

Factibilidad de fabricación de viviendas con sistema Wikihouse para la autoconstrucción en Chile

Entendimientos de las barreras para la autoconstrucción de viviendas de bajo costo en el país utilizando el sistema constructivo open-source de Wikihouse Skylark 250

Estudiante: Bruno Antonio Bueno Valdivia
Profesor guía: Felipe López Taverne

Resumen

Las necesidades actuales a nivel mundial están promoviendo el uso de nuevas tecnologías para buscar métodos de producción constructiva fáciles de aplicar, que optimicen el proceso de construcción y que sean asequibles para todo público. Es por esto, por lo que en esta investigación se analizan las barreras que experimentaría quien busque autoconstruir su vivienda con el sistema Wikihouse Skylark 250, el cual es un sistema constructivo modular de código abierto que plantea ser una alternativa constructiva de diseño personalizable y de construcción autónoma, que a diferencia de las casas prefabricadas comunes puede ser modificada, manufacturada y armada directamente por el usuario. Al final se encontraron varios problemas que surgieron de los distintos procesos de fabricación y ensamblado de los módulos que aportarían en cómo se podría actualizar el sistema, volviéndolo más abierto para todo usuario independientemente de los conocimientos previos que tenga acerca de construcción o arquitectura.

Palabras clave: Open source, Autoconstrucción, Wikihouse, Fabricación Digital, Sistema Constructivo.

1. Introducción

Actualmente la humanidad se encuentra viviendo en tiempos donde comienzan a surgir nuevas problemáticas como las crisis económicas, las crisis sociales y la crisis climática, lo que ha obligado a buscar nuevas alternativas para luchar contra las consecuencias que están generando en la sociedad.

En Chile hay un gran déficit habitacional, el cual es un problema que afecta directamente en la calidad de vida del país y es ocasionado por el dificultoso acceso a la vivienda (Servicio Jesuita a Migrantes, 2020). Por ende, al haberse acrecentado la demanda de viviendas en los últimos años ha generado un crecimiento exponencial de la autoconstrucción y de la industria de la construcción.

Un factor que afecta directamente a la demanda de viviendas es el aumento migratorio que se ha visto en estas últimas décadas (Mcaulife, 2022) debido a las crisis económicas a nivel mundial, que generan la necesidad de buscar nuevas oportunidades laborales; las sociopolíticas que fuerzan a escapar de

conflictos y las climáticas donde desastres naturales obligan a la población a movilizarse de sus hogares por la destrucción de ellos. (ONU, 2022).

En los últimos años, según estudios, la industria de la construcción es responsable del 23% de la contaminación del aire, 40% de la del agua potable, 50% de los de residuos en tierra y contribuye en un 50% al cambio climático (Sikra, 2017), por lo que, un aumento de la producción como la conocemos va a ir de la mano con la agravación del cambio climático.

El progreso económico y social del último siglo ha estado acompañado de una degradación medioambiental que está poniendo en peligro los sistemas de los que depende nuestro desarrollo futuro y nuestra supervivencia como humanidad, por esto se buscan distintas soluciones en todas las áreas para lograr tener una producción más sostenible y sustentable, lo cual consiste en hacer más y mejor con menos (ONU, 2015), promoviendo así una optimización de los recursos naturales.

Para lograr este objetivo se han generado estrategias para ayudarnos a progresar de una

manera más eficiente en nuestros sistemas de producción, como, por ejemplo, el uso de nuevas tecnologías, las cuales están fusionando los mundos físicos, digitales y biológicos; impactando a todas las disciplinas, economías e industrias, llevando a la humanidad a una llamada "Cuarta Revolución Industrial" (Distributed Design Market Platform, 2019).

Una de las principales herramientas digitales innovadoras son los softwares "open source" o de "código abierto", los cuales se definen como un modelo de desarrollo de colaboración pública, donde el autor permite a cualquiera evolucionarlo mediante modificaciones al Código de base. (Edward, 2018).

Estos sistemas abiertos son la base de Wikihouse (Figura 1) donde sus diseños pueden ser descargado gratis de la web y trabajados utilizando softwares básicos de modelado 3D.

Wikihouse es un sistema de construcción digitalizado que promete ser una alternativa sustentable a la autoconstrucción de viviendas, entregando una rápida manufactura, una optimización del material, un armado simple y una arquitectura con habitabilidad optima.

Se entiende que al momento de construir estas viviendas se debe trabajar junto a profesionales capacitados que hagan cumplir la normativa del país, pero al mismo tiempo, la misión principal del sistema es entregar a los usuarios la posibilidad de aportar en la autoconstrucción de sus viviendas de una manera más autónoma.



Fig. 1: Sección de Wikihouse , Skylark en Partner Exhibition UK. Fuente: https://www.buildingcentre.co.uk/whats_on/exhibitions/wikihouse-skylark

El proceso de descarga, modelado y corte son facilitados por los autores de Wikihouse, intentando que sean lo más simple posibles, pero a pesar de esto, las personas en Chile podrían encontrarse con barreras que truncarían su aporte en el proceso constructivo debido a los desconocimientos en áreas necesarias para la fabricación.

Por esto en esta investigación se busca entender como funcionaria la fabricación de este tipo de sistema en el país, analizando cuales serían las dificultades con las que se encontrarían las personas que quieran participar activamente en el proceso de autoconstrucción de sus viviendas, llegando a entender hasta qué punto tienen autonomía en el proceso de autoconstrucción de una vivienda Wikihouse, utilizando el modelo Skylark 250, siendo este el más actual.

2. Antecedentes

2.1. Déficit habitacional y Autoconstrucción

El déficit habitacional es un problema a escala global que afecta directamente en la calidad de vida de las personas, en 2015 la falta de hogar y la precariedad en los refugios afectaba entre el 2% y el 25% de la población de la OCDE (Organización para la cooperación y el desarrollo económico), esto debido a que en algunos países los precios aumentaron hasta en 80% mientras que los ingresos individuales se mantuvieron. Esto afectó directamente en el acceso a viviendas, ya que, los gastos habitacionales son generalmente los gastos domésticos más altos. (Wahr, 2021)

En los países de la OCDE la población sin vivienda va en aumento desde el 2020, teniendo en cuenta los distintos factores estructurales que han contribuido a este incremento, como lo son el aumento de los precios en el mercado inmobiliario, el aumento migratorio, la dificultad para acceder a créditos bancarios y el aumento en la tasa de pobreza, también considerando las fallas institucionales y las circunstancias personales. (OECD, 2020)

Actualmente en 2022 en Chile existe una ausencia de 641.721 hogares, la cifra más alta registrada en 30 años. La cantidad de familias que se encuentran viviendo en campamentos según un catastro realizado por la fundación TECHO en el año 2021, es de 81.643, mientras que las personas que viven de allegados, hacinados o en viviendas en condiciones irreparables son un total de 541.295 personas, lo

que corresponde a un 8,3% de las viviendas a nivel país. (Déficit Cero, 2022)

Según Carlos Montes (2022), el actual ministro de Vivienda y Urbanismo explica que "Este problema aumentó en el último tiempo por la subida de los precios del suelo, posterior al estallido social y la pandemia, dejando a muchas personas sin poder pagar arriendos y obligándolos a buscar otras alternativas", mientras que comenta que "El Gobierno tiene la convicción de que se construyan 260 mil viviendas a las que puedan acceder aquellos que viven en campamentos".

La autoconstrucción informal ha permitido que los pobres urbanos puedan integrarse a las ciudades, aunque ha sido un tema de debate entre planificadores urbanos, político y profesionales. Las ciudades mutan constantemente y la autoconstrucción se convierte en una opción viable para personas sin acceso a viviendas, por esto la autoconstrucción debe mirarse como una práctica de integración social. (Lin, 2019)

Para esto existen estrategias como lo es la autoproducción y autoconstrucción asistida, las cuales son procesos participativos donde los profesionales trabajan en conjunto con los futuros usuarios, dándoles la oportunidad de participar activamente en el diseño y la construcción de sus viviendas, para que puedan decidir respecto a los espacios que habitarán. (Ordoñez & Amescua, 2020)

2.2. Open source o Código Abierto

El concepto de "*Open source*" o "Código Abierto" es un modelo de desarrollo que permite que los proyectos sean realizados mediante la colaboración pública, debido a que el autor permite a cualquiera modificar el código de origen (Edward, 2018).

El término surgió en los años 80 cuando los softwares dejaron de ser abiertos y comenzaron a imponerles restricciones legales a los programas, a través de derechos de autor, marcas registradas y contratos de arriendo (Cotaquispe, 2021). Posteriormente en 1986, Richard Stallman creó el término "software libre" donde se encargó de dar a entender lo que significa un código abierto y su importancia para el futuro.

A diferencia del código cerrado, el cual es exclusivo, el código abierto se entiende como un derecho a la distribución y de no exclusión donde entregan la posibilidad de que cualquier persona pueda acceder a él, modificarlo y hasta generar nuevas

aplicaciones en base al software de origen (Universidad Abierta de Cataluña, s.f.).

El código abierto ha evolucionado hasta llegar a ser una filosofía basada en el trabajo, la colaboración comunitaria y en la liberación intelectual, donde se puede ver que en los últimos años ha existido un avance creativo, científico y tecnológico en industrias educacionales, gubernamentales, sanitarias y de manufactura en todo el mundo. (IBM, s.f).

En el ámbito de la arquitectura nos encontramos con la Arquitectura open-source, la que tiene un enfoque colaborativo, donde los recursos y los diseños pueden ser compartidos, entregando diseños fáciles de implementar, asequibilidad y flexibilidad a los usuarios (Govea, 2019)

Las ventajas de la emergente arquitectura open source es que los conocimientos reservados para un selecto grupo de arquitectos ahora están disponibles para todos, los principales proyectos arquitectónicos que llevan tiempo avanzando en línea son, por ejemplo, el caso Chileno de Elemental, el caso de las Paperhouses y por último, el de Wikihouse (Lucas, 2016), siendo este último en el cual se enfocó la investigación.

2.3. Design Global Manufacture Local y FAB Labs

Según las proyecciones de las Naciones Unidas (2018) indican que para el año 2050 el 68% de la población mundial va a estar viviendo en ciudades.

Las ciudades replican un estilo de vida basado en la economía de consumo el cual denominan PITO (Product In, Trash Out), donde las materias primas se extraen de un país, luego son enviadas a manufacturar en otro país, para llegar como un producto en un tercer país, para finalmente ser desechado, generando así una huella de carbono que causa un impacto económico y social, poniendo en riesgo los sistemas ecológicos del planeta, por esto existe DIDO (Data In / Data Out), donde los sistemas de producción se quedan locales, mientras que los datos siguen moviéndose de manera virtual y globalizada. (Diez, 2016).

Desde este planteamiento surge un nuevo sistema de producción denominado *Design Global Manufacture Local*, el cual consiste en aprovechar las nuevas tecnologías digitales para crear diseños abiertos, disponibles para descargar online por cualquier persona para posteriormente fabricarlos localmente, ya sea con tecnologías de impresión 3D

o CNC, esto para ahorrar el proceso de transporte de materia. (Priovolou, 2019).

Según el Instituto de Arquitectura Avanzada de Cataluña (2021) este sistema es una "revolución digital" que va a alcanzar todas las escalas, donde se van a expandir los límites del diseño y la arquitectura para enfrentar los desafíos que enfrenta la humanidad. Paralelamente para el MIT Center of Bits and Atoms (s.f.) se ve como una iniciativa interdisciplinaria que explora la frontera entre las ciencias de la computación y las ciencias físicas, donde lo digital se transforma en material y los bits se convierten en átomos.

Utilizando como base lo hablado anteriormente existe una iniciativa internacional llamada "FAB LAB Network" iniciada por el MIT (Massachusetts Institute of Technology), específicamente el Center of Bits and Atoms, la cual busca crear una red global de laboratorios locales que entreguen a las comunidades las herramientas necesarias como lo son máquinas de corte CNC o impresoras 3D para la fabricación digital (Pérez de Lama, Gutiérrez de Rueda, Sánchez-Laulhé, & Olmo, 2011)

Actualmente en Chile existe la Red Chilena de FABLabs, la cual está compuesta por 17 laboratorios repartidos a lo largo del país, los cuales se han dedicado desde la realización de talleres para para escolares y emprendedores, hasta el apoyo sanitario de regiones, de esta forma han logrado conectarse con las comunidades y sus necesidades, entregándole las herramientas necesarias para avanzar a un nuevo modelo de producción (Centro de Innovación UC, s.f.).

2.4. El caso de "Wikihouse"

El sistema Wikihouse, es el caso de estudio en el cual se basó la investigación, este es un diseño de arquitectura open source creada por Alastair Parvin y Nick Ireodiaconou, desarrollada por la compañía sin fines de lucro Open System Lab, la cual se ubica en Inglaterra.

La idea principal de este sistema es que las personas que desean autoconstruir sus viviendas puedan llegar a tener acceso a viviendas de alta calidad y habitabilidad óptima, logrando así democratizar la arquitectura, ya que, según Parvin (2013)

Solamente el 2% de los edificios a nivel mundial son diseñados por arquitectos, siendo estos para el 1% de los clientes más ricos.

El funcionamiento del sistema sienta sus bases en el código abierto, donde la vivienda se constituye por

módulos prediseñados digitalmente, los cuales se encuentran disponibles en una librería global en línea, listos para cortar en maquinarias Router CNC, de manera local y ensamblar en cuestión de días, asegurando que no se requieren habilidades previas para esto. (Mok, 2014)

Ya existen casos de estudio donde se experimentó con la autoconstrucción con este sistema como es el caso de la Wikifarmhouse, la cual concluyó que este tipo de edificios puede ser ensamblado por no profesionales y que es más costo-efectiva en comparación con otras viviendas prefabricadas (Edward, 2018).

Como también está la investigación acerca de la participación de las comunidades, como es el caso de la investigación "Open-Source Social Housing for Sr. Manoel", de Bruno Rocha, donde construyeron una vivienda para el Señor Manoel, el cual era un hombre sin hogar. Esta fue armada con la comunidad, llegando a la conclusión que para el correcto funcionamiento de estos sistemas se necesita un dialogo paralelo entre autoridades y comunidades locales, donde exista un monitoreo y una accesibilidad a las herramientas necesarias para facilitar estos procesos. (Sigradi, 2021)

Actualmente se encuentra disponible en la página oficial de Wikihouse el principal y más nuevo sistema de construcción abierto llamado Skylark 250, el cual se encuentra en estado Beta. Este se trata de una vivienda modular que puede llegar a tener hasta 3 pisos de altura, mientras que el número 250 se refiere al espesor de la aislación en el interior de los muros.

3. Métodos

3.1. Objetivo

Lo que se buscó en esta investigación fue entender las barreras con las que se encontrarían los usuarios que desean autoconstruir sus viviendas utilizando el sistema Wikihouse, analizando como sus conocimientos relacionados a la construcción y la lectura de planimetría afectarían al momento de participar autónomamente en el proceso de la construcción de esta vivienda.

Para esto, se analizó el proceso de armado mediante la elaboración de un módulo denominado "Wall S" el cual es el muro más pequeño perteneciente al último modelo proyectado por Wikihouse llamado Skylark 250, para después analizar el proceso de ensamblado de este mismo, observando a sujetos de estudio armarlo.

3.2. Sujetos de estudio

Los sujetos para el estudio se clasificaron en tres grupos según sus conocimientos previos, respecto a la construcción y la lectura de planimetrías entendiéndose que a pesar de ser un ensamblado similar a lo que sería armar un mueble prefabricado, este es un método para el armado de viviendas, por lo que su enfoque debe ser analizado desde un ámbito constructivo:

- **Grupo A:** Personas que no tienen conocimiento previo de construcción ni saben leer planimetrías, entendiéndose que son personas que en su día a día no se relacionan ni a la arquitectura ni a la construcción.
- **Grupo B:** Personas que tienen conocimientos teóricos de construcción y saben leer planimetrías, es decir estudiantes de carreras relacionadas a la arquitectura o la construcción que nunca han tenido acercamientos prácticos.
- **Grupo C:** Personas que tienen conocimientos prácticos de construcción y saben leer planimetrías, es decir, sujetos que han trabajado en la construcción o han participado en proyectos donde tuvieron que construir.

3.3. Proceso de la fabricación

Posterior al análisis del paso a paso, que se encuentra disponible en la página oficial de Wikihouse, donde explican de forma detallada como armar una vivienda con el sistema, desde el momento del diseño hasta el ensamblado, se lograron identificar y clasificar los dos principales procesos por los que se tiene que pasar al momento de implementarlo, los cuales son:

1. **Proceso de Manufactura:** Después de la recolección de información básica acerca de los métodos de diseño, los tipos de casas que se pueden construir y las especificaciones técnicas de las viviendas se debe proceder a descargar desde la página web los modelos 3D disponibles para armar un prototipo digital del proyecto, una vez analizado y comprendido hay que descargar los archivos de corte 2D con las piezas donde se especifican las características (tamaño, peso, huella de carbono y cantidad de placas necesarias) de cada módulo y se muestra la forma en que las piezas se distribuyen en las respectivas placas de madera. Cuando la información esté clara y se quiera realizar la parte práctica, se deben comprar las placas de madera, las que pueden ser de terciado estructural u OSB con una medida de 2440x1220, con 18mm de espesor para

posteriormente llevarlas a alguna máquina Router CNC de las que se encuentren disponibles para fabricar las piezas.

2. **Proceso de Ensamblado:** Primero las piezas, las cuales deberían estar ya cortadas deben ser transportadas a un lugar cuya superficie sea adecuada para el armado del módulo, en este proceso se deben ensamblar los módulos calzando las piezas entre sí con las uniones y ranuras previamente contempladas en el diseño de cada una, teniendo en cuenta que se deben asegurar con clavos. Este paso es guiado por manuales de instrucciones para cada uno de los módulos, estos se encuentran disponibles en la página oficial. Después de que cada unidad quede firme estaría listo para empezar a ser unidos con los otros módulos, esto gracias a piezas especiales que se clavan en espacios hundidos en el exterior de cada módulo.

3.4. Estudio de manufactura

Para poder superar las barreras digitales en el proceso de manufactura, se analizó la descarga donde se muestran claros los conocimientos que deberían tener los usuarios para realizarlo. Primero deben saber inglés o saber cómo utilizar herramientas de traducción, ya que, la página y los archivos solo están en ese idioma y segundo, saber usar a lo menos uno de los softwares en los que se pueden abrir los archivos 2D y 3D, ya sea, AutoCAD, Rhinoceros, Sketchup y Blender. Esto para poder generar los prototipos virtuales de las viviendas y entender cómo se arman los distintos módulos.

Se generó un modelo tridimensional de una vivienda para poder analizar la forma en detalle de cómo se unían los módulos y como debían ser la disposición de estos, ya que, las medidas de cada uno fueron previamente diseñadas y no se pueden calzar entre sí módulos que tengan distintas alturas, como lo sería un Wall S con un Wall M (Muro pequeño de 2,10 m de altura y muro mediano de 2,40 m de altura).

Después en el proceso de elaboración de las piezas para el muro, se compraron dos placas de madera, las cuales eran de terciado estructural. Estas fueron trasladadas a una máquina Router CNC, de marca Techno CNC modelo LC Series 4896 (Figura 2) que estaba disponible en la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Chile. En este proceso se observaron y anotaron los principales problemas que surgieron al momento de configurar el archivo y en el proceso de cortado.



Fig 2: Router CNC, LC Series 4896 con placas ya cortadas
Fuente: Elaboración Propia

3.5. Experimentación de ensamblado

Para lograr conocer las barreras que existen en el proceso de ensamblado del módulo se realizó un estudio práctico en el cual se tomaron dos representantes de cada uno de los grupos para enfrentarlos al ensamblado del muro.

Se tuvo en cuenta que, para obtener resultados más completos y con una mayor cantidad de variables, el experimento debió ser realizado con una cantidad más alta de representantes para cada grupo, lo cual no pudo ser posible, ya que, durante la realización del experimento era imposible el libre acceso de personas externas a la facultad, por lo que, tuvo que ser realizado en un estacionamiento, el cual fue un lugar poco óptimo.

Se comenzó entregando siete piezas correspondientes a la estructura principal del módulo a cada pareja, estas son: dos piezas frontales, dos piezas laterales y tres piezas interiores que sirven para dar firmeza al muro y sostener la aislación interior, estas fueron entregadas ordenadas en el piso listas para ensamblar (Figura 3).



Fig 3: Piezas del módulo Wall S. Fuente: Elaboración propia

En el armado del prototipo al ser solamente un módulo, no se consideraron las piezas que sirven para unir a los módulos entre sí.

Al momento de comenzar con el experimento a cada pareja se les entregó el manual de instrucciones del módulo correspondiente para que pudieran guiarse en el armado, este debió ser analizado en conjunto antes de comenzar a armar el prototipo. Al momento de la lectura se les tomó el tiempo que demoraron en hacer el primer análisis de las instrucciones, junto con las veces que lo relejaron.

Después procedieron a ensamblar las piezas (Figura 4 y 5) hasta terminar el módulo (Figura 6), como observaciones se registraron los problemas que tuvieron, las veces que se equivocaron teniendo que reiniciar el armado y el orden en que lo ensamblaron.

También se anotaron los tiempos de armado desde que comenzaron hasta que tuvieron que reiniciar, si fue el caso y el tiempo total desde el inicio hasta que terminaron.

Al final del ensamblado a cada uno de los sujetos se les preguntó la dificultad que percibieron respecto a la lectura del manual y al ensamblado del módulo, para entender cómo les percibieron el proceso para relacionarlo con otras variables. Para entender las dificultades se utilizó una escala Likert del 1 al 5, siendo 1 muy fácil, 2 fácil, 3 medio, 4 difícil y 5 muy difícil.

Por último, a cada pareja se les pidió hacer comentarios respecto a las problemáticas con las que se toparon al momento de la ejecución del módulo y lo que creen que podría mejorarse en el sistema.



Fig 4: Grupo C ensamblado el módulo.
Fuente: Elaboración propia



Fig 4: Grupo A ensamblando el módulo. Fuente: Elaboración propia.



Fig 5: Modulo terminado. Fuente: Elaboración propia.

4. Resultados

4.1. Barreras en el proceso de manufactura

En el proceso de manufactura del módulo se encontraron dos barreras que entorpecieron el corte de las piezas y posteriormente afectaron el proceso de ensamblado:

- La primera fue que el diseño de las piezas 2D donde están marcadas dentro de la placa, al momento de ser configurada en la máquina CNC previo a proceder a cortar, la persona encargada dijo que era imposible cortar la madera, ya que, la distancia entre las piezas y el borde de la placa en el archivo era de 5 mm, la cual no funcionaba para la máquina Router CNC que se estaba usando, ya que, esta debía ser por lo menos de 30 mm para poder clavar la placa a una mesa de madera que se fija a unos ganchos.

El que los archivos de corte tengan un margen pequeño significa que el diseño configurado para las placas está pensado para un tipo de Router más avanzado, el cual fija la placa de madera mediante succión y no es necesario clavar como en la máquina que estaba disponible.

Este impedimento de los márgenes ocasionó que se tuvieron que modificar los archivos para el corte de las dos placas y la optimización del material planteado por la página dejó de servir, por esto se tuvieron que reordenar y modificar

los archivos para que las piezas entraran dentro de las placas.

- La segunda barrera fue el manejo de las tolerancias de las ranuras de ensamble de cada pieza, el grosor del material es de 18 mm y las ranuras que venían en el archivo de internet tenían un ancho de 18,5 mm, solo dando 0,25 mm de compensación por lado para que entraran las uniones.

Al momento de probar por primera vez el ensamblado, las piezas no calzaban entre sí, por lo que cada ranura tuvo que ser lijada con una escofina hasta que tuvieran un ancho de 19,5 mm, agregándole manualmente 0,75 mm para que las piezas logaran entrar, haciendo que el proceso de ensamblaje del módulo demorara más.

En la página oficial de Wikihouse explican el tamaño de las ranuras debe variar por los espesores de las maderas, las cuales por defecto deberían medir entre 17,5 mm y 18,5 mm de grosor, también contemplando que si los bloques no se arman al instante el espesor de la madera puede ir variando por la humedad y otros factores.

4.2. Barreras en el proceso de ensamblado

Los resultados del proceso de ensamblado tuvieron las variaciones que se esperaban según la forma en que se clasificaron los sujetos de prueba (tabla 1).

El tiempo que demoraron en leer el manual todos los grupos fue similar, aunque el grupo A y el grupo B

en un momento del ensamblado tuvieron que volver a leerlo para entender mejor las piezas, ya que, no calzaban y no lo estaban haciendo de la manera más rápida. El grupo C solamente tuvo que leer el manual una vez, al comienzo del experimento.

El grupo C logró armar el módulo tres veces más rápido que el grupo B y cuatro veces más que el A, teniendo siempre en cuenta que tienen conocimientos prácticos de la construcción.

Como fue dicho anteriormente los grupos A y B tuvieron que reiniciar el experimento a los 7:20 y 6:17 minutos respectivamente, dado que no manejaban con destreza los métodos para calzar las piezas, tales como las posiciones en las que podían colocar el módulo para aplicarle una mayor fuerza al momento de calzar las piezas y la continua equivocación del encaje de las ranuras con sus respectivas uniones. Mientras que el grupo C logró hacer todo el proceso de corrido, colocando rápida y adecuadamente cada pieza.

Según el grupo A el ensamblado de las piezas fue un proceso fácil al igual que la lectura del manual, aun

así, este fue el grupo que más demoró en armar el módulo sin tener conocimientos previos de construcción. Al preguntarles acerca de su pensamiento frente al sistema comentaron que el orden del armado de las piezas en el manual de instrucciones debió estar mejor enumerado para poder entender mejor el proceso.

Por otra parte, el grupo B consideró que el proceso de ensamblado de las piezas fue muy fácil, sin embargo, dijo que el manual tenía una dificultad media, ya que, se fijaron en detalles más específicos de las instrucciones y de las gráficas de guía, comentando que en el manual de instrucciones deberían especificarse mejor los detalles de cada pieza, junto con los métodos de armado más recomendables para agilizar el proceso.

Por último, el grupo C consideró que el manual y el ensamblado eran muy fáciles, siendo el único comentario que falta una mayor precisión en los cortes para que las piezas calcen entre sí de mejor manera.

Tabla 1: Resultados experimentación de ensamblado. Fuente: Elaboración propia.

Nº de Sujeto	Grupo	Tiempo lectura del manual	Veces que leyeron el manual	Dificultad del manual (1-5)	Veces que reiniciaron armado	Tiempo de inicio a reinicio	Tiempo armado total	Dificultad del armado (1-5)
1	A	0:50	2	1	1	7:20	17:02	2
2	A	0:52	2	2	1	7:20	17:02	2
3	B	1:07	2	3	1	6:17	13:03	1
4	B	1:07	2	3	1	6:17	13:03	1
5	C	0:50	1	1	0	-	3:53	1
6	C	0:50	1	1	0	-	3:53	1

5. Conclusiones

Las barreras que surgieron de los distintos procesos dejan en evidencia las carencias que tiene el sistema, no permitiendo que sea lo suficientemente abierto para que cualquier usuario pueda implementarlo, especialmente personas que no tienen conocimientos frente a la construcción ni al uso de softwares.

En el proceso de manufactura, para que el sistema sea aún más abierto debería considerar que no todas las máquinas Router CNC disponibles en Chile son de alta tecnología como las que hay en Inglaterra, donde surgió el sistema Wikihouse. El margen de las placas debería ser un punto importante, para que la distribución de las piezas en el archivo de corte venga ya preparada y no tenga

que reorganizarse, de tal manera que si no se modifican tendrían que comprarse más placas.

Junto con lo anterior el archivo oficial debería considerar hacer ranuras con un factor más alto de compensación, para que los usuarios que no tengan en cuenta las tolerancias específicas del material ahorren tiempo y no tengan que gastarlo en lijar de forma manual las piezas con alguna herramienta para que puedan calzar entre sí.

Desde los resultados de la experimentación práctica se concluye que el sistema cumple con la facilidad de armado, demostrando que las personas que no tienen experiencias previas en construcción pueden igualmente participar en los procesos de este sistema constructivo, siendo la barrera no el sistema en sí, ni el armado, sino que el diseño de las piezas previo al corte y la disposición del manual lo que complica el proceso total.

Para las personas sin experiencia en el ámbito práctico de la construcción lo más importante son las indicaciones para el armado, si estas no están bien detalladas pueden hacer que fallen y cometan errores que quizás, con un mejor detalle gráfico se pueden evitar.

El armado del sistema funciona correctamente, se mostró simple de armar y a las personas sin experiencia previa en la construcción también se les hace fácil de ensamblar, los únicos inconvenientes que surgieron al momento de armar las piezas fue la forma en que los manuales transmitieron la información de manera gráfica, los cuales confundieron a los sujetos de prueba, por el bajo nivel de detalle y la falta de un paso a paso mostrando las mejores posiciones de colocación de las piezas para un armado rápido, junto con esto se deben mejorar los diseños de corte para las máquinas teniendo en consideración que las

tecnologías que están disponibles en lugares fuera de Europa pueden estar en un nivel más bajo.

Como conclusión general se entiende que es factible que algún futuro usuario interesado pueda fabricar y autoconstruir su vivienda implementando el sistema WikiHouse en Chile, ya que, las herramientas necesarias están actualmente disponibles en el país, se tiene en cuenta que a pesar de las distintas experiencias y conocimientos respecto a la construcción las personas pueden participar en el proceso activamente, sabiendo que las barreras que podrían llegar a afectarlo no son un impedimento y pueden ser solucionadas de manera rápida por los que tengan acceso a la página oficial actualizando los archivos y el material disponible online, esto netamente para optimizar el proceso y democratizar este sistema constructivo abierto de forma efectiva.

Agradecimientos

Me gustaría agradecer por la guía y el apoyo a mi profesor Felipe López, a mis padres por el apoyo económico, a Carlos Muñoz del laboratorio CNC de la FAU y por último a las personas que participaron en la experimentación.

Referencias

Centro de Innovación UC. (s.f.). La reactivación de la Red Chilena de FabLabs. Obtenido de Centro de innovación UC Anavleto Angelini: <https://centrodeinnovacion.uc.cl/la-reactivacion-de-la-red-chilena-de-fablabs/>

Cotaquispe, R. (3 de Febrero de 2021). Crehana. Obtenido de Crehana: <https://www.crehana.com/blog/desarrollo-web/que-es-un-codigo-abierto/#que-es-un-codigo-abierto>

Déficit Cero. (2022). Déficit Habitacional: ¿Cuántas familias necesitan una vivienda en qué territorios? Santiago: Centro UC Políticas Públicas.

Diez, T. (s.f.). Fab City Whitepaper, Locally productive, globally connected self-sufficient cities. FAB CITY, 11.

Distributed Design Market Platform. (2019). Design Remix Shape Repair.

Edward, D. F. (2018). Building Open Source: To what extent does WikiHouse apply the open source model. Biomedical Research 280 (5364), 698 701.

Govea, J. (10 de Mayo de 2019). Arquitectura abierta- ¿Que es la arquitectura open source? Obtenido de El blog del arquitecto: <https://jesusgovea.wordpress.com/2019/05/10/arquitectura-abierta/#:~:text=La%20arquitectura%20de%20c%C3%B3digo%20abierto,un%20esfuerzo%20colectivo%20y%20colaborativo.>

IBM. (s.f.). ¿Qué es el software de código abierto? Obtenido de IBM: <https://www.ibm.com/cloud/topics/open-source>

Institute for advanced architecture of Catalonia. (s.f.). Institute for advanced architecture of Catalonia. Obtenido de About: <https://iaac.net/iaac/about/>

Lin, T. (2019). La autoconstrucción informal como proyecto de integración. PLANEIO, 40.

Lucas, S. (31 de Mayo de 2016). 6 open source architecture projects to check out. Obtenido de opensource.com: <https://opensource.com/life/16/5/6-open-source-architecture-projects>

- McAuliffe, M. y A. Triandafyllidou (eds.), 2021. Informe sobre las Migraciones en el Mundo 2022. Organización Internacional para las Migraciones (OIM), Ginebra.
- MIT Center of Bits and Atoms. (s. f.). About. The Center of Bits and Atoms.
<https://cba.mit.edu/about/index.html>
- Mok, K. (1 de Oct de 2014). WikiHouse: Open Source Sustainable House Designs That Anyone Can Build. Obtenido de The New Stack: <https://thenewstack.io/wikihouse-open-source-sustainable-house-designs-that-anyone-can-build/>
- Montés, C. (25 de 04 de 2022). Minvu por déficit habitacional: "El Gobierno tiene la firme decisión de que se construyan 260 mil viviendas". (2. H. TVN, Entrevistador)
- OCDE. (2020). Better data and policies to fight homelessness in the OECD. Paris: OECD.
- ONU. (25 de Septiembre de 2015). Obejtivos de desarrollo sostenible. Obtenido de Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y produccion sostenible:
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-consumption-production/>
- ONU. (16 de Mayo de 2018). Las ciudades seguirán creciendo, sobre todo en los países en desarrollo. Obtenido de Naciones Unidas:
<https://www.un.org/development/desa/es/news/population/2018-world-urbanization-prospects.html>
- ONU. (2022). ONU Global Issues. Obtenido de ONU: <https://www.un.org/es/global-issues/migration#:~:text=Algunos%20lo%20hacen%20debido%20a,natal%20es%20mayor%20que%20nunca.>
- Open System Lab. (2019). The Wikihouse Manufacturing Guide. Obtenido de <https://www.wikihouse.cc/Resources>:
<https://www.wikihouse.cc/Resources>
- Ordoñez, M., & Jesica Amescua. (13 de Mayo de 2020). El rol de la arquitectura: autoconsutrcción, autoproducción y producción social asistida de viviendas. Obtenido de Plataforma Arquitectura:
<https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/939134/el-rol-de-la-arquitectura-en-autoconstruccion-autoproduccion-y-produccion-social-asistida-de-vivienda>
- Parvin, A. (2013). ARCHITECTURE (AND THE OTHER 99%). Architecutral Design, 91.
- Pérez de Lama, J., Gutiérrez de Rueda, M., Sánchez-Laulhé, J. M., & Olmo, J. (2011). Fabricación digital, código abierto e. Sevilla: Escuela Técnica Superior de Arquitectura.
- Priavolou, C., & Vasilis Niaros. (2019). Assessing the Openness and Conviviality of Open. MDPI, 1-16.
- Servicio Jesuita a Migrantes. (2020). Acceso a la vivienda y condiciones de habitabilidad de la población migrante en Chile. Santiago: Servicio Jesuita a Migrantes.
- SIGraDi | Room C 2021. (2021, 12 noviembre). [Vídeo]. YouTube.
<https://www.youtube.com/watch?v=VG7V3klGXF>
- Sikra, S. (21 de 06 de 2017). Gocontractor. Obtenido de Gocontractor:
<https://gocontractor.com/blog/how-does-construction-impact-the-environment/>
- Wahr, L. (2021). Déficit habitacional: un fenómeno planetario. Revista universitaria UC N°165, 28-29.

Anexos

Anexo 1: Manual de armado del modulo Wall S

Anexo 2: Archivos CAD de corte original y modificado

Anexo 3: Imágenes de procesos de manufactura y ensamblado

Todos los anexos están disponibles en la carpeta web:

<https://drive.google.com/drive/folders/1BZbsgTeL3jRywoOibq4Wkk6UNNcl7YfR?usp=sharing>