formulación de nuevos materiales de construcción, muchos de ellos reciclados. Por lo tanto, su aporte no sólo tiene que ver con rapidez y productividad, sino también con la sostenibilidad.

"Además, permite que los diseñadores y constructores puedan contemplar estas nuevas técnicas desde sus diseños, para hacer edificaciones más confortables", dice el representante de la CChC, quien agrega que, pese a que está en fase experimental, es una gran noticia tenerla en Chile, ya que permite ir desarrollando la técnica con miras a su masificación.

"Esta tecnología es innovadora por muchos aspectos", sentencia la arquitecta Verónica Arcos, académica del Departamento de Arquitectura de la Universidad Técnica Federico Santa María y CEO de CONCRET3D Architecture. "Primero que nada, es una técnica muchísimo más sustentable que la manera convencional de hormigonar. No ocupa moldajes, por lo tanto, no genera escombros. Tampoco deja residuos de la mezcla. El único mini residuo que queda después de una obra es cuando se tiene que limpiar la manguera por donde pasó el hormigón", cuenta con entusiasmo.

La experta no quiere dejar atrás una segunda razón: la baja sustancial de los tiempos de trabajo. "Una obra con hormigonado convencional se demora 18 días en fraguar. Con la impresión 3D se puede hacer eso en un tiempo de 24 horas. A la mezcla se le ponen unos acelerantes para que se vaya endureciendo muchísimo más rápido de lo normal y así pueda ir resistiendo las capas superiores de impresión".

¿Qué pasaría si un día pudiéramos levantar una vivienda con sólo tres operarios? Eso podría ser posible gracias a la impresión 3D, dice Verónica Arcos.



El brazo de impresión 3D de ACCIONA está trabajando en la construcción de un prototipo de vivienda social. Ahora, a modo de prueba, están imprimiendo figuras aleatorias. FOTO: Pablo Sanhueza.

## El camino de la impresión 3D para convertirse en la técnica constructiva más sustentable en el mundo

Permite reducir dramáticamente los tiempos de fragüe y edificación. Posibilita el uso de material reciclable en las mezclas. Disminuye las emisiones de CO2. Rebaja los costos por imprevistos y mermas. Aunque aún no conquista el corazón del mercado de la construcción más tradicional, la impresión 3D en hormigón está llena de virtudes, y alrededor del mundo hay varios ejemplos y empresas que trabajan para darle un nuevo lugar. Aquí revisamos algunos, y analizamos por qué en Chile podría convertirse en una gran aliada a la hora de superar el déficit de viviendas.

Por Magdalena Andrade, Laboratorio de Contenidos de Marca

"Esta técnica puede ser una alternativa viable para reducir el déficit habitacional que enfrenta el país".  
 Flavio Rodríguez - ACCIONA

"Para una estructura del tamaño de una vivienda se necesitan tres operarios: uno que esté viendo la mezcla, otro que esté operando al robot y otro que esté apoyando ahí. Se baja la cantidad de mano de obra y se sube la calidad de vida a los trabajadores, porque ya no se necesita hacer trabajos de fuerza".

También destaca que hay un mayor control de la obra en términos de que lo que se diseña en el computador es exactamente lo que va a salir en la obra: "No hay mayores contratiempos y eso baja los costos, porque el contratiempo e imprevisto puede representar en torno al 10% del incremento del costo total. Hay muy pocas incertidumbres".

Así, la impresión 3D en hormigón de a poco se ha ido convirtiendo en una potencial llave maestra para, por ejemplo, ayudar con el déficit habitacional. Y eso es solo el "desde". Pero ¿cómo estamos en Chile?

Conrad von Igel, gerente de Innovación y Sostenibilidad de la CChC, da un contexto de base para entender: si bien es cierto que a nivel técnico esta herramienta está muy avanzada en investigación y desarrollo técnico, su uso aún no se ha masificado a nivel comercial: "En algunos aspectos puede haber barreras normativas, pero también porque su uso todavía no ha logrado penetración en los mercados más tradicionales", dice. Por eso, todos sus beneficios aún tienen la carátula de ser potenciales.

Dentro de estas potencialidades, von Igel destaca especialmente la flexibilidad que da para hacer cambios sin afectar la productivi-

**“En la impresión 3D no hay mayores contratiempos y eso baja los costos de la obra, hay muy pocas incertidumbres”.**  
**Verónica Arcos - CEO de CONCRET3D Architecture.**



**EN UCRAÑA: LA PRIMERA ESCUELA 3D DEL MUNDO**

Más de 2.000 escuelas con serios daños y casi 300 totalmente en el suelo. Ese es el saldo para la infraestructura educacional que ha dejado la guerra en Ucrania. Muchos estudiantes han debido emigrar a otros países, como Polonia o Alemania, para seguir con sus clases. Sin embargo, la impresión 3D ha permitido que muchos otros se queden gracias a la reconstrucción de establecimientos.

En un trabajo conjunto entre el gobierno y la fundación TEAM4UA, han levantado una escuela en la ciudad de Lviv que se construyó en 40 horas, y que ha servido como un ejemplo de la rapidez y eficiencia con que esta técnica constructiva puede ayudar a restablecer infraestructuras en escenarios de crisis.

En Lviv, Ucrania, la primera escuela construida con impresión 3D se levantó en 40 horas. Foto: TEAM4UA.

dad. También tiene impactos en la seguridad debido a su uso automatizado. Pero hay algunas características de las materialidades que aún se deben estudiar.

Precisamente para desarrollar este último punto es que en Chile, desde diciembre de 2022, existe una iniciativa piloto de impresión 3D que tiene a la empresa ACCIONA como protagonista. Se trata de Construye Zero, una iniciativa articulada por CORFO y el Centro Tecnológico para la Innovación en Productividad y Sustentabilidad en la Construcción (CTEC), que une al mundo público, privado y a la academia para la generación de tecnologías más eficientes y sostenibles.

En ese marco, ACCIONA está trabajando de forma experimental con un brazo robótico para la impresión 3D con el cual está construyendo una vivienda social que es mezcla de hormigón y material reciclado. “Las pruebas buscan medir la eficacia de este material sostenible y determinar si cumple con la exigente norma sísmica chilena”, cuenta Flavio Rodríguez, gerente de Calidad, Sostenibilidad e Innovación de Infraestructuras de ACCIONA.

“La incorporación de tecnología como la impresión 3D en la construcción ayudará a mejorar los tiempos de respuesta frente a, por ejemplo, los efectos que generan los fenómenos de la naturaleza, en las viviendas o en las infraestructuras de los países”, cuenta el ejecutivo ante una realidad que constantemente se repite en Chile: la pérdida de construcciones debido a desastres naturales.

Si bien es cierto en Chile el uso de la tecnología 3D es nueva, en España ACCIONA lleva ya varios años ocupando esta técnica. En ese país, por ejemplo, se han instalado puentes y se han replicado elementos arquitectónicos patrimoniales históricos que se creían perdidos. “Las posibilidades son infinitas y ahora trajimos este sistema a Chile junto con el conocimiento adquirido y la mezcla para que sea posible aplicarla a nivel local”.

Flavio Rodríguez cuenta que ACCIONA, a través de su participación en este proyecto de Construye Zero, busca mover los límites dentro del ámbito de la construcción local. Además de ver si la edificación cumple con la exigente norma sísmica chilena también están poniendo a prueba el uso de materiales más sostenibles.

“Esta técnica puede ser una alternativa viable para reducir el déficit habitacional que enfrenta el país”, corrobora Rodríguez.

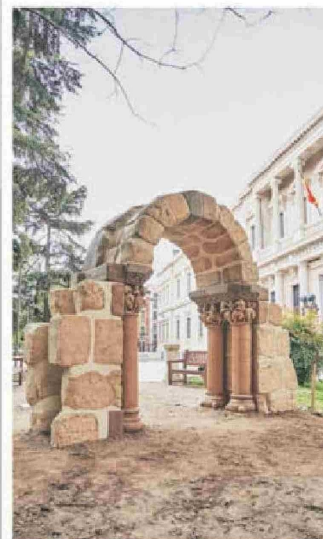


Un ejemplo de impresión 3D para el desarrollo de mobiliario urbano es el instalado en el proyecto Puerta Barqueta, en Sevilla.

**MOBILIARIO URBANO CON FORMAS ÚNICAS**

La impresión 3D también está demostrando su efectividad para el desarrollo de mobiliario para las ciudades. Un buen ejemplo es el que está emplazado en el proyecto Puerta Barqueta que ACCIONA desarrolla en Sevilla, España. Esta pieza mobiliaria, a medio camino entre ser una banca y una escultura, está instalada en un conjunto de viviendas sostenibles y funciona como un punto de encuentro que fue desarrollado a partir de un proceso de impresión 3D.

Pero esta no es la única utilidad que tiene la técnica: también se ocupa para desarrollar paneles de aislación acústica y otras estructuras. Ahora, el paso siguiente es lo que la empresa está haciendo en Chile con su prototipo de construcción de vivienda social.



En España, ACCIONA realizó una impresión 3D del monumento histórico Arco de Dueñas.

**UN ALIADO PARA PRESERVAR LA MEMORIA ARQUITECTÓNICA HISTÓRICA**

En Europa, específicamente en España, se ha ocupado la impresión 3D para “revivir” monumentos históricos que han sido deteriorados o desaparecidos a partir del tiempo o los desastres naturales. Un buen ejemplo es el Arco San Pedro de las Dueñas, cuya infraestructura original hoy es parte del Museo Arqueológico Nacional; en 2019, ACCIONA hizo una réplica de hormigón en 3D que se instaló en el jardín de ese centro, con un doble fin: demostrar que las nuevas tecnologías pueden ayudar a la preservación del patrimonio cultural y a la vez erigir cualquier tipo de construcción de una forma innovadora y sobre todo sustentable.



“La utilización de esta técnica de impresión 3D reduce en 70% la cantidad de residuos ligados a la construcción y en 30% el material que se requiere en una obra”, explica Flavio Rodríguez.

**LA VIVIENDA SOCIAL QUE ACCIONA “ENSAYA” EN CHILE**

En medio de la naturaleza, específicamente en el Parque Laguna Carén, el Centro Tecnológico para la Innovación en Productividad y Sustentabilidad en la Construcción (CTeC) ha instalado un verdadero laboratorio de ensayo de construcción con nuevas técnicas, en el marco de su programa Construye Zero.

Una de las empresas que está ensayando aquí es ACCIONA, que desde hace algunas semanas está trabajando junto a otras empresas en el desarrollo de Hormigón 3D, que está probando una mezcla que incorpora materiales reutilizados. Y lo está haciendo con un brazo robótico de impresión 3D que edifica un prototipo de vivienda social.

“Este brazo tiene la capacidad de seguir patrones de movimiento indicados en un diseño predefinido, donde la impresión se realiza con un mortero que lleva cemento, arena, agua y aditivos, en una mezcla de endurecimiento rápido, que se coloca en capas superpuestas que son capaces de soportar su peso y el que vendrá a medida que aumenta el tamaño de la estructura, ya que una de las características de esta técnica es que no requiere estructuras ni encofrados, lo que reduce la cantidad de material necesario para la edificación”, explica Flavio Rodríguez, gerente de Calidad, Sostenibilidad e Innovación de Infraestructuras de la empresa española.

Una de las principales virtudes de esta mezcla es que al incorporar materiales reciclados, abre una gran puerta para el mundo de la economía circular.

“Se estima que la utilización de esta técnica de impresión 3D reduce en 70% la cantidad de residuos ligados a la construcción y en 30% la cantidad de material que se requiere en una obra”, explica el ejecutivo.