

Diseño y fabricación experimental de placas cemento-PET para ser utilizadas en la construcción de muros no portantes en ecoviviendas

(Experimental design and manufacture of cement-PET plates to be used in the construction of non-bearing walls in ecohousing)

Vera Taccone,¹ Natalia Oviedo,² Sara Montenegro,³ Maria Julieta Ganiele,⁴ Melanie Melo,⁵ Luciana Quinteros,⁶ Martina Artaza,⁷ Gonzalo Gonzalez,⁸ Luciana Abadie,⁹ Sofia Fabbro,¹⁰ Luciano Attorresi¹¹ & Lucio Ponzoni¹²

Material original autorizado para su primera publicación en la revista Ciencia y Tecnología de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Palermo.

Campo temático: Ingeniería Sustentable.

Recepción: 22/8/2022 | Aceptación: 4/11/2022

¹ Universidad Nacional de Tres de Febrero – Comisión Nacional de Energía Atómica. taccone46836@estudiantes.untref.edu.ar

² Universidad Nacional de Tres de Febrero – Comisión Nacional de Energía Atómica. nat.oviedo.98@gmail.com

³ Universidad Nacional de Tres de Febrero – Comisión Nacional de Energía Atómica. saramontenegro@cnea.gov.ar

⁴ Universidad Nacional de Tres de Febrero – Comisión Nacional de Energía Atómica. mariajulietaganiele@cnea.gov.ar

⁵ Universidad Nacional de Tres de Febrero – Comisión Nacional de Energía Atómica. melomelany1@gmail.com

⁶ Universidad Nacional de Tres de Febrero – Comisión Nacional de Energía Atómica. lucianaquinteros1804@gmail.com

⁷ Universidad Nacional de Tres de Febrero – Comisión Nacional de Energía Atómica. martina.artaza20@gmail.com

⁸ Universidad Nacional de Tres de Febrero. gonza.gonzalez12@gmail.com

⁹ Universidad Nacional de Tres de Febrero. abadieluciana@outlook.com

¹⁰ Universidad Nacional de Tres de Febrero. vickifabbro@gmail.com

¹¹ Universidad Nacional de Tres de Febrero – Comisión Nacional de Energía Atómica. lucianoattorresi@cnea.gov.ar

¹² Universidad Nacional de Tres de Febrero – Comisión Nacional de Energía Atómica. ponzoni@cnea.gov.ar

Resumen

Este trabajo busca investigar la factibilidad de fabricación de placas de hormigón con plástico tipo polietileno tereftalato (PET) como sustituto parcial de la arena. Actualmente, el PET no es biodegradable y contribuye con la problemática ambiental de gestión de residuos, por su complejo reciclado y su extensa generación debida a su tendencia a utilizarse para contenedores de un solo uso. Para llevar a cabo la investigación, se evaluaron niveles de sustitución del 20% y 35%; y dos granulometrías de PET conseguidas a través de distintas cooperativas de reciclado. A estas variantes se les realizaron ensayos en fresco de densidad y trabajabilidad, y ensayos en seco de resistencia al fuego y aptitud para perforación. Los resultados experimentales demostraron que la sustitución óptima para utilizar en construcciones futuras corresponde a la del 20%, con una granulometría fina.

Palabras claves: Ecovivienda; construcción sustentable; plástico reciclado; solución ambiental

Abstract

This work seeks to investigate the feasibility of manufacturing concrete slabs with polyethylene terephthalate (PET) type plastic as a partial substitute for sand. Currently, PET is not biodegradable and contributes to the environmental problem of waste management, due to its complex recycling process and its extensive generation due to its tendency to be used for single-use containers. To carry out the research, substitution levels of 20% and 35% were evaluated; and two different PET granulometries obtained through different recycling cooperatives. These variants underwent tests for density, workability, fire resistance and aptitude for perforation. The experimental results showed that the optimal substitution to use in future constructions corresponds to 20%, with a fine granulometry.

Keywords: Eco-housing; sustainable building; recycled plastic; environmental solution

1. Introducción

En Argentina la población vive en gran medida en áreas urbanas. En el año 2015, según proyecciones del INDEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos), se estima que la población alcanzó 42,4 millones, con una tasa de urbanización del 94%. Asimismo, según estimaciones de la Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda de la Nación (desde marzo de 2018, Secretaría de Vivienda), en nuestro país el déficit habitacional es de 3,5 millones de viviendas.

Por otro lado, la disposición de residuos de las ciudades constituye un problema de difícil solución. Actualmente los residuos urbanos de las grandes ciudades de nuestro país son en su mayor parte enterrados, lo cual no es una alternativa muy racional desde el punto de vista económico ni tampoco desde el punto de vista ambiental, puesto que gran parte de esos residuos no son biodegradables, como es el caso del polietileno tereftalato (PET).

En las principales áreas metropolitanas del país se cuenta con plantas de segregación, y se está desarrollando la industria para el procesamiento de los residuos reciclables, los cuales son mayormente recolectados por recuperadores y recuperadoras. Ellos trabajan tanto en la vía pública como en sitios de disposición final, y en conjunto con las cooperativas de reciclado.

En este marco, el grupo de investigación se encuentra trabajando en el desarrollo de una Ecovivienda Modular Emergente de bajo mantenimiento, para ser montada en casos de emergencias en forma rápida y segura con materiales de origen reciclado y reutilizado. Entre las grandes ventajas de esta casa, se encuentra su configuración modular y reversible, dando la posibilidad de diseñar ambientes que se adapten a las necesidades de habitabilidad de las personas que viven en ellas.

El diseño de vivienda se encuentra pensado desde sus bases para que sea energéticamente eficiente, incorporando en su diseño el montaje de aerogeneradores del tipo Savonius, termotanques solares y un sistema novedoso de climatización pasiva que forma parte de su estructura.

En este contexto, surge un sub-grupo denominado Materiales, cuyo objetivo será investigar las distintas alternativas relacionadas a los elementos para llevar a cabo la construcción.

Acorde a los objetivos del Proyecto, buscamos generar una pared con propiedades aislantes tanto térmicas como acústicas, desarrollada idealmente con materiales reciclados, reutilizados y/o biodegradables. Por la característica social del proyecto, los elementos también deberían ser de fácil acceso y económicos.

2. Objetivo

Se pretende adquirir experiencia y conocimientos acerca del uso de materiales plásticos reutilizados en el sector de la construcción. Específicamente mediante el diseño y fabricación de placas cemento-PET para la elaboración de muros no portantes en ecoviviendas. Centrándonos en determinar qué procedimientos de fabricación presentan mejores propiedades técnicas y nos permiten reducir costos.

3. Desarrollo

Para la estructura de la ecovivienda se propuso partir del Steel Framing, un sistema de construcción en seco que se caracteriza por utilizar perfiles metálicos para levantar estructuras. “Si bien no es una tecnología nueva, ha tenido un importante impulso en la última década, aprovechando características como la rapidez de ejecución, optimización de materiales, y cierta disminución de costos.” (Jorajuria-Servante, 2015 p.5) Este sistema requiere de placas para revestir dichos perfiles y dar forma a paredes, techos o pisos.

Para lograr el máximo de aislación, y por lo tanto de eficiencia energética, para las placas se planteó desarrollar un concepto similar a un panel sándwich de poliuretano, que actualmente es una de las mejores opciones de aislamiento térmico disponibles.

Para lograrlo con los elementos disponibles, se propuso fabricar un panel no portante conformado por tres capas que se acoplarán a la estructura de Steel Framing: una interior, una exterior, y una capa intermedia aislante, tal como se ve en la Figura 1.

Para la construcción de las placas que constituyen las superficies internas y externas de la ecovivienda, el equipo se basó en múltiples investigaciones. Estas analizan el uso de desechos plásticos en hormigón, llegando a conclusiones sólidas respecto a su capacidad de reemplazar cierto porcentaje de arena. En los trabajos mencionados llegan a deducciones que parece importante contemplar: un porcentaje de PET mayor al 40% en la mezcla disminuye considerablemente las propiedades mecánicas de la placa; el plástico triturado a menos de 5 mm asegura una mejor compactación; una relación agua-cemento baja conduce a un hormigón de mayor resistencia, aunque, cuanto más alta sea esta relación, el hormigón será más trabajable.

En cuanto al curado, se sabe que el hormigón se endurece debido a una reacción química, que hace que el cemento se endurezca junto con los demás componentes de la mezcla. Para que este proceso efectivamente suceda y que los productos finales sean los deseados, es de suma importancia que la mezcla cuente con la cantidad de



Figura 1 Panel de tres capas

agua adecuada. Si la cantidad de agua es menor de la necesaria para que se produzca la reacción química, ésta no culmina, es decir, no se endurece todo el cemento debido a la falta de agua y en consecuencia no se obtendrá la resistencia esperada.

La primera propuesta, con el fin de averiguar las óptimas proporciones mezcla cemento-PET y método de curado, fue a través de la construcción de probetas de 300mm x 300mm x 20mm, para probar:

- Distintas concentraciones de PET en la mezcla.
- Distintas granulometrías de PET.
- Distintos métodos de curado.

Siempre contemplando los límites y consideraciones antes mencionados.

Una vez obtenidas las mezclas, para comprobar la capacidad y aptitud de las mismas se procede a realizar los ensayos mecánicos mencionados en el próximo apartado.

4. Ensayos Mecánicos

4.1 Trabajabilidad

La trabajabilidad es la aptitud de una mezcla de hormigón para ser mezclada, transportada, colocada y compactada en las condiciones de obra, sin esfuerzos excesivos y sin segregación, con los medios disponibles por el constructor.

En términos generales, podemos decir que cuando menor sea el asentamiento medido, mayor será el trabajo necesario requerido por operarios y maquinarias para manipular el hormigón en la obra.

4.2 Densidad

La industria de la construcción liviana es considerada útil en la promoción de materiales reutilizados. Comúnmente, el reemplazo de componentes naturales con materiales livianos tiende a disminuir el peso unitario del hormigón. Reducir el peso es un objetivo crucial en la industria de la construcción, ya que tiene varias ventajas, como un alto aislamiento térmico en el edificio y reducción de costos y tiempo en la manipulación y la fabricación.

Una vez fabricadas las placas y finalizado el proceso de curado, se procedió a realizar los ensayos en seco:

4.3 Resistencia al fuego

El ensayo de resistencia al fuego permite estudiar los efectos producidos al someter una estructura a una llama de forma directa por un tiempo determinado.

La comprobación de resistencia al fuego de las estructuras permite determinar si las mismas son capaces de soportar la exposición al fuego, por cuánto tiempo y también la capacidad que poseen las estructuras para transferir calor.

Es importante destacar que frente al fuego los materiales se comportan de distintas maneras. Puntualmente, en cuanto a la mezcla de concreto y plástico pueden esperarse resultados como agrietamientos, pequeñas burbujas plásticas sobre la superficie expuesta directamente a la llama y emisión de humos producto de la combustión. En cuanto a la transferencia de calor se espera que, a mayor concentración de plástico, haya una menor transferencia de calor.

4.4 Aptitud para perforación

El objetivo de este ensayo será verificar el comportamiento de las placas ante la perforación y la concentración de tensiones que puede llegar a producirse. Con ello, podremos ver si las mismas se rompen parcial o totalmente, cuánto esfuerzo toma realizar la perforación, y si es factible amurarlas con tornillos a la estructura de Steel Framing.

5. Metodología

5.1 Construcción de Placas

Para iniciar la construcción se consiguió el PET triturado mediante cooperativas de reciclado. Se nos proporcionó PET fino, de entre 5 y 10 mm (Figura 2) y PET grueso, de entre 15 y 20 mm (Figura 3).

Se realizaron moldes de maderas de origen y alturas varias, que se cortaron y clavaron manualmente en un formato de 300mm x 300mm.

Las partículas de PET se mezclaron con cemento Pórtland y arena, luego se agregó agua hasta lograr una mezcla uniforme.

Se vertió la mezcla en los moldes correspondientes comprimiendo la misma para lograr una superficie uniforme.

Las placas se dejaron fraguar durante 48 horas y luego de desmoldarlas se procedió a iniciar su proceso de curado según se indica en el Cuadro 1.

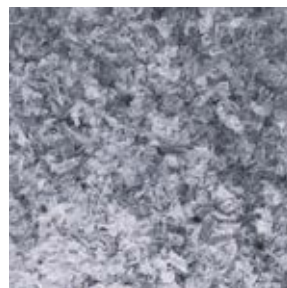


Figura 2 PET fino



Figura 3 PET grueso

Cuadro 1 Tipos de curado

Cantidad	% PET	Granulometría	Tipo de curado
2	35	Grueso	Tela + Nylon
2	35	Grueso	Inmersión
2	20	Fino	Tela + Nylon
2	20	Fino	Inmersión
2	35	Fino	Tela + Nylon
2	35	Fino	Inmersión

5.2. Curado

5.2.1 Telas húmedas envueltas en nylon Telas húmedas envueltas en nylon

Las placas con curado del tipo telas húmedas (figura 4), fueron distribuidas uniformemente y rodeadas con las telas previamente humedecidas. Luego, se recubrieron con una lona de nylon para mantener la humedad la mayor cantidad de tiempo posible.

Al notar que con el correr de los días perdían levemente la humedad, las telas fueron vueltas a remojar una vez por semana, hasta que se cumplieron los 28 días.

Tanto las telas como el plástico fueron reutilizados, ya que eran desechos de distintos procesos de producción que nos cedieron el material.

5.2.2 Inmersión

Para el curado por inmersión (figura 5) se utilizó un recipiente donado de poliestireno expandido proveniente de la industria farmacéutica. Una vez por semana se corroboraba la ausencia de filtraciones de agua y que las placas se mantuvieran sumergidas totalmente durante los 28 días.



Figura 4 Curado por telas humedecidas



Figura 5 Curado por inmersión

5.3 Ensayos en Fresco

5.3.1 Trabajabilidad

En construcciones tradicionales, para realizar el ensayo de trabajabilidad se utiliza un Cono de Abrams certificado, como el de la Figura 6. Para lograr hacer un ensayo similar, con menor presupuesto, se le realizaron modificaciones a un cono de tránsito, logrando una forma similar (figura 7).



Figura 6 Cono de Abrams Certificado



Figura 7 Reemplazo al Cono de Abrams

Los pasos que se siguieron para desarrollar el ensayo fueron:

- 1) Se colocó el cono sobre una superficie plana, con la base mayor hacia abajo y se pisaron las aletas inferiores para que quede firmemente sujeto.
- 2) Se llenó el cono en tres capas (figura 8), compactando el hormigón con 25 golpes de una varilla lisa.
- 3) Se retiró el exceso del hormigón con una llana metálica.
- 4) Se quitó el molde cuidadosamente, para no modificar la posición del hormigón.
- 5) Finalmente, para realizar la medida del asentamiento se colocó el Cono de Abrams al lado del formado por el hormigón y se midió la diferencia de altura entre ambos, como se aprecia en la Figura 9.



Figura 8 Llenado del cono



Figura 9 Medida del asentamiento

Los primeros resultados cualitativos se pueden apreciar ni bien se retira el cono, y nos permiten verificar si es posible realizar el ensayo:

Caída verdadera: es la única caída que se puede medir en la prueba. El rango de Validez (IRAM 1536) es de 15 a 230 mm de asentamiento.

Cero asentamiento: es una indicación de una relación agua-cemento muy baja.

Depresión colapsada: indica que la relación agua-cemento es demasiado alta, para la cual una prueba de asentamiento no es apropiada.

Depresión por cortante: indica que el resultado es incompleto y que el hormigón debe volver a ensayarse.

Habiendo logrado un ensayo de caída verdadera, se procede a clasificar de las consistencias según los asientos medidos por el Cono de Abrams y discrepancias que acepta la Norma IRAM 1666, detalladas en el Cuadro 2:

Cuadro 2 Clasificación de las consistencias según los asientos medidos por el Cono de Abrams y discrepancias que acepta la Norma IRAM 1666 (Snitcofsky, 2022)

Consistencia	Asiento en centímetros	Discrepancias
Dura (D)	5	±1.5
Plástica (P)	10	±2.5
Blanda (B)	15	±3.0
Fluída (F)	+ de 15	±3.5

Para decidir si la mezcla está en condiciones de ser utilizada, se analizan los valores del asentamiento en Cono de Abrams recomendados para distintos tipos de obras (Cuadro 3). A los valores de esta tabla hay que sumar las discrepancias que acepta la norma IRAM 1666.

Cuadro 3 Valores del asentamiento en Cono de Abrams en centímetros recomendados para distintos tipos de obras (Snitcofsky, 2022)

	Mínimo (cm)	Máximo (cm)
Muros y bases armadas, para cimientos	5	10
Pilores y tabiques de submuración	10	15
Idem anterior de poco espesor o fuertemente armados	10	+ de 15
Pavimentos	5	5
Hormigón bombeado	7.5	+ de 15

5.3.2 Densidad

El ensayo basado en la norma ASTM C 138 consiste en la determinación de la densidad del hormigón fresco.

Los pasos a seguir para realizarlo fueron:

- 1) Se utilizó un recipiente plástico cilíndrico, reutilizando un balde de pintura (figura 10). Se colocó el hormigón dentro del recipiente, en tres capas de aproximadamente igual volumen.

- 2) Se compactó cada capa penetrando 25 veces con la varilla
- 3) Se golpeó firmemente de 10 a 15 veces los lados del recipiente con el mazo, en cada una de las tres capas, para así llenar los vacíos y eliminar las burbujas de aire que podrían quedar atrapadas en el concreto (figura 11).
- 4) Se enrasó el hormigón con una placa para obtener una superficie lisa.



Figura 10 Materiales a utilizar



Figura 11 Procedimiento

Finalmente, se realizó el cálculo de densidad a partir de la fórmula:

$$D = (Mc - Mm) / Vm$$

Donde Mc es la masa del molde lleno de hormigón, Mm es la masa del molde vacío y Vm es el volumen del molde.

En la siguiente instancia, con las placas ya curadas, se realizará el cálculo de la densidad a partir del peso de las mismas y su volumen final.

5.4 Ensayos en Seco

5.4.1 Resistencia al Fuego

Se armaron 4 probetas de 100mm x 100mm x 100mm, con los distintos porcentajes de PET y métodos de curado.

- Las probetas ensayadas fueron:
- Probeta 1: PET fino al 20% curado por inmersión
- Probeta 2: PET fino al 20% curado por humedecimiento de tela.
- Probeta 3: PET fino al 35% curado por inmersión.
- Probeta 4: PET fino al 35% curado por humedecimiento de tela.



Figura 12 Exposición de probetas a fuego

Se expusieron las probetas a una llama directa a una distancia de aproximadamente 10-15 cm de la boca de un quemador tipo soplete de gas, durante 300 segundos

Pasado el tiempo de exposición, se procedió a alejar la probeta de la llama y dejar pasar un tiempo considerable para el enfriado de la misma, para su posterior manipulación y análisis.

5.4.2 Aptitud para perforación

Se efectuaron pruebas de agujereado y atornillado en las placas de cemento PET. Se realizaron perforaciones con mechas para pared de 4, 6 y 10 mm, a una distancia de entre 1 cm y 2 cm del borde.

6. Resultados y discusión

6.1 Construcción de placas y curado

Con las placas finalizadas (figura 13), a simple vista se puede observar que el mejor resultado lo tuvieron las placas con menor granulometría y porcentaje de PET.

Las placas con PET grueso se ven inestables y poco uniformes. Incluso, una llegó a romperse sin esfuerzo durante su movimiento.

La cara inferior, que se encontraba en contacto con el piso al momento del fraguado, en general se ve mucho más prolija y uniforme. Por ello, se concluyó que su construcción se deberá hacer, idealmente, con moldes de la altura exacta que vaya a tener la placa, para tener la posibilidad de enrasarlas y lograr una mezcla uniforme también en la cara superior.

Por otro lado, no se observan diferencias destacables entre las placas curadas por inmersión y las curadas por telas humedecidas.

Al no notar grandes diferencias entre los métodos de curado evaluados se decidió que, para las próximas construcciones, se trabajará con el curado de telas húmedas. Esto se debe, en primer lugar, a la disponibilidad de espacio de trabajo. El curado por inmersión implicaría la instalación de una estructura más sofisticada, el control constante del volumen de agua y un máximo cuidado ante la posibilidad de pérdidas.

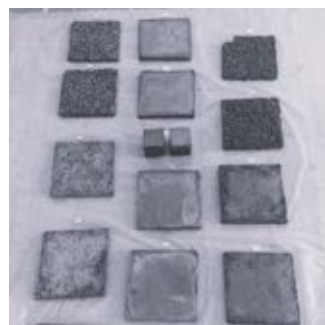


Figura 13 Placas terminadas

6.2 Trabajabilidad

Los resultados conseguidos por el ensayo de trabajabilidad se encuentran en el cuadro 4:

Cuadro 4 Resultados del ensayo de trabajabilidad

Mezcla	Asentamiento (cm)	Consistencia
PET fino 35%	1	Seca
PET grueso 35%	1,5	Seca
PET fino 20%	3,5	Dura

Comparando los resultados con las referencias de la norma IRAM 1666, podemos considerar que las mezclas de hormigón analizadas no estaban en condiciones de ser utilizadas.

6.3 Densidad

Los datos iniciales para el ensayo fueron:

- Volumen del recipiente para el ensayo en fresco: 0,004 m³
- Peso del recipiente vacío: 0,2 kg
- Volumen de la placa de (0,3x0,3x0,02) m: 0,0018 m³

Los resultados de densidad en fresco y en seco según la mezcla y el tipo de curado se comparten en el cuadro 5:

Cuadro 5 Resultados del ensayo de densidad

Mezcla	Densidad en fresco (kg/m ³)	Tipo de curado	Densidad en seco (kg/m ³)
PET fino 35%	1450	Tela	1369,4
		Inmersión	1477,8
PET grueso 35%	1150	Tela	666,6
		Inmersión	777,7
PET fino 20%	1700	Tela	1847,2
		Inmersión	1902,8

Se puede observar que las placas más livianas serán aquellas con mayor porcentaje y granulometría de PET. También, a partir de los valores de densidad en seco, se puede destacar que serán más livianas aquellas placas curadas por el método de telas húmedas.

6.4 Resistencia al fuego

PET fino 35% (figura 14):

Se encendió rápidamente, observándose también caída de granos prendidos. Durante la duración del ensayo, y luego del mismo, se vio una cantidad considerable de humo. Además, se sintió olor.

PET fino 20% (figura 15):

Se encendió rápidamente, observándose también caída de granos. Durante la duración del ensayo, y luego del mismo, se vio una cantidad considerable de humo. Se observan pequeñas burbujas de plástico.



Figura 14 Resultado de Resistencia al fuego, PET fino 35%

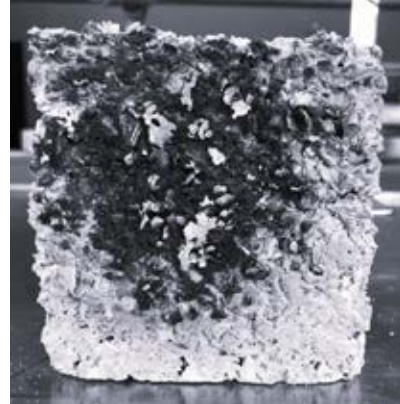


Figura 15 Resultado de Resistencia al fuego PET fino 20%

A través de lo observado no se han logrado notar diferencias sustanciales en las probetas con distintos porcentajes de PET.

6.5 Aptitud para perforación

Las placas no presentaron problemas en ninguna de las dos operaciones, agujereado y atornillado, resultando más aptas las placas de PET fino al 20% debido a que, la superficie de contacto entre los trozos de PET es menor que para la granulometría de mayor tamaño. Esto se observó a partir de que, al aumentar el grosor de la mecha, aumentó el descascarado de la superficie de la placa. (Figuras 16 y 17)

Además, entre las placas con la misma granulometría de PET, pero distinto porcentaje, se observó que el fenómeno de descascarado aumentaba a medida que el porcentaje de PET en la placa era mayor.



Figura 16 Perforación en PET grueso

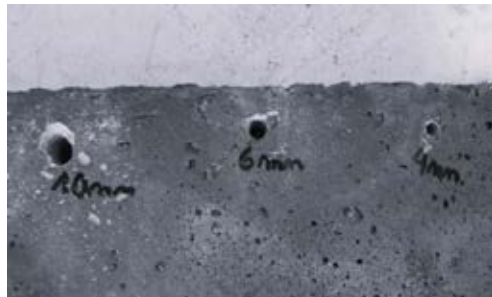


Figura 17 Perforación en PET fino

7. Conclusiones

A través de lo desarrollado en el presente trabajo queda en evidencia que el diseño y fabricación de placas cemento-PET para la elaboración de muros no portantes en ecoviviendas presentan condiciones de viabilidad en el sector constructivo.

La fabricación de placas con materiales reutilizados logra incentivar la recuperación de desechos plásticos y el trabajo de las cooperativas dedicadas a la recuperación y reciclaje de residuos.

Los moldes y placas fueron fabricados por los integrantes del grupo de investigación, mayormente estudiantes universitarios sin experiencia previa en el tema, por lo que fue una situación de aprendizaje continuo que produjo gran conocimiento. Sin embargo, este trabajo no es más que una primera etapa y aún quedan muchos desafíos en el desarrollo de estos nuevos materiales para el desarrollo de la Ecovivienda.

8. Trabajos a futuro

Los resultados obtenidos durante el proceso de fabricación y durante la realización de ensayos cualitativos, servirán para retroalimentar el proceso en esta primera etapa y realizar mejoras en ambos aspectos. Sin embargo, se requieren realizar ensayos mecánicos cuantitativos para analizar las propiedades mecánicas (ensayo de tracción, ensayo de compresión, etc.)

De forma paralela, se está trabajando en la aislación térmica de la vivienda. Siguiendo los lineamientos del equipo de investigación, se busca que el aislante pueda obtenerse a partir de materiales reutilizados, de fácil obtención y económicos. El aislante formará parte del panel sándwich en la zona central, y las opciones que se encuentran bajo estudio son: botellas PET, poliestireno expandido y micelios.

Por último, se construirá un módulo experimental de la vivienda que permitirá conocer el comportamiento de los distintos materiales expuestos a condiciones

ambientales. A partir de ello, evaluaremos la resistencia de la estructura, la resistencia de las placas a la exposición y la capacidad que poseen los distintos aislantes.

Referencias

- Almeshal, I., Tayeh, B.A., Alyousef, R., Alabduljabbar, H., Mohamed, A. M. (2020). Eco-friendly concrete containing recycled plastic as partial replacement for sand. *Journal of Materials Research and Technology*. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2238785420302817>
- Alfahdawi, I.H., Osman, S.A., Hamid, R., AL-Hahithi, A. I. (2019) Influence of PET wastes on the environment and high strength concrete properties exposed to high temperatures. *Construction and Building Materials* 225. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061819318987#:~:text=The%20color%20of%20the%20specimen,breath%20in%20a%20closed%20environment>.
- Joraguria, M., Servante, M. (2015) Steel Framing y sus principales usos en Uruguay. *Facultad de Arquitectura UdelaR*. Recuperado de <https://xdoc.mx/preview/steel-framing-facultad-de-arquitectura-5e09097e3afac>
- Snitcofsky, G. (2022) *Manera Correcta de Medir la Consistencia del Hormigón según Norma IRAM 1536*. Arquitecto Gustavo Snitcofsky: Diseño y Cálculo de Estructuras <https://www.arquitectogustavo.com.ar/HormElaborado/manual-7.htm>
- Torrent R.J. (2020). *Ensayos de Temperatura, Peso Unitario y Contenido de Aire*. [Diapositiva de PowerPoint]. Instituto del Cemento Portland Argentina <https://web.icpa.org.ar/wp-content/uploads/2020/04/M03b-Ensayos-de-T-PU-y-Aire.pdf>

