

Optimización de parámetros de elaboración de placas de cerramiento en base a Tetra Brik.

Optimization of Processing Parameters for the Fabrication of Tetra Brik Based Building Boards.

Presentación: 6 y 7 de Octubre de 2026

Doctoranda:

María Laura, Gaetan

<https://orcid.org/0009-0006-8840-5185>

CEVE- Centro experimental de la vivienda económica - Argentina.

Laugaetan.lg@gmail.com

Directora:

Rosana, Gaggino

Codirector:

Lucas Ernesto, Peisino

Resumen

Este trabajo evalúa el efecto de la temperatura de procesamiento sobre las propiedades de placas de cerramiento fabricadas con envases Tetra Brik posconsumo mediante termo-compactación, manteniendo constantes el tiempo y la presión. Se fabricaron probetas a 110, 140 y 200 °C para determinar densidad, absorción de agua, resistencia a la flexión y comportamiento frente al fuego, comparándolas con materiales convencionales de construcción en seco. El aumento de la temperatura incrementó la resistencia a la flexión, con valores de 15, 27 y 30 MPa a 110, 140 y 200 °C, respectivamente, y redujo la absorción de agua de 67 % a 37 %. El comportamiento frente al fuego estuvo determinado por la estructura multicapa y la presencia de aluminio como barrera térmica, sin diferencias relevantes entre temperaturas. Frente a materiales convencionales, las placas presentaron menor absorción de agua y mayor resistencia mecánica, atribuibles a su elevada densidad y predominio de componentes plásticos. Los resultados evidencian el potencial de los envases Tetra Brik posconsumo como materia prima para placas de cerramiento, sujeto a la validación del diseño de uniones, un prototipo experimental y estudios técnicos complementarios.

Palabras clave: Ingeniería y Tecnología de Materiales; Residuos plásticos; Vivienda Económica.

Abstract

This study evaluates the effect of processing temperature on the properties of enclosure panels manufactured from post-consumer Tetra Brik cartons by thermo-compression, while keeping processing time and pressure constant. Specimens were manufactured at 110, 140, and 200 °C to determine density, water absorption, flexural strength, and fire behavior, and were compared with conventional dry-construction

materials. Increasing the processing temperature improved flexural strength, reaching 15, 27, and 30 MPa at 110, 140, and 200 °C, respectively, while reducing water absorption from 67% to 37%. Fire behavior was governed by the multilayer structure and the aluminum layer acting as a thermal barrier, with no significant differences among the evaluated temperatures. Compared with conventional materials, the panels exhibited lower water absorption and higher mechanical strength, attributed to their high density and predominance of plastic components. The results demonstrate the potential of post-consumer Tetra Brik cartons as a raw material for enclosure panels, whose application requires further validation through joint design, an experimental prototype, and complementary technical studies.

Keywords: Materials Engineering and Technology; plastic waste; Economical Housing.

Introducción

La gestión de los residuos sólidos urbanos (RSU) representa actualmente uno de los principales desafíos ambientales, impulsando la búsqueda de estrategias orientadas a la reducción, reutilización y valorización de materiales descartados. En este contexto, la incorporación de residuos como materia prima para el desarrollo de nuevos productos constituye una alternativa basada en los principios de la economía circular, que permite disminuir el consumo de recursos naturales y reducir el volumen de residuos destinados a disposición final (UNEP, 2024).

En este contexto, los envases multicapa tipo Tetra Brik representan un residuo de particular interés por ser un RSU abundante y a las dificultades asociadas a su reciclado. Estos envases están conformados por un 75% de cartón, 20 % de polietileno de baja densidad (LDPE) y 5 % de aluminio, cuya disposición conjunta proporciona propiedades de rigidez, impermeabilidad y resistencia a la humedad (Salazar-Jurado et al., 2021). Esta composición lo convierte en un residuo difícil de reciclar, debido a los altos costos operativos que implica su procesamiento, por lo que las alternativas de valorización disponibles resultan limitadas (Robertson, 2021).

En Argentina, la generación anual de envases de Tetra Brik posconsumo alcanza aproximadamente las 80.000 toneladas, lo que representa un 0,5 % del total de residuos sólidos urbanos, constituyendo un flujo residual significativo con potencial para su incorporación en nuevos procesos productivos (Sagardoy & Dubrovsky, 2020).

Con el propósito de abordar esta problemática, la fabricación de placas de cerramiento no estructurales mediante un proceso de termo-compactación constituye una alternativa para la valorización de estos residuos. Este método de elaboración permite conformar materiales rígidos a partir de residuos multicapa, aprovechando las propiedades termoplásticas del polietileno de baja densidad (LDPE), que puede actuar como matriz aglutinante bajo condiciones controladas de temperatura y presión, sin requerir la incorporación de adhesivos químicos adicionales (Hidalgo, 2011; Olfos et al., 2020; Yilgor et al., 2014). Asimismo, la presencia de aluminio en la estructura del envase puede contribuir a las propiedades de barrera frente a la humedad y a la reflectividad superficial de la placa obtenida. El objetivo de este trabajo es analizar la influencia de la temperatura de procesamiento sobre las propiedades físicas y mecánicas de las placas, manteniendo constantes las variables de tiempo y presión. Para ello, se fabricaron probetas a diferentes temperaturas, que fueron posteriormente caracterizadas mediante ensayos de densidad, absorción de agua, resistencia a la flexión y comportamiento frente al fuego.

Desarrollo

Materiales y métodos

El proceso de fabricación de las placas ha sido desarrollado y descrito en detalle en una publicación previa del equipo de investigación (Gaetan et al., 2026). En el presente trabajo se resumen sus principales etapas,

haciendo énfasis en la termo-compactación, en donde se analizaron las condiciones de elaboración. El proceso comienza con la preparación de los envases Tetra Brik posconsumo, que comprende limpieza superficial, secado y apertura de los mismos, obteniendo láminas de 25×30 cm. Las mismas fueron dispuestas en un molde con la cara de aluminio orientada hacia el exterior y sometidas a un proceso de termo-compactación mediante una prensa de platos calientes. La aplicación simultánea de temperatura y presión permite el ablandamiento y la fusión del polietileno presente en los envases, favoreciendo su acción como fase ligante entre los componentes del material y la conformación de la placa.

Con el objetivo de analizar la influencia de la temperatura de procesamiento sobre las propiedades del material, se evaluaron tres condiciones: 110, 140 y 200 °C. En todos los casos, se mantuvieron constantes la presión aplicada, establecida en 9 kg/cm^2 (valor en el que el material alcanzaba su máxima compactación) y el tiempo de procesamiento, correspondiente a 1 hora. Se utilizaron 40 láminas de Tetra Brik, equivalentes a aproximadamente 1 kg de material, para obtener placas de un espesor de 1,8 cm. El esquema general del procedimiento de elaboración de las placas se presenta en la Figura 1.

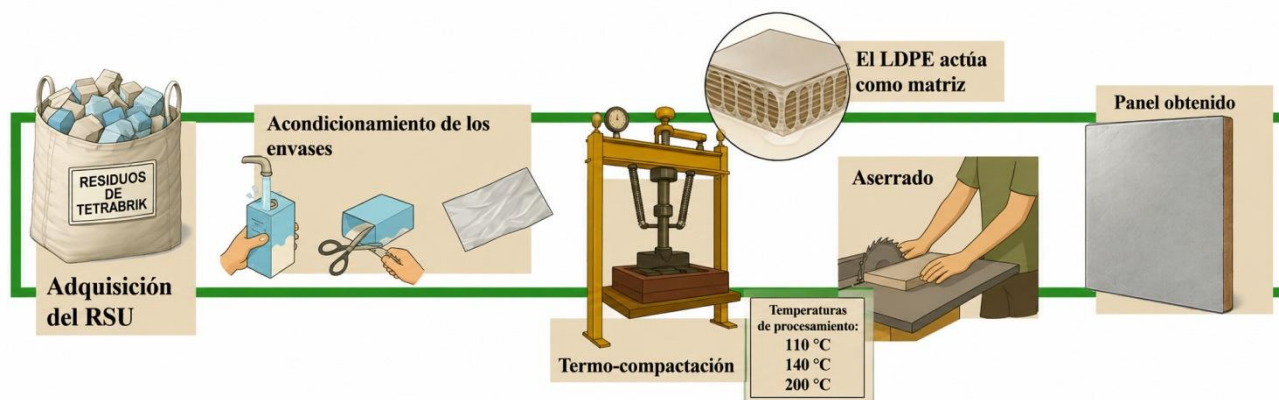


Fig. 1: Esquema de proceso de elaboración.

Una vez finalizado el proceso de termo-compactación, las placas fueron desmoldadas y cortadas en probetas para su posterior caracterización. El efecto de la temperatura de procesamiento se analizó mediante ensayos de absorción de agua, resistencia a la flexión y comportamiento frente al fuego, complementados con la determinación de la densidad del material. Para comparar el desempeño de las placas desarrolladas, se ensayaron también materiales comerciales de OSB, aglomerado, T-PLAK y Polialuminio, utilizados habitualmente en construcción en seco.

Caracterización de las placas

Para evaluar la influencia de la temperatura de procesamiento sobre las propiedades de las placas, se determinó la densidad y se realizaron ensayos de absorción de agua, resistencia a la flexión y comportamiento frente al fuego para cada condición de procesamiento (110, 140 y 200 °C). Se cortaron cinco probetas por ensayo de cada placa, y los resultados se expresaron como valores medios con sus correspondientes desviaciones estándar.

La densidad se determinó de acuerdo con la norma IRAM 9705 (IRAM 9705, 2001), a partir del registro de las dimensiones y la masa de las probetas. La resistencia a la flexión se evaluó mediante un ensayo de flexión en tres puntos, siguiendo los lineamientos de la norma ASTM D790-10 (ASTM D790-10, 2015), utilizando probetas de $18 \times 4 \times 1,8$ cm.

La absorción de agua se determinó bajo la norma ASTM D570-98 (ASTM D570-98, 2018). Para ello, se utilizaron probetas de $8 \times 3 \times 1,8$ cm, que fueron previamente acondicionadas y posteriormente sumergidas en agua destilada. La variación de masa se registró en una balanza a diferentes tiempos de inmersión y los resultados se expresaron como porcentaje de absorción de agua.

Finalmente, el comportamiento frente al fuego se evaluó mediante el ensayo de filamento incandescente, de acuerdo con la norma IEC 60695-2-10 (IEC 60695-2-10, 2021). Debido a que las probetas presentaron ignición a 700°C , esta temperatura fue seleccionada para el ensayo. Se observó la ocurrencia de ignición y la capacidad de autoextinción de la llama.

Resultados

Densidad

La densidad de las placas aumentó con el incremento de la temperatura de procesamiento, obteniéndose valores de $(826 \pm 2 \text{ kg/m}^3)$ a 110°C , $(847 \pm 3 \text{ kg/m}^3)$ a 140°C y $(882 \pm 7 \text{ kg/m}^3)$ a 200°C . Este incremento puede asociarse con una mayor compactación del material a temperaturas más elevadas, favorecida por el ablandamiento y la fusión del polietileno presente en los envases. En comparación, las placas de OSB, aglomerado, Polialuminio y T-PLAK presentaron densidades de $(664 \pm 6 \text{ kg/m}^3)$, $(756 \pm 7 \text{ kg/m}^3)$, $(818 \pm 8 \text{ kg/m}^3)$ y $(906 \pm 9 \text{ kg/m}^3)$, respectivamente. Los resultados muestran que las placas de Tetra Brik tienen una densidad superior a la del OSB y el aglomerado, mientras que sus valores se encuentran dentro del rango de los materiales de referencia basados en envases multicapa.

Resistencia a la flexión

La resistencia a la flexión también mostró un incremento con la temperatura de procesamiento. Las placas fabricadas a 110 , 140 y 200°C alcanzaron valores de $(15 \pm 1 \text{ MPa})$, $(27 \pm 1 \text{ MPa})$ y $(30 \pm 1 \text{ MPa})$, respectivamente. En comparación, las placas de OSB, aglomerado, T-PLAK y Polialuminio presentaron valores de $(16 \pm 1 \text{ MPa})$, $(14 \pm 1 \text{ MPa})$, $(14 \pm 1 \text{ MPa})$ y $(10 \pm 1 \text{ MPa})$, respectivamente. La resistencia obtenida a 110°C fue comparable a la del OSB, mientras que las placas procesadas a 140 y 200°C presentaron valores superiores a todos los materiales de referencia evaluados.

Durante el ensayo, las placas de Tetra Brik presentaron una delaminación progresiva de las capas, que se separaron de forma gradual a medida que aumentaba la deflexión, evitando una ruptura abrupta. Este comportamiento distintivo, fue más pronunciado en las placas elaboradas a 110°C , mientras que las obtenidas a 140°C presentaron una respuesta más elástica y menor presencia de fisuras. A 200°C se obtuvo la mayor resistencia y rigidez, aunque también se observó una mayor presencia de fisuras. Estos resultados sugieren que 140°C representa una condición favorable al combinar una elevada resistencia con un comportamiento más elástico.

Absorción de agua

La absorción de agua disminuyó progresivamente con el aumento de la temperatura de procesamiento. Las placas fabricadas a 110 , 140 y 200°C presentaron absorciones de 67% , 52% y 37% , respectivamente. Esta tendencia puede atribuirse a una mayor consolidación de la estructura y a una reducción de los espacios disponibles para el ingreso de agua a medida que aumenta la temperatura de termo-compactación.

Los valores obtenidos fueron inferiores a los registrados para las placas de aglomerado (84%) y OSB (121%), mientras que las placas de Polialuminio y T-PLAK presentaron absorciones de 19% y 22% , respectivamente. La baja absorción de agua de estas últimas puede atribuirse a la ausencia de celulosa en el Polialuminio y a la presencia de componentes hidrorrepelentes en las placas de T-PLAK.

Comportamiento frente al fuego

El comportamiento frente al fuego de las placas de Tetra Brik no presentó diferencias significativas entre las temperaturas de procesamiento evaluadas. Durante el ensayo, algunas probetas no presentaron ignición mientras que otras sí; sin embargo, la llama se autoextinguió al alcanzar la capa de aluminio, incluso mientras permanecía en contacto con el filamento, limitando su propagación. Un comportamiento similar se observó en las placas de Polialuminio, mientras que las de OSB y aglomerado presentaron ignición inmediata y autoextinción luego de retirar el filamento. Por su parte, las placas de T-PLAK mostraron una mayor persistencia de la llama, llegando algunas probetas a requerir extinción manual.

Asimismo, las placas de Tetra Brik y Polialuminio presentaron una menor extensión de la huella generada por la exposición a la llama en comparación con el OSB, aglomerado y T-PLAK. En conjunto, estos resultados sugieren que la respuesta frente al fuego de las placas de Tetra Brik está principalmente condicionada por su estructura multicapa y la presencia de aluminio, que actúa como una barrera frente a la propagación de la llama, independientemente de la temperatura de procesamiento evaluada.

Los resultados presentados en este trabajo constituyen una síntesis de los principales datos obtenidos en el marco de la investigación doctoral. El análisis detallado de las propiedades evaluadas y otros parámetros asociados al proceso, se encuentran desarrollados en un trabajo previo publicado por el grupo de investigación (Gaetan et al., 2026).

Conclusiones

Los resultados obtenidos evidencian la viabilidad de desarrollar placas de cerramiento a partir de envases multicapa Tetra Brik posconsumo mediante un proceso de termo-compactación. La temperatura de procesamiento mostró una influencia significativa sobre las propiedades físicas y mecánicas del material. El incremento de la temperatura se asoció con un aumento en la densidad, una mayor resistencia a la flexión y menor absorción de agua. Las placas procesadas a 140 °C alcanzaron una resistencia a la flexión de 27 MPa, superior a la del OSB (16 MPa, material ampliamente utilizado como placa de cerramiento en sistemas de construcción en seco), mientras que las procesadas a 200 °C alcanzaron el mayor valor, con 30 MPa. Sin embargo, el análisis del comportamiento durante la flexión evidenció que las placas procesadas a 140 °C presentaron una respuesta más elástica y menor presencia de fisuras, mientras que las obtenidas a 200 °C mostraron una mayor rigidez.

El comportamiento frente al fuego presentó una respuesta similar para las diferentes temperaturas de procesamiento y estuvo principalmente condicionado por la estructura multicapa del material y la presencia de aluminio, que actuó como barrera frente a la propagación de la llama. Considerando conjuntamente el desempeño obtenido y los requerimientos energéticos asociados al proceso, la condición de procesamiento a 140 °C representa una alternativa favorable para la fabricación de las placas.

En conjunto, los resultados confirman el potencial de los envases Tetra Brik posconsumo como materia prima para el desarrollo de placas destinadas a aplicaciones constructivas y aportan información relevante para la optimización y el posterior escalado del proceso de fabricación.

Utilización de IA generativa / herramientas IA

Declaro la utilización de la herramienta IA “Adobe Firefly” para la elaboración de los iconos de la Figura 1. Confirmando que luego de la utilización, los contenidos obtenidos fueron revisados, constatados y editados, asumiendo plena responsabilidad por el contenido presentado en el presente trabajo.

Referencias

- Astm D570-98, 16 Standard Test Method for Water Absorption of Plastics 3 (2018).
- ASTM D790-10, Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials. D790 1 (2015). <https://doi.org/10.1520/D0790-10>.
- Gaetan, M. L., Peisino, L. E., & Gaggino, R. (2026). *Advances in Environmental and Engineering Research Technical Properties of Constructive Boards Made from Tetrabrik Waste*. <https://doi.org/10.21926/aeer.2603021>
- Hidalgo, M. (2011). *Manufacturing rigid board by packaging waste containing aluminum and polyethylene*. 70(March), 232–234. https://nopr.niscpr.res.in/bitstream/123456789/11092/1/JSIR_70%283%29_232-234.pdf
- IEC 60695-2-10, Fire hazard testing – Part 2-10: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire apparatus and common test procedure (2021). <https://webstore.ansi.org/standards/iec/iec6069510ed2021>
- IRAM 9705 (2001). <https://catalogo.iram.org.ar/#/normas/detalles/8479>
- Olfos, L., Valdes, F., Sarabia, G., & Barros, P. (2020). Thermal Insulating Panels Based on Recycled Tetra-Pak® Packaging Materials. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 503(1), 012076. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/503/1/012076>
- Robertson, G. (2021). Recycling of Aseptic Beverage Cartons: A Review. *Recycling*, 6(1), 20. <https://doi.org/10.3390/recycling6010020>
- Sagardoy, I., & Dubrovsky, H. (2020). Diagnóstico del sector reciclado. *Eficiencia Energética En Argentina*.
- Salazar-Jurado, E., Fonthal-Rivera, G., & Gómez-Hernández, E. (2021). A new material with low density and low thermal conductivity using post-consumer Tetra Pak packages. *Journal of Physics: Conference Series*, 2046(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2046/1/012040>
- UNEP. (2024). *Global Waste Management Outlook*. <https://doi.org/10.59117/20.500.11822/44939>
- Yilgor, N., Köse, C., Terzi, E., Figen, A. K., Ibach, R., Kartal, S. N., & Pişkin, S. (2014). Degradation Behavior and Accelerated Weathering of Composite Boards Produced from Waste Tetra Pak® Packaging Materials. *BioResources*, 9(3), 4784–4807. <https://doi.org/10.15376/biores.9.3.4784-4807>