

## Additive Architecture: Emergency habitat, from transience to permanence.

Maria Luz Schaffer<sup>1</sup>, Yamile Anabella Sturba<sup>1</sup>, María Agustina De Angeli<sup>1</sup>,  
Mauro Chiarella<sup>2</sup>, Alexis Salinas Arriagada<sup>3</sup>, Pablo Banda-Pérez<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina  
mluzschaffer@gmail.com; sturbayamile@gmail.com; mariagustina93@gmail.com

<sup>2</sup> CONICET/UNL, Santa Fe, Argentina  
maurochiarella00@gmail.com

<sup>3</sup> Universidad del Bio-Bio, Concepción, Chile  
dgnlstudio@gmail.com; pablo.banda.p@gmail.com

**Abstract.** The present work addresses the subject of Additive Architecture by means of the ideation of sets of habitable emergency enclosures, materialised with mixed technologies for the Litoral Centro xxx region. The case of application, emergency housing, poses a "complex existential phenomenon" in Latin America, where the temporary inevitably becomes permanent, preserving its identity and initial precariousness for a long time. Assuming the challenge of transforming temporary housing as a permanent habitat, parametric definitions are designed that synthesise the current material restrictions of 3D printing technologies in South America (know-how of leading researchers), a technical solution is developed with mixed technologies and growth variables of contingency settlements are explored as emerging landscapes of current techno-diversity and their projection as future technopolitics.

**Keywords:** Additive architecture, Emergency housing, 3D-printing, Parametric design

### 1. Introducción

Los desarrollos de las últimas décadas en tecnologías digitales y materiales han creado nuevas oportunidades, sugiriendo cambios significativos en la forma en que se diseña y construye. Sin embargo, a lo largo de la historia, en Argentina, se observa una brecha entre los avances tecnológicos ligados a la construcción y los que se registran en otras áreas. El desarrollo de tecnologías para la construcción no ha tenido en el país avances significativos; sino que sigue predominando desde hace varias décadas la construcción pre-industrial, comúnmente denominada construcción "tradicional", la cual se caracteriza por

emplear procesos lentos e impredecibles, debido a que utiliza principalmente métodos poco tecnificados, que conllevan una ejecución compleja de múltiples actores involucrados en el proceso. Recientemente, se ha incrementado en las ciudades intermedias el uso de sistemas constructivos industrializados, los cuales se caracterizan por ser más ágiles, versátiles, livianos y flexibles en relación a los tradicionales, permitiendo ejecutar la construcción de manera racionalizada.

La incorporación de la FA al mundo del diseño arquitectónico y la construcción ha demostrado un gran impacto en lo que respecta a la libertad y complejidad formal, variabilidad, producción personalizada y en serie, optimización del material, fabricación descentralizada y elaboración avanzada de materiales y mezclas (Malé-Aleman, 2015).

A nivel nacional es una temática incipiente con potencialidades como área de vacancia desde nuestra disciplina. Los desarrollos liderados por las ingenierías, sólo exploran las factibilidades técnicas y económicas postergando la integración de las tecnologías de Fabricación Aditiva en la práctica arquitectónica cotidiana. Aún no se registran exploraciones locales sobre las posibilidades formales, morfológicas, espaciales y de habitabilidad que surgen de las cualidades implícitas de la implementación de la tecnología de FA.

## **2. De lo transitorio a lo permanente**

Viviendas de emergencia: En nuestros contextos latinoamericanos, la necesidad de una rápida respuesta luego de ocurrida una catástrofe, muchas veces deja de lado necesidades individuales, sociales y culturales, dando como resultado, refugios impersonales, vulnerables y transitorios. Se registra que, en la mayoría de los casos relevados, los refugios temporales se convierten en permanentes. Las respuestas relevadas se basan principalmente en procesos artesanales los cuales, en muchos casos, no cumplen con las cualidades espaciales y sanitarias mínimas, atendiendo sólo la necesidad de rapidez de construcción, postergando necesidades biológicas y una manufactura que prevea cierto grado de permanencia con posibilidades de crecimiento futuras. El vertiginoso avance de la impresión 3D en Arquitectura promete respuestas rápidas, sólidas y económicas posibilitando condiciones adecuadas para un habitar resiliente. Es así como la incorporación estratégica de las tecnologías de Fabricación Aditiva mediante procesos orientados al rendimiento (Performance-Oriented Architecture), amplían las capacidades creativas y productivas disciplinares, posibilitando la generación de familias de soluciones no seriadas con variables contextuales

personalizadas y una manufactura basada en la simplificación monomaterial de envolventes continuas.

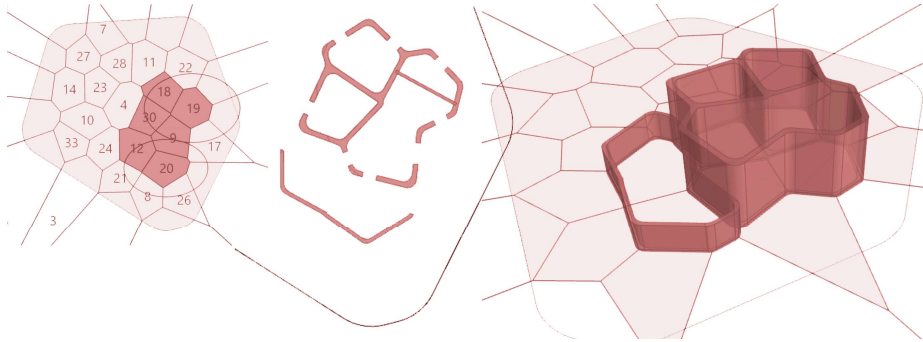
### **3. Arquitectura Aditiva: Diseño de prototipos**

Asumiendo el desafío de transformar la vivienda temporal como hábitat permanente, se diseñan definiciones paramétricas (Grasshopper + Rhino) que sintetizan las restricciones materiales actuales de las tecnologías de impresión 3D en Sudamérica (know-how de investigadores referentes consultados), se desarrolla una solución técnica con tecnologías mixtas y se exploran variables de crecimiento de los asentamientos de contingencia como paisajes emergentes de la tecno-diversidad actual y su proyección como tecnopolíticas futuras.

#### **3.1. Definiciones de variables y restricciones**

Para el desarrollo del proyecto prototipo, se emplea el uso de un patrón geométrico celular, clave para la articulación y organización arquitectónica-urbana, a fin de ensayar diferentes conjugaciones que permitan adaptaciones a situaciones contextuales específicas. La utilización del conocido diagrama de Voronoi implica el desafío de repensar la habitabilidad a partir de un sistema celular que posibilite agregar habitaciones aportando solidaridad estructural y colaborando con la estabilidad de la envolvente monomaterial prescindiendo de los tradicionales elementos estructurales. El desarrollo del algoritmo busca potenciar: la flexibilidad geométrica (formas orgánicas); la personalización (lo no seriado); la simplificación material (monomaterial) y el desempeño en el proceso de manufactura (optimización material). La construcción está pensada con el sistema de pórticos, descartando el uso de brazos robóticos para evitar la fragmentación de las envolventes continuas. Se proyectan aberturas verticales eludiendo el agregado de encofrados y refuerzos en dinteles, obteniendo una mayor entrada de luz que compense la compacidad de la tecnología de impresión 3D. El sector de servicios se resuelve mediante un tabique sanitario estándar delimitando el área de cocina y baño. Simplificando costos y tiempos, se utiliza el sistema constructivo tradicional de cubierta de chapa con correas y vigas de madera, diseñada a partir de un único plano inclinado. Se procede a realizar pruebas de impresión cerámica a diferentes

escalas para verificar los diferentes desarrollos del sistema constructivo mixto

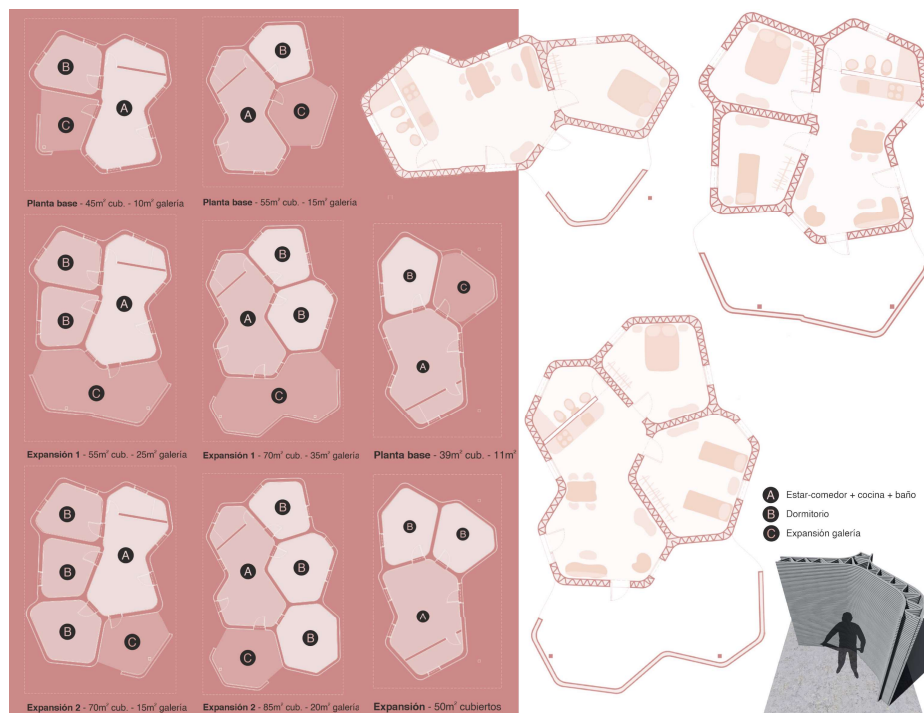


(construcción pre-industrial y manufactura industrial y post industrial).

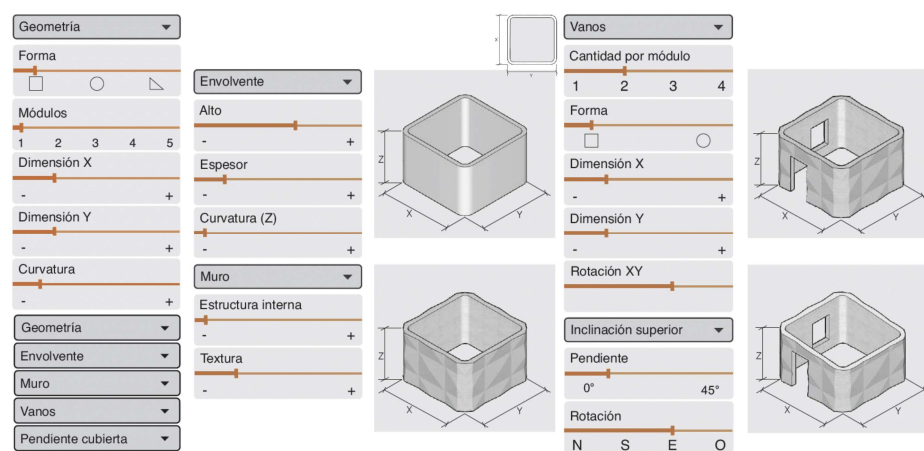
**Figura 1.** Articulación y organización arquitectónica mediante patrón geométrico celular (voronoi) posibilita diferentes conjugaciones con adaptaciones a situaciones contextuales específicas. Fuente: Autores, 2022.

### 3.2. Premisas: componentes y parámetros

Teniendo en cuenta la problemática planteada, se determina, en primer lugar, un plan a escala macro donde se implanta un grupo de viviendas. El mismo comprende una superficie de 100 por 100 metros que representa una manzana tipo dentro de la ciudad, considerando la probabilidad de que se deban evacuar a varias familias. En dicho entorno se disponen lotes particulares, los cuales quedan delimitados por sendas peatonales y, además, áreas comunes como plazas y pequeños espacios verdes. En cuanto a las viviendas, se plantean de una superficie máxima de aproximadamente 70 metros cuadrados. En un principio se establecen los espacios básicos: estar-comedor, cocina, baño, uno o dos dormitorios y una expansión semicubierta, la cual está prevista para que pueda ser transformada en otro dormitorio o espacio de la vivienda. De esta forma, la misma está proyectada a partir de su capacidad máxima, contemplando futuras ampliaciones. Para el sector de los servicios se diseña, con construcción en seco, un tabique sanitario delimitando el área de cocina y baño, el cual contendrá las instalaciones necesarias para servir dichos



sectores. Cabe destacar que el mismo cuenta con una medida estándar con



fin de economizar la producción.

**Figura 2.** Panel de control (grasshopper): Geometría (Forma, Módulos, Dimensión X, Dimensión Y, Curvatura); Envoltente (Alto, Espesor, Curvatura Z), Muro (Estructura Interna, Textura), Vanos (Cantidad por módulo, Forma, Dimensión X, Dimensión Y, Posición XY), Pendiente Cubierta (Pendiente, Rotación). Fuente: Autores, 2022.

**Figura 3.** Modelos personalizados y esquemas expansión. Fuente: Autores, 2022.

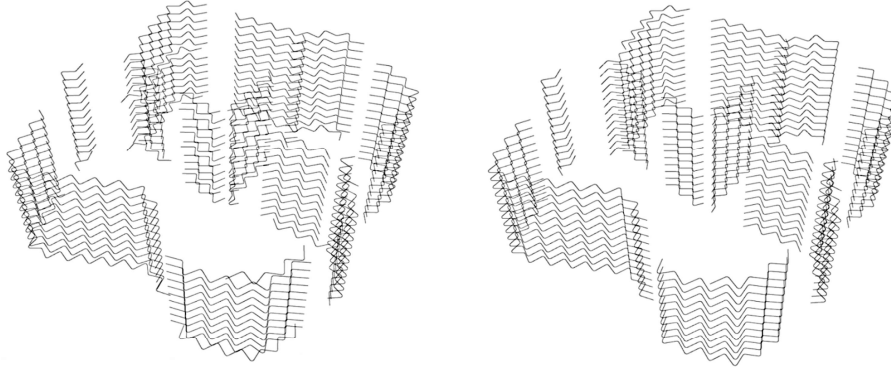
Los muros están diseñados para ser autoportantes, con una estructura compuesta por dos cordones perimetrales que contienen diagonales, también impresas, que colaboran con su rigidez y generan un vacío que, en este caso será utilizado como cámara de aire. Para el proyecto se definió espesor de muro de 30 centímetros, teniendo en cuenta antecedentes de climas similares. En el diseño de los paramentos se contempló, en su ideación y manufactura, que la construcción se pueda llevar a cabo con el sistema de pórtico (descartando brazo robótico), ya que el mismo no posee limitaciones en cuanto al alcance de impresión. En cuanto a los vanos, se proyectan aperturas verticales con el fin de no comprometer a la estructura del muro con rajaduras horizontales y el agregado de significativos refuerzos. Las aberturas se diseñan desde el nivel de piso interior con el fin de captar una mayor entrada de luz diurna. Se componen de una estructura de aluminio y se prevé que las mismas estén sostenidas por un premarco metálico reforzado, ya que sobre el mismo, con el fin de acentuar la verticalidad, se imprime un muro de menor espesor generando un corte en el lenguaje de la fachada. Para los vanos se definió una medida estándar de 2,20 por 0,80 metros, a excepción de la puerta principal, la cual cuenta con una dimensión mayor en su ancho (1,20 metros), jerarquizando el ingreso. Por las restricciones que conlleva el ser una solución para emergencias, se propone una techumbre simple empleando el sistema constructivo tradicional de cubierta de chapa con correas y vigas de madera, aislaciones y cielorraso de machimbre visto, diseñada a partir de un único plano inclinado.

### **3.3. Prototipado en cerámica: trayectorización**

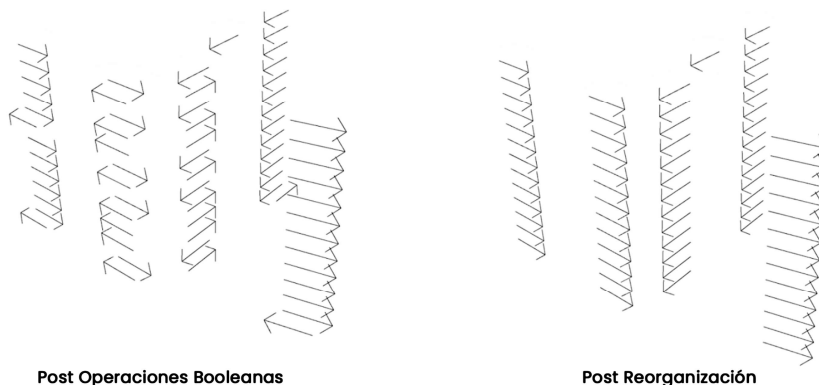
Para realizar las pruebas de impresión 3D en cerámica de los prototipos es necesario pensar la trayectoria de la impresión en relación al comportamiento del mismo. Los procesos de modelado geométrico vectorial no integran aún, desde las operaciones booleanas, estas lógicas de trayectoria. La simplificación monomaterial de envoltente continua propuesta en la manufactura final obliga a repensar las operaciones de modelado al perder la condición de totalidad y continuidad cuando se realizan previamente operaciones booleanas de sustracción por diferencia, intersección y eliminación de partes. De esta forma surge la adecuación de una

trayectorización de vectores como etapa posterior al modelado inicial para el

#### GENERACIÓN DE CRVS DE LAMINACIÓN



#### SENTIDO DE CRVS DE LAMINACIÓN

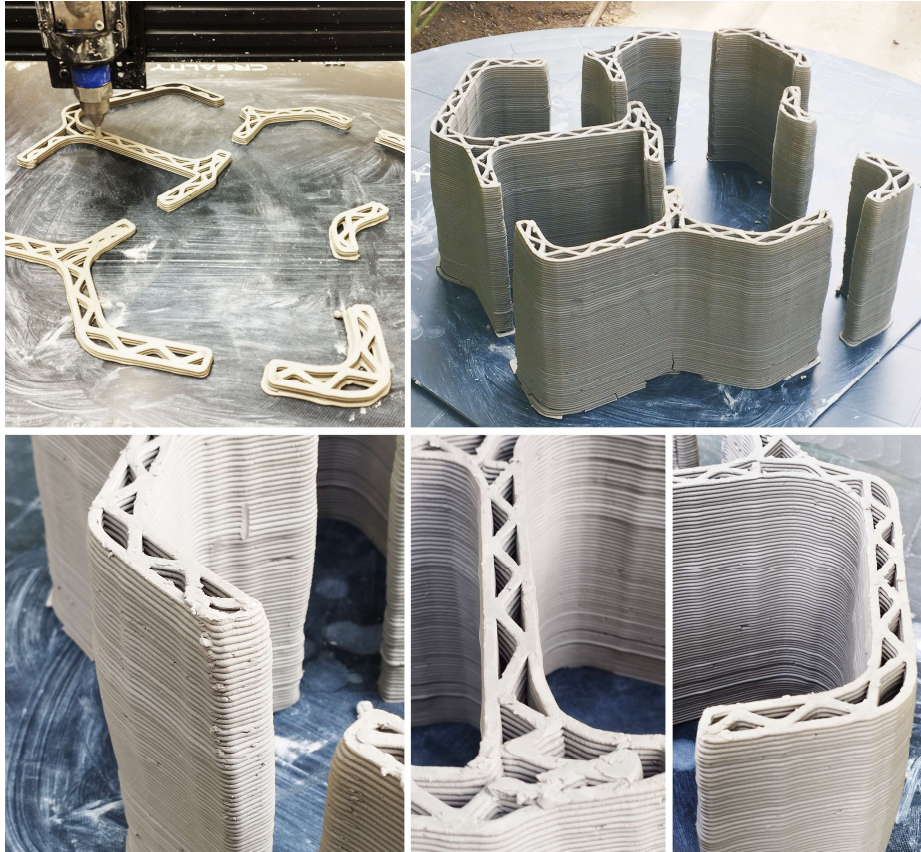


prototipado a escala 1:20 y posible manufactura final.

**Figura 4.** Generación de CRVS con sentido de laminación (reorganización post operaciones booleanas). Fuente: Autores, 2023.

Los softwares usuales de impresión FDM proveen la discontinuidad de la misma porque la condición del material, de rápida solidificación, permite la detención del proceso sin perjudicar el resultado final. La impresión del mortero/hormigón, en escala 1:1, no necesariamente provee esas condiciones por necesitarse fluidez de material en constante flujo. Detener una impresión en hormigón y pasar a otro tramo sin un sistema de gestión de continuidad de segmentos (adicionando una estructura interna al volumen fragmentado), puede ocasionar el colapso del muro. Tal devenir requiere analizar con detención la resultante de las acciones mencionadas, ellas generan una secuencia no lógica para la impresión debiendo éstas, ser geométricamente

analizadas respecto a sentidos de orientación y puntos de origen de las curvas y polycurvas que conforman las trayectorias de impresión, debiendo estas ser ordenadas y re-organizadas en un proceso adicional al diseño morfológico



inicial (figura 4).

**Figura 5.** Impresión cerámica de prototipos. Escala 1:20. Fuente: Autores, 2023.

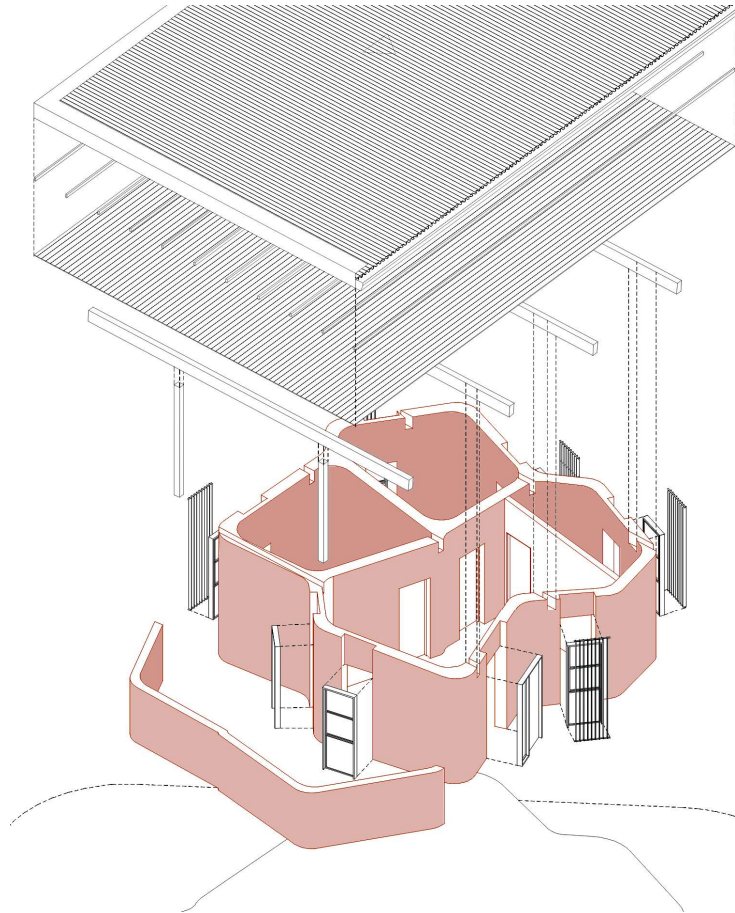
### **3.4. Fabricación Aditiva y tecnodiversidad.**

La incorporación estratégica de tecnologías post-industriales a las tecnologías heredadas (industriales y pre-industriales) es un problema aún pendiente en nuestra disciplina. La convivencia naturalizada en Latinoamérica de sistemas constructivos mixtos se proyecta posiblemente como la tecnodiversidad (Yuk Hui, 2020) deseada que desacelere la tendencia a la homogeneización a la que nos lleva la tecnología actual.



Hemos proyectado con tecnología de FA siendo conscientes de que la misma se encuentra en pleno desarrollo, proponiendo tempranos acercamientos que signifiquen además de una puesta en práctica, un aporte sobre cómo se podría implementar la tecnología en el país. En cierto modo, esta decisión llevó a forzar cuestiones constructivas adaptándolas a los recursos disponibles para poder encontrar soluciones que sean viables a ser materializadas. Este primer obstáculo parecería ser el futuro potencial. Puntualmente, a nivel mundial, la materialización de la cubierta en las edificaciones realizadas con FA representa un desafío: en la mayoría de los casos se opta por la alternativa de imprimir un mismo componente que integra envolventes laterales con superiores, incrementando significativamente el costo de la construcción. En nuestra propuesta, por las restricciones que conlleva el hecho de tratarse de un asentamiento para casos de emergencia,

se planteó un modelo simple, conscientes de que dicho aspecto se podría seguir



profundizando con el avance de esta tecnología.

**Figura 6.** Axonometría despiezada del sistema mixto. Fuente: Autores, 2023.

#### 4. Paisajes híbridos emergentes

El proyecto presentado sistematiza los principales valores de la Arquitectura Aditiva para definir variables que puedan ser aplicadas positivamente a propuestas de viviendas de emergencia. Se ha diseñado un panel de control parametrizado para verificar la utilización de forma simplificada, por actores inexpertos, cómo puede realizarse un proceso de personalización en la

definición de un prototipo a través de los algoritmos utilizados. La intención de generar una producción no seriada, abordándola a partir de un esquema celular, fue el punto de partida para demostrar la relevancia de la no regularidad, valor que permite enriquecer y dinamizar tanto el espacio arquitectónico como también el entorno construido. Este planteamiento permite constituir familias de viviendas diferentes, integradas mediante un modelo matriz unificador. Entre los aspectos explorados se destaca el uso de morfologías curvas, inspiradas en formas de la naturaleza y diseñadas a través de algoritmos paramétricos. Es así como la FA propone una oportunidad morfológica singular lo que plantea, en relación al habitar, una experiencia diferente a la convencional, donde los espacios se encuentran contenidos por planos ortogonales. Las formas orgánicas permiten agregar movimiento y zonificar creativamente los espacios.

La investigación proyectual abordó el desafío de poder responder a una problemática tanto a escala urbana como arquitectónica, teniendo en cuenta las posibles eventualidades y transformaciones, como la necesidad de personalización del hábitat, aportando alternativas y posibles soluciones a los requerimientos de diferentes grupos de personas, contemplando la probabilidad de permanencia y que las nuevas realidades signifiquen un aporte en su cualidad y calidad espacial.

El fenómeno existencial complejo que supone las viviendas de emergencias en Latinoamérica, (donde lo temporal deriva inevitablemente en permanente conservando su identidad y precariedad inicial por tiempo prolongado), al ser abordados por nuevas tecnologías, promete derivar en crecimientos acelerados de paisajes híbridos que expresen una tecnodiversidad contextual y su posible proyección como tecnopolíticas futuras.



**Figura 7.** Asentamientos de contingencia como paisajes emergentes.

## References

- Banda-Pérez, P; García-Alvarado, R; Muñoz-Sanguinetti, C. (2021). "Architectural Digital Design for 3D Printing Housing: Search for 3D Printing in Construction Trends for a Design Methodology", p. 1409-1422. In: XXV SIGraDi
- García-Alvarado, R., Moroni-Orellana, G., & Banda, P. (2021). Architectural Evaluation of 3D-Printed Buildings. *Buildings*, 11(6), 254.
- Guamán-Rivera, R; Martínez-Rocamora, A, García-Alvarado, R; Muñoz-Sanguinetti, C; González-Böhme, L.F; Auat-Cheein, F. (2022). "Recent Developments and Challenges of 3D-Printed Construction: A Review of Research Fronts" *Buildings* 12, no. 2: 229.
- Hensel, M. (2013). *Performance-oriented Architecture: Rethinking Architectural Design and the Built Environment*. London. AD Wiley
- Yuk Hui, (2020). *Fragmentar el futuro. Ensayos sobre Tecnodiversidad*. Colección: Futuros Próximos. Caja Negra Editora.
- Salinas Arriagada, A; García Alvarado, R; Carrasco Perez, (2020). P. "Bio-mimetic design for architecture built by 3D robotic printing", p. 855-862 . In: Congreso SIGraDi 2020
- Malé-Alemany, M. (2015). "El potencial de la fabricación aditiva en la arquitectura: Hacia un nuevo paradigma para el diseño y la construcción.". Tesis Doctoral. ETSAB-UPC. España

Sarquis, J. A. (2006) "Arquitectura y modos de habitar". Nobuko. Buenos Aires