



**UNIVERSIDAD MILITAR  
NUEVA GRANADA**

**El Uso De Impresoras 3D Para La Construcción De Viviendas De Interés Social**

Presentado por:

Ángela María Azuero Valderrama – 1103681

Tutora:

Martha Lissette Sánchez Cruz

**UNIVERSIDAD MILITAR NUERVA GRANADA  
FACULTAD INGENIERÍA  
PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ, COLOMBIA  
2022 – 2**

# Contenido

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| El Uso De Impresoras 3D Para La Construcción De Viviendas De Interés Social .....        | 3  |
| Introducción .....                                                                       | 3  |
| Concepto de la construcción 4.0. ....                                                    | 5  |
| Uso de las impresoras 3d en viviendas en el mundo .....                                  | 8  |
| Panorama construcción de viviendas de interés social en Colombia con impresoras 3d ..... | 12 |
| Conclusiones .....                                                                       | 13 |
| Referencias.....                                                                         | 16 |

## **El Uso De Impresoras 3D Para La Construcción De Viviendas De Interés Social**

### **Introducción**

El mundo está en una constante evolución, lo cual implica gran cantidad de avances tecnológicos para que las tareas que realizamos diariamente sean hechas con mayor eficiencia, en una menor cantidad de tiempo y por ende a un costo menor. Adicionalmente, se busca generar un menor impacto al medio ambiente, tema que ha tomado gran importancia en las últimas décadas. Por otra parte, en la actualidad, se ha incursionado en una nueva etapa de desarrollo denominada la industria 4.0, en la cual se buscan realizar avances tecnológicos y relacionarlos con la industria para lograr así una mayor producción y eficaz en las fábricas del futuro. (Delloite, 2014).

Ahora bien, el área de la construcción no es un área que se quede atrás en cuanto a la implementación de las nuevas tecnologías en sus diferentes campos de acción. Este concepto es denominado Construcción 4.0, el cual, como su nombre lo indica está enfocado principalmente en la integración de la tecnología y de la industria con el área de la construcción y de esta manera darle herramientas a la ingeniería civil y a la arquitectura para que haya mayor innovación en este sector, generando un espacio en el que exista una interacción interdisciplinar generando soluciones que atribuyan a mejorar el estilo de vida cotidiano. (Schönbeck, Löfsjögård, & Ansell, 2021).

La construcción 4.0 implementa tecnologías y las utiliza para optimar tareas propias del área; algunos ejemplos de estas tecnologías son la implementación del Modelado de Información de construcción (BIM)<sup>1</sup>, realidad virtual aumentada, simulaciones, entre otras. Estas herramientas han permitido que haya una gran optimización en el área de la construcción, ya que brinda comunicación entre todas las partes involucradas dentro del proyecto; un conocimiento más

---

<sup>1</sup> Building Information Modeling

detallado de este y de cómo puede comportarse antes diversos fenómenos y finalmente, aporta soluciones para disminuir el tiempo en el que se realizan los proyectos. (Paradigma, 2021)

Otra herramienta que ha sido implementada en la construcción 4.0 es el uso de impresoras 3D las cuales han brindado una efectividad en los procesos constructivos. Esta herramienta ha generado gran impacto debido a que trae cambios a la visión tradicional del proceso constructivo e incluso genera una nueva perspectiva en la que se estaba implementando la construcción mediante el método industrializado; además, trae beneficios en cuanto al costo de un proyecto y su impacto al medio ambiente. (Olsson, Arica, Woods, & Madrid, 2021)

Hoy en día, en países como Estados Unidos y Europa Occidental se han buscado diferentes diseños y alternativas en los que se implementa la impresión 3D para la construcción de viviendas de baja altura, combinando el sistema de cimentación tradicional con el levantamiento de la edificación. Mediante esta nueva tecnología, y así como lo asegura el director general de la sociedad H3CD Vicente Muñoz, esta nueva tecnología en construcción “marcará un antes y un después en el sector de la vivienda”. (Muñoz, 2021)

#### **Concepto de la construcción 4.0.**

Para entender que es la construcción 4.0 es preciso comprender cuál es su origen, el cual radica en la Industria 4.0. Este concepto surgió en Alemania pretendía hacer referencia a una cuarta revolución industrial que proviene de todas aquellas adaptaciones tecnológicas que están siendo aplicadas dentro de la industria. Es por ello que la industria 4.0 es definida como un nuevo modelo de industria en el que prima la autoorganización y la autogestión de los sistemas de producción, estos están totalmente automatizados y poseen una inteligencia de aprendizaje que se fundamenta en el internet, la tecnología digital. Con lo que se ha dicho anteriormente, se puede entender a la industria 4.0 como un sistema de producción con tecnología ciber física, en el que se fusiona el mundo virtual y el físico, y que, además, necesita de la intervención humana solo al comienzo de su operación y para su mantenimiento. (Sukhodolov, 2019)

Con este nuevo panorama viene una nueva etapa de aprendizaje para el ser humano, ya que necesita de conocimientos y habilidades para que exista una adaptación e integración con la tecnología de una manera que no se había conocido antes. Todo esto indica que debe haber un cambio de cultura en el trabajo, la manera en la que los empleados trabajan y como se acompañan con las máquinas para optimizar su trabajo, aprovechando la información recolectada por la tecnología y así poder tomar decisiones en tiempo real y también para automatizar las tareas más laboriosas dentro del campo. (Schönbeck, Löfsjögård, & Ansell, 2021)

Por ende, se pueden ver grandes ventajas al implementar la industria 4.0 en las empresas, ya que incrementa la competitividad de la empresa ante el mercado al tener gran parte de sus actividades industrializadas, dándoles más alcance para suplir las demandas del mercado; además, se ve un incremento en las oportunidades y se baja el riesgo, ya que como se mencionó con anterioridad, la tecnología permite tomar decisiones de manera inmediata ante una situación

problema; otra ventaja es el uso del impulso de las tecnologías emergentes para solucionar problemas, dentro de este campo se resalta el uso de las impresiones 3D, ya que estas agilizan la producción y la logística detrás de ella. (Delloite, 2014).

Ahora bien, estas características son aplicadas a las empresas con sistemas de producción grandes y en base a ello es que las empresas de construcción decidieron integrar las tecnologías pertinentes dentro del campo de trabajo, de esta adaptación de la cuarta revolución industrial al campo de los proyectos constructivos surge el concepto de construcción 4.0. Este puede ser definido como la adecuación de las nuevas tecnologías para impulsar los procesos constructivos y que de esta manera estos se realicen con mayor facilidad y en una menor cantidad de tiempo, de esta manera se puede acelerar la facturación y así poder acceder a mercados emergentes. (Martinez, 2020).

Se han obtenido ventajas al implementar estas tecnologías como medio para solución de problemas en la construcción, dentro de estas se encuentra el acceso rápido a la información, que brinda facilidades en la obra ya que se puede obtener la información en tiempo real de los materiales, su precio y su disponibilidad; también se puede observar un aumento en la productividad, como fue mencionado con anterioridad, esto se puede dar debido a que existe más canales de comunicación para la información y además, estos evitan que haya algún tipo de información cruzada, dado a que se tiene acceso a todos los planos necesarios de la obra en una sola plataforma, todo esto conlleva a que haya menor posibilidad de fallo o atrasos y por ende que haya una mayor rentabilidad. (Martinez, 2020)

Continuando la idea anterior, estas tecnologías también conllevan una disminución de errores, esto al implementar varios tipos de tecnología como lo son sensores y softwares de lectura que permiten monitorear tanto los avances de obra como el sitio en el que esta se realiza y los

peligros a los que puede estar sometido por alguna afectación natural u otro factor, permitiendo así, una optimización de los procesos constructivos. Adicionalmente, al implementar todos estos procesos se ve una reducción de costos ya que hay una disminución en los imprevistos que pueden surgir dentro del campo de la construcción, ya que este se desarrollaría dentro de un entorno con mayor control. (Martinez, 2020).

Las ventajas descritas se dan por medio de nueve tecnologías que son de gran importancia dentro de la revolución 4.0 que han incursionado a la construcción 4.0, entre ellas están: la robótica, herramienta que ha permitido la automatización de varios procesos en la construcción; el internet de las cosas, que es la herramienta que permite la sensorización de los espacios de obra y brinda información al instante, este a su vez está relacionado con el Big Data, que es una herramienta que permite el almacenamiento de gran cantidad de datos para ser analizados, ayudando así a la recolección de datos de sensores para estudiar sus patrones y cualquier anomalía entre ellos, paralelamente, la recolección de esta basta cantidad de datos se almacenan en la computación en la nube la cual permite el acceso a ellos desde cualquier parte del mundo. (Dallasega, Rauch, & Linder, 2018)

Por otra parte, se tienen herramientas de realidad virtual y aumentada, que son utilizadas para tener una perspectiva visual de varios aspectos en obra, ayudando a la toma de decisiones y a la comunicación de información que puede ser de difícil compresión; esto se puede lograr por medio de la simulación, la cual implementa herramientas del sector BIM para recopilar y modelar gran cantidad de información. A su vez, esta herramienta genera aceptación, ya que es un recurso común; al ser manejado por varios agentes se liga a la ciberseguridad, que garantiza que la información de los proyectos sea manejada de manera confidencial y que no esté expuesto al manejo de terceros. (Dallasega, Rauch, & Linder, 2018)

Una de las últimas herramientas que ha aplicado en la construcción 4.0 es la impresión 3D. Esta herramienta ha sido adaptada para implementar varios materiales de construcción y de esta manera genera innovación en el campo de la construcción in situ, además brinda la oportunidad de personalización de acabados, mejora la productividad y el tiempo de respuesta ante cualquier situación. (Díez, 2019).

Esta nueva tecnología ha estado en constante investigación, permitiendo que existan una variedad en sus aplicaciones como lo pueden ser en la construcción con mortero, manufacturación de aditivos mediante plástico y fibra de carbono, entre otros; proyectos que han tenido éxito y que se han apoyado del constante desarrollo tecnológico que existe actualmente. (Díez, 2019)

Cabe aclarar que estas aplicaciones de construcciones mediante la impresión 3d presenta limitaciones en tamaño, ya que dependen del tamaño de la impresora y también dependen del tipo de proyecto que se esté realizando, por lo que aún no se ha llegado al punto en el que la variedad de sus aplicaciones pueda ser llevadas a una escala mayor, en el que puedan ser sometidas a fuerzas de gran magnitud, como son usuales en la construcción. (Yuan, Beh, Yang, Zhang, & Gao, 2022).

### **Uso de las impresoras 3d en viviendas en el mundo**

Para conocer como se ha desarrollado el uso de las impresoras 3d en la construcción a continuación, se presentan casos a nivel mundial en los cuales se han realizado varios proyectos de vivienda mediante las impresoras 3d, se observarán los desafíos y los logros que se obtuvieron al implementar esta nueva tecnología.

Uno de los primeros proyectos desarrollados en su totalidad por impresoras 3d fue una casa construida en Baviera Alemania en el año 2020. La vivienda está compuesta por 5 pisos, los cuales se dividen en 3 plantas, esta edificación comprende 380 metros habitables; esta fue realizada en

100 horas de impresión y tiempo de ejecución fue de 10 meses. Una de las características que hubo dentro de este proyecto es que se usó una impresora llamada BOD2, esta impresora tiene la capacidad de analizar donde irán los diferentes elementos del hogar, como lo son las tomas de electricidad, lo que permite que estos elementos sean colocados al mismo tiempo que la impresora sigue con su labor. (Parra, 2021)

Otro aspecto que se implementó dentro de esta edificación para que fuera confortable fue un material aislante, este fue colocado dentro de las paredes aprovechando que estas se hicieron huecas. Este procedimiento es realizado con facilidad y no toma mucho tiempo, además, es un elemento esencial en este país debido a los inviernos, ya que ayuda a que la edificación se adapte favorablemente a las diferentes temperaturas que se dan a lo largo del año. (Parra, 2021)

Otro ejemplo de aplicación de esta tecnología es un conjunto de casas llamado “Project Milestone” es un proyecto que fue desarrollado en Holanda y que fue entregado en el año 2021. Este proyecto consiste en un conjunto de cinco casas las cuales poseen 94 metros cuadrados de superficie, tiene espacios de sala de estar, cocina, baños y dos dormitorios. Las casas fueron diseñadas con forma de roca, esto con el objetivo de mostrar la versatilidad de la herramienta de impresión y también para que las casas se integraran con el medio ambiente. El proyecto buscaba demostrar que la construcción en 3d puede brindar características ecológicas y al mismo tiempo solucionar el déficit de vivienda. (Souza, 2021)

En cuanto a los desafíos que se evidenciaron en este proyecto, fue el intentar imprimir paredes que no fueran totalmente rectas, sino que tuvieran una curvatura, para que cumplieran con el diseño que habían desarrollado para estas viviendas. Aun así, después de haber realizado el primer prototipo pudieron implementar lo aprendido en las siguientes 4 construcciones. Evidenciando de esta manera que, aunque haya desafíos en la construcción con impresoras 3d, es

posible tomar las experiencias para aplicarlas en una construcción donde se tenga un proceso constructivo repetitivo, como es el caso de muchos proyectos de vivienda. (Souza, 2021)

Uno de los beneficios que hubo en este proyecto, es que los desarrolladores de este demostraron que es posible que una herramienta de construcción convencional haga parte de construcciones ecológicas y que no es necesario reemplazarlo para que una construcción no tenga emisiones de CO<sub>2</sub>; esto se logra al cambiar la técnica de uso de este material. Por otra parte, otro beneficio que se evidencio en este proyecto es que la forma de construcción permitió implementar un aislamiento grueso y una red que conectaba a la calefacción, características que le dieron a este proyecto un rendimiento energético de un 0,25. (Souza, 2021)

Por otra parte, se tiene un proyecto que fue desarrollado en Virginia - Estados Unidos, este hogar fue desarrollado por una organización no gubernamental llamada “Habitat for Humanity”, y según lo afirma esta organización, fue su primera construcción realizada mediante impresión 3d. La casa tiene 110 metros cuadrados, los cuales incluyen 3 habitaciones, 2 baños completos cocina y sala. Este hogar fue desarrollado con hormigón, ya que este material permite aislar la temperatura y, además, resiste tiene una gran capacidad de resistencia ante desastres naturales como lo son tronados y huracanes, aspecto que era de gran importancia para la organización ya que es un fenómeno al que las familias americanas están expuestas en ciertas temporadas al año. (Smart, 2021)

Esta organización halló grandes beneficios al usar este tipo de método de construcción, ya que brinda aspectos que dan calidad de vida para aquellos que habitan estas casas, les da seguridad ante cualquier eventualidad, además pueden ser realizadas en un lapso de tiempo menos y con un costo reducido; estas casas pueden ser diseñadas y adaptadas a las necesidades latentes de aquellos que necesiten de un hogar, lo cual brinda versatilidad a los proyectos y con los acabados adecuados

puede verse como una casa que es construida mediante métodos tradicionales. Estos aspectos impulsaron a la organización a seguir implementando esta técnica de construcción con impresoras 3d y así ayudar a dar más viviendas a las familias que lo necesitan, que es el objetivo de esta organización. (Smart, 2021)

Por otro lado, esta tecnología de impresión 3d también se ha venido implementando en América Latina, para ejemplificar esto se tiene el caso de un proyecto desarrollado en el pueblo de Nacajuca, México, este proyecto se caracteriza porque están desarrollando viviendas in situ que fueron diseñadas para personas con escasos recursos y han sido construidas en menos de 24 horas que, además, son capaces de resistir terremotos con magnitud de 7,4. (Kamin, 2021)

El origen del proyecto fue una iniciativa que buscaba hacer un pueblo cuyas casas estuvieran hechas mediante impresión 3d, estas fueron diseñadas como un experimento que buscaba observar cómo es el comportamiento de este tipo de construcción, para ello las generaron en un ambiente controlado, además se hicieron de baja altura y con un diseño repetitivo para que fuera un proceso rápido y así obtener resultados en el menor tiempo posible. (Kamin, 2021)

Los resultados que obtuvieron fueron favorables, ya que se tenía una solución de alivio para el déficit de vivienda que había en esta comunidad, además motivo al gobierno para que este generara las obras pertinentes para darle servicio de acueducto y alcantarillado a este conjunto de casas nuevo. Por otro lado, también fue generador de empleo ya que la empresa que estuvo frente a este proyecto, contrato la mano de obra local para que estuvieran inmersos en el proyecto de vivienda de su comunidad. Aun cuando hubo escepticismo frente a este nuevo método de construcción, ha dado grandes resultados y grandes oportunidades para seguir desarrollando viviendas de este tipo e ir mejorando a través de la evolución de la tecnología para obtener

viviendas de mayor tamaño, cubriendo no solo el área de interés social, sino que también el comercial. (Kamin, 2021)

### **Panorama construcción de viviendas de interés social en Colombia con impresoras 3d**

En cuanto al uso de las impresoras 3d en Colombia no es un común, aun así, hay constructoras que se están estudiando la idea de implementarlas debido a su eficiencia. El primer proyecto de vivienda con impresión 3d fue desarrollado por Conconcreto; la casa fue nombrada “Casa Origami” y fue construida en el campus de la Escuela de Ingenieros de Antioquia, sede Envigado. A modo de prototipo, para esta vivienda de 23 metros cuadrados se imprimieron 32 partes de la casa las cuales fueron ensamblados posteriormente. Adicionalmente, la casa fue dotada con elementos de generación de energía mediante paneles solares. (Redaccion 360 en concreto, s.f.)

Aun con el éxito del prototipo realizado por ConConcreto este no ha sido una motivación para que otras constructoras decidan hacer proyectos basados en la construcción con impresoras 3d, esto debido a que lo consideran una técnica costosa ya que se debe realizar una inversión en las impresoras y en los estudios necesarios para poder fusionar los conocimientos de BIM con dichas máquinas, esto a su vez genera incertidumbre en cuanto a las ganancias que se podrían producir a partir de un proyecto de este índole. (Semana, 2022).

Por otra parte, se ha tomado como impedimento para las construcciones mediante impresoras 3d el factor de que este tipo de técnica no está considerada dentro del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NRS-10), por lo que, al desarrollarlas, se desconoce cómo serían los requisitos de diseño estos proyectos. Aun así, ConConcreto afirma que estas viviendas cumplen con lo estipulado dentro de la NRS-10, sin embargo, esta empresa recomienda un desarrollo de nuevas normativas que estén diseñadas teniendo en cuenta estos

proyectos, esto con el fin de que haya una guía y así estimule a las empresas a que generen y utilice este tipo de innovación en la construcción. (Semana, 2022)

## **Conclusiones**

Teniendo en cuenta todo lo descrito anteriormente, se puede evidenciar que las impresoras 3d han sido una herramienta que se ha usado en varias partes del mundo en el sector de la construcción. El común denominador de las viviendas construidas con esta tecnología es que han sido concebidas para ayudar a solucionar el déficit de vivienda respectivo para cada país. Por otra parte, a través del desarrollo de estos proyectos se han identificado grandes ventajas que no se habían contemplado al momento de iniciar las construcciones de estas viviendas, esto debido a que la idea que gobierna al desarrollador del proyecto es que la inversión que se hace en esta maquinaria se compensa con la reducción de tiempo en la ejecución de proyectos y en el aprovechamiento completo del material de construcción como el concreto.

Un aspecto significativo es que estos proyectos también poseen propiedades entre las que se destacan el aislamiento, la resistencia a desastres naturales y adicional a esto, al combinarlos con otros conocimientos como son la generación de energía sostenible, se puede obtener un proyecto amigable con el medio ambiente. Sin mencionar, que cada proyecto tiene una versatilidad de diseño, debido a que este se desarrolla mediante softwares y la calibración de la impresora, haciendo que ningún proyecto se asemeje al otro.

Ahora bien, para el caso de Colombia, se puede ver que los métodos de construcción tradicionales son los preferidos por las constructoras, ya que el adquirir impresoras 3d no es una idea que aparente ser rentable. Aun así, se debe considerar que va a ser beneficioso a largo plazo y va a brindar alternativas que ayudaran a reducir los costos en obra debido a que se necesita menor

cantidad de tiempo para la ejecución de proyectos y además se necesitaría menor cantidad de mano de obra.

Por esta razón, se propone generar estudios en zonas de Colombia, como por ejemplo en la región pacífica, en la caribe o incluso en el Amazonas para generar proyectos pilotos de vivienda de interés social o viviendas de interés prioritario y de esta manera solucionar el déficit de vivienda que existe en estas zonas y a su vez generar un ambiente de experimentación controlado para conocer cuáles son los desafíos y los beneficios del uso de estas impresoras y adaptarlas a las necesidades y al ambiente de cada región.

Dominar esta técnica podría dar oportunidad de vivienda a aquellos que no poseen recursos, generando así que mejore el estilo de vida de muchos de los habitantes de este país. Para lograr este objetivo es necesario que tanto constructoras como el gobierno trabajen en conjunto para que esta tecnología sea una herramienta fundamental en el desarrollo de viviendas VIP o VIS y así brindar vivienda a todo aquel que lo necesite.

Un ejemplo de lo dicho anteriormente es el caso de San Andrés y Providencia, los cuales sufrieron grandes daños en el año 2020 debido al huracán Lota. Debido a los daños fue necesario reconstruir gran cantidad de viviendas con ayuda del gobierno, viviendas que fueron entregadas en el año 2022. El implemento de impresoras 3d en esta eventualidad pudo haber abaratado los costos, teniendo en cuenta que los materiales de construcción en estas islas tienen un valor alto debido a su traslado, además hubieran reducido el tiempo de construcción y dado solución rápida a aquellas personas que quedaron sin un hogar.

Casos como este se presentan constantemente en el territorio colombiano debido a diversas catástrofes naturales, por esta razón es imprescindible adaptarse a las nuevas tecnologías que

proviene de la construcción 4.0, apoyarse de los estudios previamente hechos e impulsar los nuevos, todo esto para ver un desarrollo en el campo de la construcción, que apoye uno de los objetivos que mueve más este campo, que es el de brindar vida digna a la población objetivo.

En conclusión, las herramientas que brinda la industria 4.0 – construcción 4.0 son efectivas para dar solución a las problemáticas que se presentan día a día, alrededor del mundo. Lo importante de estas herramientas es apropiarse de ellas, del conocimiento que da el utilizarlas y de las experiencias que han tenido otros e incluso las experiencias propias para usarlas de manera óptima; ya que su uso va a determinar un nuevo rumbo en el mundo de la construcción y dejara a su paso el conocimiento de nuevas técnicas que cambiaran el curso de un proyecto, el tiempo invertido en él; la innovación será la herramienta más poderosa en este campo y las tecnologías son aquellas que permitirán hacer estas nuevas ideas en hechos tangibles.

## Referencias

Dallasega, P., Rauch, E., & Linder, C. (2018). Industry 4.0 as an enabler of proximity for construction supply chains: A systematic literature review. *Computers in Industry*, 205-225.

Delloite. (2014). *Industry 4.0: Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies*. Obtenido de [https://webcourses.ucf.edu/courses/1408489/pages/2-dot-2-industria-4-dot-0-la-cuarta-revolucion-industrial?module\\_item\\_id=15821549](https://webcourses.ucf.edu/courses/1408489/pages/2-dot-2-industria-4-dot-0-la-cuarta-revolucion-industrial?module_item_id=15821549)

Díez, D. (10 de Abril de 2019). *ITAINNOVA*. Obtenido de ¿QUÉ ES LA CONSTRUCCIÓN 4.0? EL SECTOR EN LA INDUSTRIA 4.0: <https://www.itainnova.es/blog/industria-4-0/que-es-la-construccion-4-0-el-sector-en-la-industria-4-0/#:~:text=La%20Construcci%C3%B3n%204.0%20es%20un,sector%20viene%20necesitando%20desde%20hace>

Kamin, D. (4 de Octubre de 2021). *Un pueblo de México tendrá casas construidas con una impresora 3D*. Obtenido de NYTimes: <https://www.nytimes.com/es/2021/10/01/espanol/construccion-casas-3d-mexico.html#commentsContainer>

Martinez, S. (20 de Febrero de 2020). *Jasmin*. Obtenido de Construcción 4.0: la nueva realidad digital: <https://www.jasminsoftware.es/blog/construccion-4-0/#:~:text=La%20construcci%C3%B3n%204.0%20que%20tiene,una%20mayor%20capacidad%20de%20respuesta.>

- Muñoz, V. (Diciembre de 2021). Así se construye una casa prefabricada con impresoras 3D: ¿son el futuro? *20minutos*. (P. Segarra, Entrevistador) España. Obtenido de <https://www.20minutos.es/noticia/4913068/0/asi-se-construye-una-casa-prefabricada-con-impresoras-3d-son-el-futuro/>
- Olsson, N., Arica, E., Woods, R., & Madrid, J. (Diciembre de 2021). Industry 4.0 in a project context: Introducing 3D printing in construction projects. *Project Leadership and Society, II*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666721521000272>
- Paradigma. (9 de Junio de 2021). *paradigma solutions*. Obtenido de ¿Cómo las soluciones tecnológicas están impactando a la industria de la construcción 4.0?: <https://www.paradigmasolutions.com/transformacion-digital/como-las-soluciones-tecnologicas-estan-impactando-a-la-industria-de-la-construccion>
- Parra, D. (22 de Junio de 2021). *Así es la primera casa alemana hecha con una impresora 3D*. Obtenido de Adls Zone: <https://www.adslzone.net/noticias/tecnologia/primera-casa-alemania-construida-impresora-3d/>
- Redaccion 360 en concreto. (s.f.). *VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL CON IMPRESIÓN 3D EN COLOMBIA: ¿ES POSIBLE?* Obtenido de 360 en concreto: <https://360enconcreto.com/blog/detalle/viviendas-con-impresion-3d/>
- Schönbeck, P., Löfsjögård, M., & Ansell, A. (2021). Collaboration and knowledge exchange possibilities between industry and construction 4.0 research. *Procedia Computer Science*, 129-137. Obtenido de [https://www.sciencedirect-com.ezproxy.umng.edu.co/science/article/pii/S1877050921015015](https://www.sciencedirect.com.ezproxy.umng.edu.co/science/article/pii/S1877050921015015)

- Semana. (14 de Mayo de 2022). *Empresas en Colombia le apuestan a la construcción de casas con impresoras 3D*. Obtenido de Revista Semana:  
<https://www.semana.com/economia/emprendimiento/articulo/empresas-en-colombia-le-apuestan-a-la-construccion-de-casas-con-impresoras-3d/202257/>
- Smart, S. (27 de Diciembre de 2021). *Una familia de Virginia obtiene las llaves de la primera casa impresa en 3D de Habitat for Humanity en Estados Unido*. Obtenido de CNN:  
<https://cnnespanol.cnn.com/2021/12/27/familia-virginia-primera-casa-impresa-3d-estados-unidos-trax/>
- Souza, E. (15 de Mayo de 2021). *El futuro es ahora: Casas impresas en 3D comienzan a ser habitadas en los Países Bajos*. Obtenido de Archdaily:  
<https://www.archdaily.co/co/961093/el-futuro-es-ahora-casas-impresas-en-3d-comienzan-a-ser-habitadas-en-los-paises-bajos>
- Sukhodolov, Y. (2019). The Notion, essence and peculiarities of Industry 4.0 as a sphere. En E. Popkova, *Industry 4.0: industrial revolution of the 21st*. Poland: Springer.
- Yuan, P. F., Beh, H. S., Yang, X., Zhang, L., & Gao, T. (2022). Feasibility study of large-scale mass customization 3D printing framework system with a case study on Nanjing Happy Valley East Gate. *Frontiers of Architectural Research*, 670-680.