

## Desarrollo de una vivienda sustentable de interés social utilizando el modelo de economía circular.

## Development of a sustainable home of social interest using the circular economy model.

**Carolina Giorgiutti, Gabriel Bircher**

Departamento de Ingeniería Civil. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rafaela.

Acuña 49, 2300 Rafaela, Argentina.

carog2799@gmail.com, bircher.gabriel@gmail.com

### Resumen

En este trabajo se pretende desarrollar una vivienda sustentable de interés social que pueda llevarse al lugar de emplazamiento, construirse en fábrica u obrador y que permita la autoconstrucción. La ciudad de Rafaela tiene desde el año 2003 un relleno sanitario con una vida útil estimada en 25 años; transcurrido ese tiempo habrá un problema socio ambiental respecto a la disposición de residuos excedentes a la capacidad de saneamiento. Una opción viable es la aplicación de la economía circular, cuya naturaleza radica en transformar los residuos en recursos. En este proyecto se propone la valorización de materiales no recuperables a través de su utilización como insumo en la construcción sustentable. De esta manera, se logra diseñar un sistema constructivo que no necesite infraestructura industrial compleja ni grandes costos, incluyendo el diseño de piezas premoldeadas cuya ejecución requiera moldes elementales y bajo consumo de materiales.

**Palabras Claves:** Vivienda, sustentabilidad, economía circular.

### Abstract

This work develops a sustainable housing of social interest that can be carried out at the site, be built in a factory or workshop and that allows self-construction. Rafaela city has had a sanitary landfill since 2003 with an estimated useful life of 25 years; After that time there will be a socio-environmental issue regarding the disposal of waste in excess of the sanitation capacity. A viable option is the application of the circular economy, whose nature lies in transforming waste into resources. This project proposes the recovery of non-recoverable plastics through their use as an input in sustainable construction. In this way, it is possible to design a construction system that does not require complex industrial infrastructure or large costs, including the design of precast parts whose execution requires elementary molds and low material consumption.

**Keywords:** Housing, sustainability, circular economy.

## 1. Introducción

Esta investigación se enmarca dentro del eje temático “Estructuras y Construcciones Civiles” y es parte del proyecto “Vivienda Multifamiliar Sustentable: un nuevo enfoque constructivo desde una perspectiva socioambiental”, del departamento de Ingeniería Civil de la Universidad Tecnológica Nacional, FR Rafaela.

Existe una primera instancia, en la cual se elaboró una propuesta de vivienda familiar sustentable, presentando un prototipo que podía ajustarse a los requerimientos de cada propietario respecto a diseño, terminaciones, y ampliaciones futuras. También podía adaptarse a otros usos, tales como residencias para estudiantes, viviendas multifamiliares, comercios, entre otros. El modelo de vivienda elaborado ofrecía una solución de bajo costo al problema socioambiental generado por el déficit habitacional.

El proyecto de investigación actual mantiene como pauta la generación de un sistema que cumpla con los criterios de diseño modular, sustentable y adaptable a las diferentes características bioclimáticas de nuestro país y la posibilidad de que se construya tanto en taller u obrador, como en una fábrica, así como también que sea de fácil montaje con la mínima intervención de personal profesional experimentado. Pero en esta instancia, se plantea un nuevo objetivo: la adopción del modelo de economía circular, incorporando a la propuesta la utilización de materiales descartados por las industrias como desechos de producción, pero que aún tienen la posibilidad de satisfacer algunos requerimientos en el ámbito de la construcción.

## 2. Marco teórico

En Argentina, casi 4 millones de familias tienen problemas relacionados con la vivienda. Hay alrededor de 1.6 millones que no tienen casa y otras 2.2 millones viven en un lugar que no cuenta con la infraestructura básica, afectando, en total, a más de 12 millones de personas (INDEC, 2018). El foco de las políticas de vivienda durante las últimas décadas en Latinoamérica, y en particular en Argentina, se ha puesto en la construcción de viviendas tradicionales, dejando de lado aspectos muy importantes referidos a la conservación y cuidado de los recursos naturales y el medio ambiente en el contexto urbano. (Lezama & Dominguez, 2006)

Las Naciones Unidas presentan una serie de Objetivos para el Desarrollo Sustentable (ODS) como un llamamiento universal para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que para el 2030 todas las personas disfruten de paz y prosperidad. Se persigue asegurar el acceso de todas las personas a viviendas y servicios básicos adecuados, seguros y asequibles; aumentar el número de asentamientos humanos que adopten e implementen políticas y planes para promover el uso eficiente de los recursos, la mitigación del cambio climático y la adaptación a él. (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2022)

En los ODS se entiende a la sustentabilidad como aspecto fundamental del hábitat y se persigue como meta una construcción amigable con el medio ambiente. Además, de acuerdo con el precepto constitucional de derecho a una vivienda digna, es que se plantea desarrollar una vivienda sustentable de interés social. Se entiende como vivienda digna a aquella que brinde protección, seguridad y condiciones satisfactorias para la persona y la familia, y que cuente con materiales de calidad y ambiente físico y social adecuados.

Dentro de la construcción prefabricada, la construcción modular refiere a un sistema alternativo en dirección hacia el cuidado del ambiente y el aprovechamiento óptimo de los recursos naturales (Lawson et. al., 1999; Wadel et. al., 2010). Los principios de la construcción modular son la viabilidad, sostenibilidad y eficiencia en los diseños y proyecciones, lo que hace que cumplan con la necesidad habitacional actual teniendo en cuenta la arquitectura constructiva y bioclimática. (Smith, 2010)

En Argentina se produce una gran cantidad de residuos sólidos urbanos, aproximadamente un promedio de 45.000 toneladas diarias, lo que corresponde a una tonelada de basura cada dos segundos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022). La ciudad de Rafaela tiene un relleno sanitario desde el año 2003, para el que se estima una vida útil estimada en 25 años. Una solución sostenible y viable es la adopción del modelo de economía circular, la cual se basa en la transformación de residuos en recursos, un sistema de retroalimentación. Estudios realizados en el Complejo Ambiental de Rafaela reflejan que el principal impacto ambiental está dado por la voladura de plásticos en los caminos, campos y zona de influencia del relleno sanitario generando un impacto social negativo (ICEDEL, 2018). En este trabajo se propone la valorización de plásticos no recuperables a través de su utilización como insumo en la construcción sustentable.

Por ende, la construcción prefabricada, y en especial el diseño modular, se convierte en una opción adecuada para el desarrollo. Si además se suma a ello la incorporación de materiales recuperados, se puede inscribir la propuesta dentro del ámbito de la vivienda sustentable. Dado que la construcción prefabricada se realiza en un espacio donde las condiciones de contorno están controladas, la gestión de los residuos generados es más eficaz y el consumo energético es menor, resultando menos perjudicial para el medio ambiente y superando a la construcción tradicional en términos de sustentabilidad. (Escrig Pérez, 2010)

### 3. Metodología: Desarrollo del proyecto

#### 3.1. Propuesta de vivienda sustentable

En la búsqueda de un modelo de vivienda digna se plantea un esquema básico que cubra las necesidades básicas a sus ocupantes como protección, seguridad y condiciones satisfactorias para toda la familia. En el planteo inicial se propone un esquema básico que cubra las necesidades elementales: abrigo, seguridad, salud. Luego, en etapas posteriores, se permite la ampliación mediante la incorporación de nuevos módulos, sumando superficie, confort, diseño, etc. Esta construcción modular hace referencia a un proyecto simple y adaptable, versátil en su uso, combinaciones, además de facilidad y velocidad en su elaboración y en su montaje, lo cual debería tener impactos positivos en el costo, ya que se requieren menores inversiones y se genera una mayor facilidad de acceder a la vivienda propia.

Se incorpora el concepto de economía circular, adoptando algunos materiales que existen en el relleno sanitario, como el polietileno de baja densidad agrumado y gomaespuma de descarte de colchones en reemplazo de materiales tradicionales. Esto genera que tanto el diseño como los elementos utilizados se consideren sustentables, ya que se utiliza lo que está disponible en el lugar, evitando traslados que impactarían negativamente en cuanto a costos y cuidado del ambiente.

#### 3.2. Proceso de diseño

En la propuesta original, cuatro secciones sumadas constituían un módulo, y éste, por sucesivas repeticiones, iba conformando la vivienda.

Para la materialización de la envolvente estructural se plantea la ejecución en fábrica de módulos de hormigón. La utilización de moldes estandarizados reduce los tiempos de producción, transporte y montaje. A modo de simplificación de la propuesta anterior, se propone cambiar los módulos en forma de "L" a placas planas tal como se muestra en la Figura 2. De esta manera cada muro constituye una pieza en sí, que se ensambla con los otros para conformar los diferentes espacios de la vivienda.

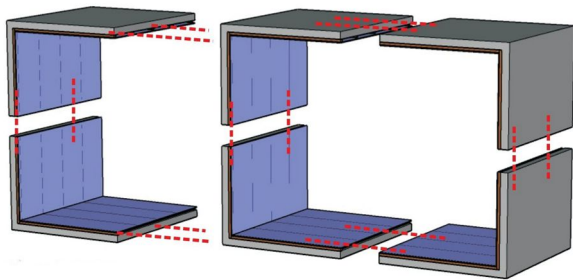


Figura 1. Ensamblado de componentes original.

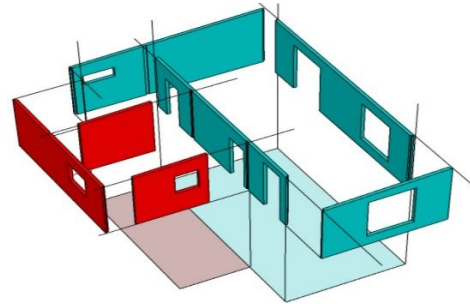


Figura 2. Ensamblado de componentes posterior.

Se adopta como base una vivienda tipo monoambiente con baño, cocina y un local único de comedor-habitación. Este aspecto consiste en ofrecer la posibilidad de ir ampliando la superficie construida de manera progresiva. En una instancia posterior, el ambiente único comedor-habitación se subdivide a través de placares y/o muebles de guardar utensilios según el local destinado a servir, sin aumentar la superficie, y queda definida una vivienda con baño, cocina, comedor y dormitorio, todas sus secciones individualizadas. La utilización de estos muebles como divisorios ahorran paredes, hacen los locales más flexibles e incluso permiten cambiar de usos sin modificaciones costosas, solo desarmando el mobiliario. Finalmente, puede ampliarse la superficie construida incorporando un estar y un segundo dormitorio. Toda extensión se hace con un módulo completo o medio módulo del espacio correspondiente.

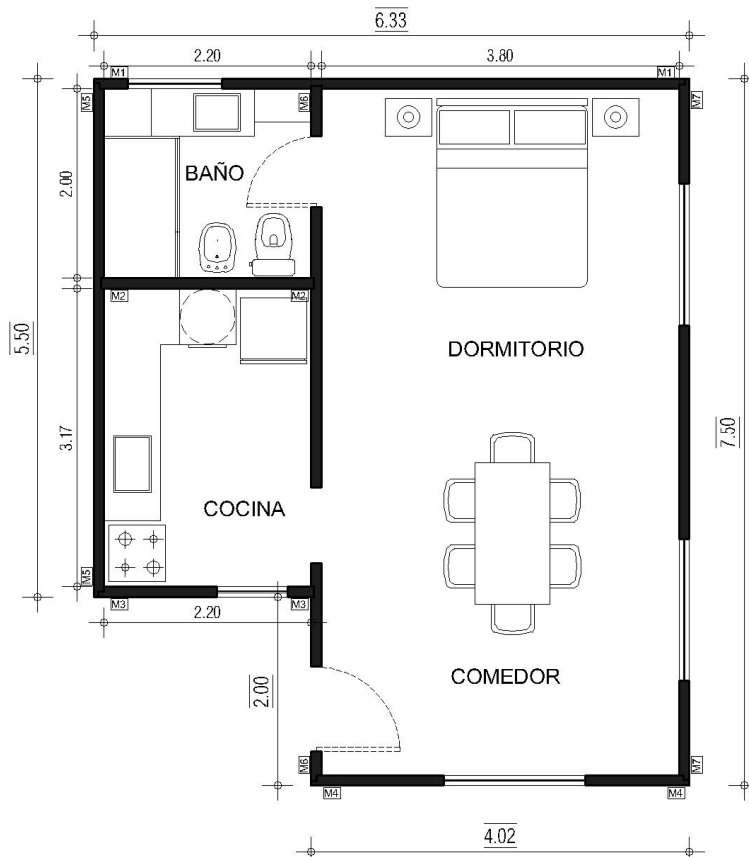
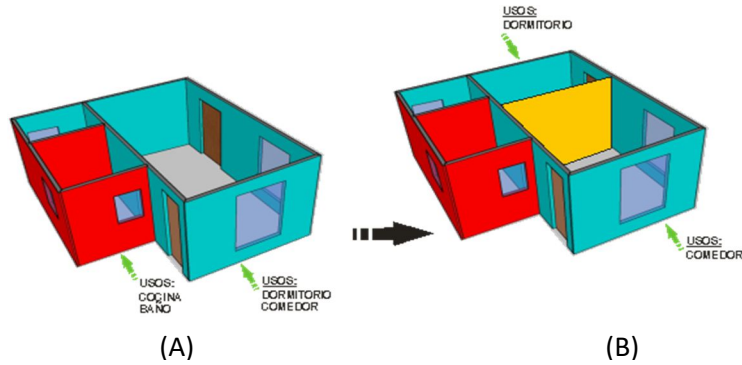
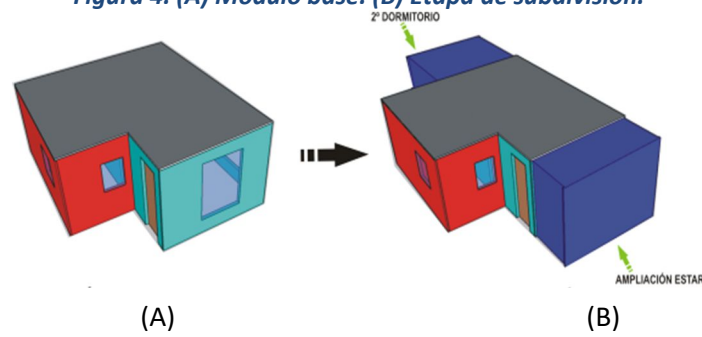


Figura 3. Vista en planta vivienda.

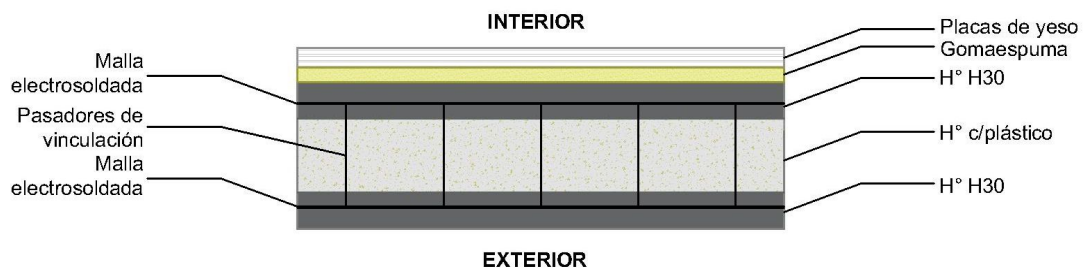


**Figura 4. (A) Módulo base. (B) Etapa de subdivisión.**



**Figura 5. (A) Módulo base. (B) Etapa de ampliación.**

En cuanto al material de diseño se opta por utilizar hormigón ya que se considera un elemento sustentable por su longevidad, además brinda una facilidad para ser moldeado, de ensamblarse entre sí, su alta resistencia y su costo accesible. El tipo de hormigón que se debe utilizar es uno con un aditivo incorporador de aire, para darle mayor durabilidad, con respecto al congelamiento y deshielo, e impermeabilidad. Cabe destacar que no es aconsejable mezclar distintos tipos de hormigón en las partes del módulo.



**Figura 6. Detalle de los paneles.**

La envolvente exterior estructural está compuesta por módulos de hormigón armado, que se vinculan entre sí abulonándose. Luego, la sección central del muro está compuesta por paneles de plástico agrumado con cemento como aglutinante. Estas placas se unen mediante la utilización de pasadores de vinculación, que transforman a las placas exteriores en un conjunto estructural. Tanto en las paredes como techos interiores, para ofrecer una adecuada aislación térmica y acústica, se adiciona recortes de colchones de gomaespuma reconstituidos. Esta reutilización de materiales brinda un mayor aprovechamiento de aquellos recursos cuya

vida útil no ha llegado a su fin, esto, a su vez, conlleva a una reducción de desechos. Finalmente, para brindar una correcta terminación se incorporan placas de yeso.

La fundación de este sistema es sobre pilotines de H°A° medianamente visibles ya que el nivel de piso se encuentra despegado del suelo mínimo 0,30 metros, cuyo fin es generar una cámara de aire que colabora con la aislación, además de tener menor movimiento de suelo y colaborando con problemas de inundación si el terreno es bajo.



Figura 7. Vista axonométrica vivienda.

Considerando que debe ser sustentable, la cubierta se puede conformar con un techo verde que sirva como aislante térmico o con piedras sueltas que posibilitan recolectar el agua de lluvia, o bien con la utilización de chapas según el gusto del cliente. Las cubiertas verdes son una buena opción, ya que tienen la capacidad de eliminar contaminantes presentes en el aire, tales como compuestos orgánicos volátiles, material particulado y ciertos gases, por ejemplo, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono y ozono. (Universidad de Palermo, 2011). Además, se le puede agregar un termotanque solar, optimizando los gastos energéticos debido a que el mismo aprovecha la energía del sol. Para complementar el sistema se añade Doble Vidriado hermético (DVH) a las aberturas de las ventanas, lo que brinda una mayor capacidad de retener la temperatura dentro de la vivienda. También se cumple con condiciones importantes para certificar la construcción con las normas internacionales LEED (certificación de edificios sostenibles, desarrollado por el Consejo de Construcción Verde de Estados Unidos).

A continuación, se realiza un breve cálculo que demuestra el peso de los paneles expresado en kilogramos por metro cuadrado.

$$P_1 = \text{espesor} \times \gamma_{H^{\circ}1} = 2 \times 0,025 \text{ m} \times 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 120 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$P_2 = \text{espesor} \times \gamma_{H^{\circ}2} = 0,05 \text{ m} \times 350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 17,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Finalmente, el peso total del panel en conjunto:

$$P = P_1 + P_2 = 120 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} + 17,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 137,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Debido a que cada módulo posee un peso convenientemente dimensionado, estos se pueden situar en el lugar deseado con un autoelevador, esta máquina requiere de un bajo costo operativo y es de fácil disposición por lo que se hace mucho más accesible a la hora de realizar la vivienda. Asimismo, para el caso del transporte de estas piezas se pueden utilizar camiones donde cada una se apila sobre la otra facilitando el traslado hacia su destino.

#### 4. Conclusiones

La propuesta da una respuesta al problema actual de vivienda mediante la utilización de un sistema industrializado modular, optimizando al máximo la disminución del impacto ambiental, persiguiendo ODS y aplicando los preceptos de la economía circular a través de la incorporación de materiales que actualmente se consideran desperdicios. A su vez, debido a los muros elaborados con paneles de hormigón prefabricado con adiciones de plástico agrumado y a la capa aisladora de gomaespuma, la vivienda presenta un comportamiento de condiciones térmicas y acústicas apropiadas en el su interior. También se debe destacar que el proyecto posee versatilidad, ya que la construcción en etapas permite dar tanto una respuesta inmediata a la necesidad de vivienda, al mismo tiempo que admite la personalización según el gusto del cliente. Si además se tiene en cuenta la incorporación del sistema de techo verde, el uso de energía solar para calentar el agua y la incorporación de doble vidrio hermético en ventanas, el diseño se vuelve totalmente sostenible, sin disminuir el confort que debe tener una vivienda digna y generando un bien social para aquellas personas que decidan optar por el proyecto.

#### Bibliografía

- Escrig Pérez, C. (2010). Evolución de los sistemas de construcción industrializados a base de elementos prefabricados de hormigón. 7.
- ICEDEL. (2018). *4to Censo Industrial Rafaela 2018*. Rafaela: Instituto de Capacitación y Estudios para el Desarrollo Local.
- INDEC. (2018). *Indicadores de las condiciones de vida de los hogares en 31 aglomerados urbanos*. Buenos Aires: Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC).
- Lawson, M., Grubb, P., Prewer, J., y Trebilcock, P. J. (1999). Modular construction using Light Steel Framing: An Architect's Guide. *Steel Construction Institute (SCI)*, 105.
- Lezama, J., y Dominguez, J. (2006). Medio ambiente y sustentabilidad urbana. *Papeles de Población N° 49*, 24.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (28 de 08 de 2022). *Argentina.gob.ar*. Obtenido de Economía circular: todo junto es basura pero separado son recursos: <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/economia-circular>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (4 de Septiembre de 2022). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de Sitio web del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo: <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals>
- Smith, R. E. (2010). *Prefab Architecture: A guide to modular design and construction*. Wiley, 402.
- Universidad de Palermo. (2011). *arquís la huella de carbono*. Buenos Aires: Universidad de Palermo.
- Wadel, G., Avellaneda, A., y Cuchi, A. (2010). Sustainability in industrialized architecture: closing the material cycle. *Building's Reports*, 62(517), 37-51.