

# Comunicaciones Científicas y Tecnológicas Anuales 2022

Docencia  
Investigación  
Extensión  
Gestión



DOCENCIA  
INVESTIGACIÓN  
EXTENSIÓN  
GESTIÓN



### **Dirección General**

Decano Facultad de Arquitectura y  
Urbanismo

Dr. Arq. Miguel A. Barreto

### **Dirección Ejecutiva**

Secretaria de Investigación

Dra. Arq. Venettia Romagnoli

### **Comité Organizador**

Herminia María ALÍAS

César AUGUSTO

María Victoria CAZORLA

Cecilia DE LUCCHI

Anna LANCELE SCOCCO

María Patricia MARIÑO

Aníbal PAUTAZZO

Lucrecia Mariel SELUY

Ludmila STRYCEK

### **Corrección de estilo**

Cecilia VALENZUELA

### **Diseño y Diagramación**

Marcelo BENÍTEZ

### **Edición**

Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Universidad Nacional del Nordeste

(H3500COI) Av. Las Heras 727.

Resistencia. Chaco. Argentina

Web site: <http://arq.unne.edu.ar>

### **> Comisión evaluadora**

#### **ISSN 1666-4035**

Reservados todos los derechos.

Resistencia, Chaco, Argentina. Octubre de 2023.

La información contenida en este volumen es absoluta responsabilidad de cada uno de los autores. Quedan autorizadas las citas y la reproducción de la información contenida en el presente volumen con el expreso requerimiento de la mención de la fuente.





**Villalba, Lucía A.;**  
**Alías, Herminia M.;**  
**Jacobo, Guillermo J.**  
lucia.villalbaestuarq@gmail.  
com

- Becaria de investigación de pregrado - SGCyT-UNNE.  
- Directora de beca de investigación. Doctora en Arquitectura y profesora adjunta e investigadora.  
- Codirector de beca de investigación. Magíster en Ing. y profesor titular e investigador.  
Instituto para el Desarrollo de la Eficiencia Energética en la Arquitectura (IDEEA). Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU). Universidad Nacional del Nordeste (UNNE)

# REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS DE TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET) PARA ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS MODULARES EN EL ÁREA METROPOLITANA DEL GRAN RESISTENCIA. PRIMEROS AVANCES

## RESUMEN

Se exponen avances del trabajo de investigación, con el objetivo de proponer lineamientos para alternativas tecnológicas de elementos constructivos modulares usando el residuo de PET post consumo en el Área Metropolitana del Gran Resistencia (AMGR), para la construcción de viviendas. Tras una sistematización de propiedades y beneficios asociados con el uso del residuo de PET en la construcción, se realizaron un análisis de antecedentes de reutilización del PET en la arquitectura y visitas a puntos de recolección de PET. Los resultados configuran una situación local, el volumen de residuos como sus posibilidades de reutilización, en el marco de la economía circular.

## PALABRAS CLAVE

PET, economía circular, construcción.

## OBJETIVOS E INTRODUCCIÓN

El consumo del tereftalato de polietileno (PET) aumenta año a año. El tiempo de descomposición de este material es de cien años en adelante, según en qué condiciones se encuentre. Su principal destino son vertederos de basura. En la actualidad la tasa de reciclado es del 30 %. Es decir que el 70 % restante, enterrado o no, contamina el ambiente (Paz, 2016). En Argentina, según cifras del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable (MAYDS, 2020), cada habitante produce 1,15 kilogramos de residuos sólidos urbanos por día. Cada dos segundos, Argentina produce una tonelada de basura.

En este contexto, y respecto del punto de la reutilización, reúso, reciclado y revalorización, resulta cada vez más vigente y necesario aplicar el concepto de "economía circular", dada la necesidad estratégica de generar una economía más eficiente, que retenga más tiempo los recursos más esenciales, y basada en la provisión de materias primas secundarias, evitando las materias primas críticas y aquellas que cada vez poseen mayores problemas de abastecimiento o con mayores costos. Los residuos sólidos, en la jerga urbana "la basura", son agentes contaminantes del ambiente, cau-

sados por el hombre. En centros urbanos del Nordeste de Argentina (NEA) es frecuente la concentración de basura a cielo abierto, con los múltiples problemas que ello representa para el entorno inmediato y mediano (focos de vapor, contaminación de suelo, aire y agua, etc., generación de zonas deprimidas y segregadas del paisaje urbano, entre otras). La falta de una política integral de gestión de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU), junto con deficiencias de concientización y educación ciudadanas, son factores que se ubican en las bases de esta problemática.

A partir de la situación planteada surge la propuesta de esta investigación, basada en la intención de reusar un residuo sólido de origen doméstico-industrial como las botellas de PET, que son ciento por ciento reciclables y no usan el Bisfenol A (compuesto tóxico) como aditivo. La propuesta consistirá en el desarrollo de lineamientos de alternativas tecnológicas para la reutilización de residuos de PET (botellas), para la conformación de elementos constructivos modulares para viviendas en el NEA, considerando que el PET puede aportar beneficios no solo ambientales (si se parte de la recuperación de las botellas desechadas como residuos), sino también

en cuanto a desempeño térmico, mecánico y acústico, si se lo usa bajo determinadas alternativas tecnológicas.

El polietileno de tereftalato (PET) es una resina sintética termoplástica, y como tal, es reciclable. El primer paso para el reciclado es la separación por tipo de resina. Una fracción clasificada con mayor pureza significa mayor rendimiento y mayor precio por tonelada. Para ello, la Sociedad de la Industria de Plásticos desarrolló en 1988 el Código de Identificación de Resinas. Se convino que los productos elaborados tengan un símbolo de aceptación universal que indique de qué tipo de material se trata (figura 1). Las flechas que forman el triángulo son señal de que el producto plástico puede ser reciclado. Los números y letras identifican a cada tipo de plástico. Si el acrónimo lleva una "R" delante, significa que el producto lleva materiales plásticos reciclados (Paz, 2016).

El PET tiene baja velocidad de cristalización y puede encontrarse en estado amorfo-transparente o cristalino. En general se caracteriza por su elevada pureza, alta resistencia y tenacidad. De acuerdo con su orientación presenta propiedades de transparencia y resistencia química. Este polímero no se estira y

Tereftalato de Polietileno	Polietileno de Alta Densidad	Cloruro de Polivinilo	Polietileno de Baja Densidad	Polipropileno	Poliestireno	Todas las demás resinas de plástico o mezclas
						

Figura 1. Código de identificación universal de resinas plásticas. Fuente: Paz, (2016)

no es afectado por ácidos ni gases atmosféricos, es resistente al calor (80 – 120°C) debido al alto punto de fusión (244 – 254°C) y absorbe poca cantidad de agua, forma fibras fuertes y flexibles, también películas. Su punto de fusión es alto, lo que facilita su planchado y es resistente al ataque de polillas, bacterias y hongos (Biéc et al., 2020). Otras características destacadas son (Paz, 2016): transparencia, admisión de colorantes y brillo; no es afectado por ácidos ni gases atmosféricos; procesable para soplado, inyección y extrusión; apto para producir botellas, películas, láminas, planchas y piezas; aprobado para el uso con contacto alimenticio; reciclable; liviano (densidad: 1,34 – 1,39 g/cm<sup>3</sup>).

## DESARROLLO Y PRIMEROS RESULTADOS

### a) Análisis de la cantidad de residuo PET en el AMGR

El conjunto de municipios que

comprende el AMGR actualmente concentra poco más de un tercio del total de la población de la provincia: 385.726 habitantes, según el Censo Nacional de 2010 (Alberto *et al.*, 2018). Si se considera que la generación de residuo sólido urbano (RSU) per cápita es igual a 0,777 kg/hab./día (INDEC, 2010), multiplicado por la cantidad de personas da un total de 300 tn por día, aproximadamente, lo que por mes daría 9000 tn de RSU en el AMGR. Comparando con la cantidad de RSU que genera Argentina anualmente, de 16,5 millones de toneladas (MAYDS, 2020), por mes da un estimativo de 1375 millones de toneladas, con lo que el AMGR representa menos de 1 % de los RSU del país. Para ampliar la información respecto de la situación y características del residuo de PET en el AMGR (tipo, volumen, etc.), se está trabajando en la identificación de puntos de recolección, de tratamiento de residuos locales y de sectores que pudieran dedicarse

específicamente al reciclaje y reutilización de PET. En ese sentido, se realizaron visitas y entrevistas a las siguientes empresas e instituciones:

- "Inplastico" (2022) de la ciudad de Resistencia-Chaco: se estima que recolecta un aproximado de 100 toneladas de plástico por mes de HDPE, LDPE, entre otros.
- "Sembrando conciencia" (2022), también de la ciudad de Resistencia, recauda una tonelada de PET por mes aproximadamente, de la cual el 30 % se vende, el 50 % se dona a "madera plástica Ecoqiru" y el resto se dona a la municipalidad.
- "Ecoqiru" (2022) es una empresa chaqueña localizada en Margarita Belén que se dedica a la fabricación de lo que denominan "maderas plásticas". Actualmente cuentan con más de dos toneladas de PET recaudada por donaciones.

Se puede estimar así que el plástico reciclado en el AMGR (102 tn



aprox.) solo representa el 1,13 % del total de RSU existente en el área. A su vez, considerando el informe de la ONU (2021), que destaca que el plástico representa el 85 % aproximadamente de los residuos que llegan al mar, se puede inferir que en tierra podría ocurrir lo mismo, o incluso en mayor medida. En la figura 2 se expone una comparación de la cantidad de RSU en el AMGR, su porcentaje de plástico y la cantidad que es reciclada.

#### b) Análisis de casos de uso de PET en la arquitectura y construcción en diferentes contextos

**Edificio EcoARK:** es una mega-estructura construida en Taiwán en 2010 con 1,5 millones de botellas de plástico PET recicladas, buscando crear conciencia sobre la importancia del reciclaje. Con tres pisos de altura, cuenta con un anfiteatro, una sala de exposiciones y una pantalla

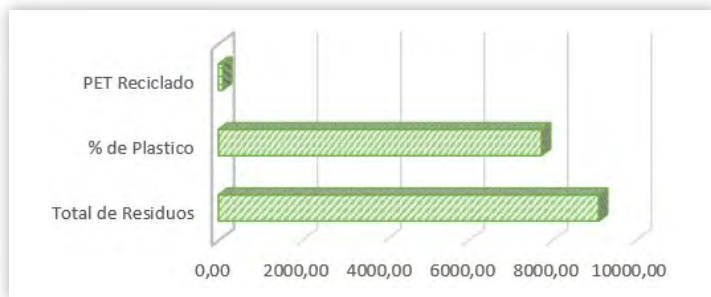


Figura 2. Residuos sólidos mensuales en el AMGR. Fuente: elaboración propia

de agua recogida durante los períodos de lluvia, para el enfriamiento del interior. Los diseñadores promocionan el edificio como *“el más ligero del mundo, móvil y respirable”*

(Franco, 2013). La estructura de 130 metros de largo es totalmente desarmable y puede ser desmontada y vuelta a montar en otro lugar, como un edificio de LEGO (figura 3).



Figura 3: EcoARK. Fuente: Franco, 2013





Figura 4. Casa de botellas de plástico en Nigeria. Fuente: Reyes Palapa (2013)

**Casa hecha con botellas de plástico en Nigeria:** la estructura de la casa está formada por botellas de plástico rellenas con arena, cada una con un peso aproximado de tres kilos. Las botellas son colocadas en filas (figura 4) y se unen utilizando una mezcla de barro y cemento con una compleja red de cuerdas, proporcionando soporte adicional a toda la estructura. Se han utilizado unas 14.000 botellas en la construcción, que fueron obtenidas como donaciones (Reyes Palapa, 2013).

**Casa Ecológica de Botellas de Plástico recicladas en Puerto Iguazú, Argentina:** las paredes de esta casa (figura 5) se levantan a partir de columnas confeccionadas con botellas ensambladas unas a otras (cortando las botellas por la mitad e introduciendo el cuello de una de las mitades dentro de la otra). Las bases opuestas se

fijan con tornillos y las columnas se acoplan dentro de un marco de madera. Por su parte, las ventanas se construyen con **las cajas de colores para CD**, mientras que las botellas aplanadas y moldeadas por medio del planchado, son reutilizadas para construir el tejado. Utilizando a su vez envases de

leche con aluminio en el interior para la aislación en la cubierta.

## CONCLUSIONES

El reúso o reciclado de un residuo sólido muy abundante en el AMGR (y en la región en general), como el PET, para la conforma-



Figura 5. Casa Ecológica en Puerto Iguazú. Fuente: Reyes Palapa (2013)

ción de elementos constructivos modulares para la construcción de viviendas (como alternativa al uso de otras materias primas de “primera mano” habituales), representaría una opción tecnológica factible y ventajosa desde el punto de vista ambiental (por aliviar la presión al ambiente frente al vertido de enormes cantidades de este residuo y las pocas o nulas políticas actuales de tratamiento de RSU). Está pendiente —y se irá analizando conforme avance el trabajo— verificar su conveniencia desde el punto de vista de la habitabilidad de los edificios (por las propiedades que podría aportar el PET al acondicionamiento termo-acústico), así como desde el punto de vista de la resistencia físico-mecánica una vez que se definan los lineamientos técnicos para su aplicación en un componente constructivo modular. Se prevé que dicho componente será un mampuesto o bloque, de características y dimensiones que están siendo estudiadas, que tendrá al PET triturado como componente constitutivo, en un dosaje que se está ensayando.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Alberto, J.; Mignone, A.; Arce, G. & López, S.** (2018). *Dinámica y*

*Desarrollo Urbano del Área Metropolitana del Gran Resistencia: Organización espacial en las primeras décadas del s. XXI.* UNNE. [https://gaea.org.ar/contribuciones/CONTRIBUCIONES\\_2018/CC2018ALBERTOMIGNONEARCELOPEZ.pdf](https://gaea.org.ar/contribuciones/CONTRIBUCIONES_2018/CC2018ALBERTOMIGNONEARCELOPEZ.pdf)

**Biéc, M.; Curzel, H.; Martorelli L.; López E.; Piedrafita G. & Fioretti C.** (2020). *Aprovechamiento del PET como estrategia de mejoramiento socio ambiental.* Equipo de Extensión e Investigación Energía Desarrollo Sustentable y Alimentación (EDES) Villa Regina, Río Negro. [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/138508/Aprovechamiento\\_del\\_PET\\_como\\_estrategia\\_de\\_mejoramiento\\_socio\\_ambiental.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/138508/Aprovechamiento_del_PET_como_estrategia_de_mejoramiento_socio_ambiental.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

**Franco J.** (2013). EcoArk en Taiwán: una mega-estructura construida con botellas de plástico recicladas. *Archdaily*. [https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-290580/ecoark-en-taiwan-una-mega-estructura-construida-con-botellas-de-plastico-recicladas/522a2d83e8e44e5fdf000129?next\\_project=no](https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-290580/ecoark-en-taiwan-una-mega-estructura-construida-con-botellas-de-plastico-recicladas/522a2d83e8e44e5fdf000129?next_project=no)

**Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INDEC]** (2010). *Provincia de Chaco – Argentina*. [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/provincia\\_de\\_chaco\\_0.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/provincia_de_chaco_0.pdf)  
**Ministerio de Ambiente y**

**Desarrollo Sustentable [MAYDS]** (2020). *Un Aconcagua de basura*. Agencia de noticias centro de comunicación UBA. <http://anccom.sociales.uba.ar/2020/10/09/un-aconcagua-de-basura/>

**Organización de las Naciones Unidas [ONU]** (2021). *Informe de la ONU sobre contaminación por plásticos advierte sobre falsas soluciones y confirma la necesidad de una acción mundial urgente*. ONU programa para el medio ambiente. <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/informe-de-la-onu-sobre-contaminacion-por-plasticos#:~:text=El%20informe%20destaca%20que%20el,y%2037%20millones%20de%20toneladas.>

**Paz, M.** (2016) *Reciclado de PET a partir de botellas post consumo*. Universidad Nacional de Córdoba. <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/5567/PAZ%2C%20MARIA%20%20PI%20Reciclado%20de%20PET%20a%20partir%20de%20botellas%20post%20consumo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**Reyes Palapa, C.** (2013). *El PET como sistema alternativo para la construcción de muros en la vivienda*. Universidad Autónoma Metropolitana, México. <https://core.ac.uk/download/pdf/128738089.pdf>