



Revista Legado de Arquitectura y Diseño
ISSN: 2007-3615
legado_fad@yahoo.com.mx
Universidad Autónoma del Estado de México
México

Evaluación de compuestos de PP- residuos de mezclilla para la elaboración de un nuevo material para el diseño de productos

Gómez Gómez, Jaime Francisco; González Madariaga,, Francisco Javier; Rosa Sierra, Luis Alberto; Abt, Tobias

Evaluación de compuestos de PP- residuos de mezclilla para la elaboración de un nuevo material para el diseño de productos

Revista Legado de Arquitectura y Diseño, vol. 1, núm. 19, 2016

Universidad Autónoma del Estado de México, México

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=477951060018>

Evaluación de compuestos de PP-residuos de mezclilla para la elaboración de un nuevo material para el diseño de productos

Jaime Francisco Gómez Gómez

Universidad de Guadalajara, México

Francisco Javier González Madariaga,

Universidad de Guadalajara, México

Luis Alberto Rosa Sierra

Universidad de Guadalajara, México

Tobias Abt

Universidad Politécnica de Catalunya, España

Revista Legado de Arquitectura y Diseño,
vol. 1, núm. 19, 2016

Universidad Autónoma del Estado de
México, México

Redalyc: [https://www.redalyc.org/
articulo.oa?id=477951060018](https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=477951060018)

Resumen: El creciente interés de las empresas manufactureras por utilizar sus residuos como materia prima para el desarrollo de nuevos productos, las lleva a buscar nuevas formas de procesamiento para dichos residuos. El presente proyecto surge de la inquietud de una empresa del sector de la confección dedicada a la fabricación de pantalones en el esfuerzo de aprovechar los residuos que diariamente produce y reutilizarlos en la fabricación de otro tipo de producto sin diversificar su capacidad instalada. Con anterioridad se han efectuado estudios sobre mezclas de mezclilla deshilada con diversos aglutinantes a base de fécula de maíz con agua o bien adhesivos vinílicos. En este informe se dan a conocer algunos avances preliminares con mezclas de este material textil sin deshilar con polipropileno, un residuo abundante a nivel mundial. Se prepararon muestras tipo sándwich y otras en configuración multicapa laminado a presión (“film stacking”) con el objeto de evaluar el efecto de dichas configuraciones en algunas de sus propiedades mecánicas, a flexión y a tracción. De esta forma se tendrá una aproximación de partida a experimentos futuros con mezclas de fibras de mezclilla con otros materiales poliméricos termoplásticos con miras a utilizarse en el desarrollo de nuevos productos.

Palabras clave: material compuesto, reciclaje de textiles, denim, polipropileno.

Abstract: The growing interest of manufacturing companies to use its scraps as raw material to develop new products has led them to new ways of processing them. The present project arises from a jeans manufacturing company’s interest on making an effort to reuse its daily denim scrap to manufacture a different kind of product without diversifying its capabilities. Some studies on denim-binder mixtures have been previously performed, amongst which binders such as corn starch and vinyl adhesives were used. In the present work some preliminary findings are shown using denim in its woven form combined with polypropylene, a common waste worldwide. Samples were prepared in two different configurations: a sandwich-like material consisting of two denim skins and a polypropylene core and a multilayered “film-stacking” material. The study’s aim was to assess the effect of these configurations on some of its mechanical properties under tensile and flexural modes. This is a first approach to configure future experiments using combinations of denim scrap and other thermoplastic polymers in order to use them in new product development.

Keywords: composite material, textile recycling, denim, polypropilene.

Introducción

Recientemente ha surgido la inquietud por desarrollar mezclas de residuos de materiales de industrias diversas con el objeto de aprovecharlos en la fabricación de nuevos materiales o materiales compuestos. Los materiales compuestos se caracterizan por ser la mezcla de dos o más elementos constitutivos o fases. De acuerdo con Matthews (2003) debe haber por lo menos un 5% de ambos elementos constitutivos en el nuevo material compuesto, siendo además sus propiedades finales considerablemente diferentes a las de los elementos constituyentes. La producción de materiales compuestos con matriz polimérica se clasifica en función del tipo de refuerzo que se agrega a dicha matriz; los hay desde las partículas de origen mineral como el talco o las arcillas, hasta las fibras tanto sintéticas como las naturales. En el caso de las mezclas polímero-fibra textil, se han efectuado experimentos con lino como refuerzo a matrices de PLA, PLLA, PHB, PBS y PBAT, en donde la resistencia específica a la tracción y módulo de fibras de compuestos lino-PLLA han demostrado ser muy cercanos a los de los materiales compuestos de poliéster-fibra de vidrio (Bodros, et. al.: 2006), y también mejoran las características de materiales compuestos lino-PP (Oksman, et. al.: 2003). Respecto a los compuestos de mezclilla-PLA, las características mecánicas y térmicas también superan a compuestos similares hechos con otras fibras textiles (Lee, et al: 2010). En lo que se refiere a las mezclas de mezclilla con polipropileno, algunos trabajos con el textil deshilado reportan que a mayor cantidad de materia fibrosa, disminuyen las propiedades a tracción pero aumentan en modo flexión (Haque, 2014). Entre las aplicaciones industriales de compuestos de polímero con fibras de algodón, el mayor componente de la mezclilla, destaca su uso en la industria automotriz en paneles de tapicería y en la mejora de las propiedades acústicas en los interiores de los vehículos (Ahmad, Choi & Park, 2014).

No obstante lo reportado en la literatura, esta primera aproximación busca evaluar las posibilidades de trabajar con las mezclas sin recurrir a los tratamientos con agentes de acoplamiento con el objeto de minimizar reprocesos dentro de la empresa. Por su parte, cabe mencionar que de acuerdo con investigaciones del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) los residuos de plástico constituyen el 11% del total de la composición de la basura (Frías, Lema & Gavilán: 2007). Los residuos sólidos de materiales termoplásticos pueden ser reutilizados como materia prima para la fabricación de nuevos productos con la salvedad de que estos materiales se degradan durante el procesamiento, lo que hace que disminuyan algunas de sus propiedades respecto al polímero virgen, aunque no de manera significativa dependiendo de las condiciones de proceso. En lo referente al polipropileno (PP), el material polimérico seleccionado, se trata de un polímero semicristalino (presenta tanto fase cristalina como amorfa) y entre sus propiedades más destacadas se encuentra su amplia ventana de procesamiento (lo que permite su transformación por medio de múltiples procesos), presenta mayor rigidez y temperatura de fusión que el polietileno. Es un material considerado

un commodity a nivel mundial ya que su consumo se encuentra en torno al 25% de la demanda total de plásticos (IHS, 2015) y se utiliza en la fabricación de productos de gran variedad dado que se produce en distintos grados y arquitecturas moleculares. En México, se trata de la resina de mayor consumo, con una cuota que en 2012 se calculaba en torno a 1'102,000 toneladas anuales (Conde, 2012).

En el presente trabajo de investigación se estudió el efecto de la combinación de mezclilla sin deshilar con polipropileno en las propiedades mecánicas a flexión y tracción en dos configuraciones de material compuesto. Es posible producir materiales compuestos con el objeto de aprovechar residuos y que a su vez la respuesta mecánica sea similar a la de los materiales de partida. Se trata de una primera aproximación al tema, por lo que hay otras variables que se deben considerar para incrementar las respuestas mecánicas de estas primeras combinaciones aquí descritas, como la orientación de las fibras de mezclilla o el grado de pre estiramiento.

Descripción del Método

Materiales

Se prepararon muestras PP-mezclilla usando el material textil sin deshilar. El polímero utilizado fue un grado comercial de copolímero al azar de polipropileno (PP) ISPLEN PR-280 P1M (REPSOL, España) con un índice de fluidez de 21 (230 °C; 2,16 kg, ISO 1133) y una densidad de 0.905 g/cm³ (ISO 1183). La mezclilla utilizada es un material textil con una composición en trama de 22% de poliéster con 2% de elastano y en la urdimbre con 76% de algodón.

Preparación

Se elaboraron dos tipos de muestras de material compuesto: en tipo sándwich con capas planas exteriores de mezclilla y núcleo de PP, y un material multicapa laminado a presión compuesto por 4 de mezclilla y 5 de PP (film stacking). Para obtener las muestras de ambos materiales se utilizó un marco para moldeo por compresión de cavidad cuadrada de 150 mm por lado y un espesor de 2.5 mm.

Las estructuras tipo sándwich se elaboraron colocando la mezclilla sin triturar sobre la superficie del plato caliente para posteriormente agregar la granza necesaria para llenar la cavidad del marco con material fundido. Se calculó el peso del material y se le agregó un 10% en peso con el objeto de compensar las pérdidas de material durante el proceso de moldeo. Las muestras se obtuvieron con las siguientes condiciones de proceso: temperatura de platos a 220°C y presión a 4 MPa y enfriamiento durante 5 minutos. Una vez adherida la primera capa de mezclilla se procedió a colocar la segunda cara del sándwich colocando la muestra en el marco y plancharla con la prensa durante 2 minutos.

Las muestras multicapa se elaboraron con una presión inicial de 1 MPa durante 3 minutos para progresivamente aumentar la presión a 5 MPa para la compresión de la capa final, durante 5 minutos. La temperatura

permaneció constante a 220 °C en todas las etapas del moldeo por compresión.

Procedimiento experimental

Las probetas prismáticas para ensayos de flexión y tracción se cortaron de las placas utilizando una sierra de disco de precisión, como se muestra en la figura 1. Todos los ensayos se efectuaron con una máquina de ensayos universales Galdabini Sun 2500 dotada con una célula de carga de 5 kN. Los ensayos de flexión en configuración en tres puntos se efectuaron en ambos materiales de conformidad con lo establecido en la norma ISO 178 con una velocidad de 1mm/s. Los ensayos de tracción se efectuaron en las probetas tipo sándwich de conformidad con lo establecido en la norma ISO 527.

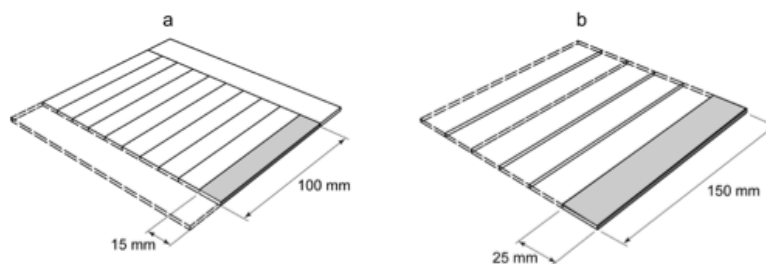


Figura 1.

Seccionamiento de probetas para: a) ensayos de flexión; b) ensayos de tracción. Espesor: 2.5 mm. elaboración propia

Resultados y discusión

En la tabla 1 se presentan los resultados de los ensayos de tracción y flexión en tres puntos. Se aprecia que los valores del módulo de elasticidad así como de las resistencias máximas se encuentran por debajo del valor experimental del material polimérico virgen. En el caso del material tipo sándwich se observa que si bien los valores de rigidez son menores, no se encuentran muy lejos de los del material virgen.

Probeta	Tracción			Flexión		
	E (MPa)	σ_M (MPa)	ϵ_B (%)	E (MPa)	σ_M (MPa)	ϵ_B (%)
PP virgen	1322 ± 78	42 ± 2	>100	737 ± 72	39,3 ± 0,3	n/b
Mezclilla	283 ± 4	26 ± 1	30 ± 3	-	-	-
Sándwich	1064 ± 65	22 ± 3	12 ± 3	643 ± 208	19,7 ± 7,8	n/b
Laminado 4 capas	-	-	-	305 ± 70	18,5 ± 2,5	n/b

Tabla 1.

Comparativa de propiedades mecánicas de compuestos PP-mezclilla respecto al material virgen elaboración propia

Respecto al material multicapa laminado a presión, estos presentaron valores aún menores a los observados en los materiales de tipo sándwich. Esto quiere decir que a mayor cantidad de fibras, mayor será la disminución de los valores de las respuestas mecánicas de los compuestos. Esto se debe a que la rigidez de la mezclilla es menor a la de la matriz polimérica, por lo que a mayor cantidad de material textil, mayor será la caída de los valores de las propiedades mecánicas. No obstante, es

necesario considerar que en la muestra multicapa la proporción de material textil es mayor y por ende disminuye el volumen del material polimérico en la cavidad del molde.

En las Figuras 2 y 3 se observan las respuestas mecánicas de los materiales compuestos en los ensayos tanto de tracción como de flexión en tres puntos. Es notorio que el comportamiento mecánico en ambos ensayos se encuentra por debajo del material polimérico virgen. En otros experimentos (Foulk, et al, 2006) se ha reportado que el desempeño mecánico del material compuesto aumenta mediante el uso de agentes compatibilizantes o de acoplamiento.

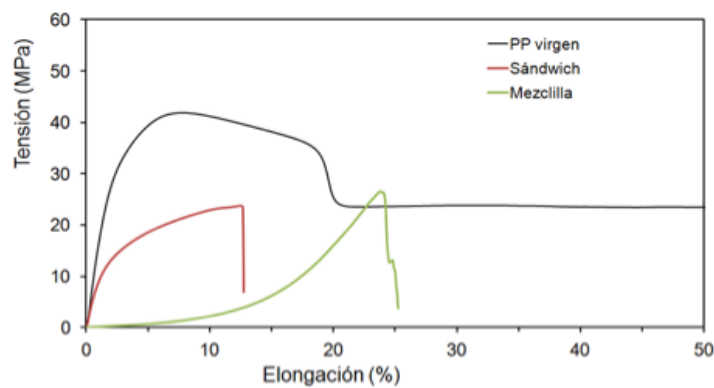


Figura 2.

Comparativa del comportamiento a tracción de los compuestos PP-mezclilla respecto al material virgen
elaboración propia

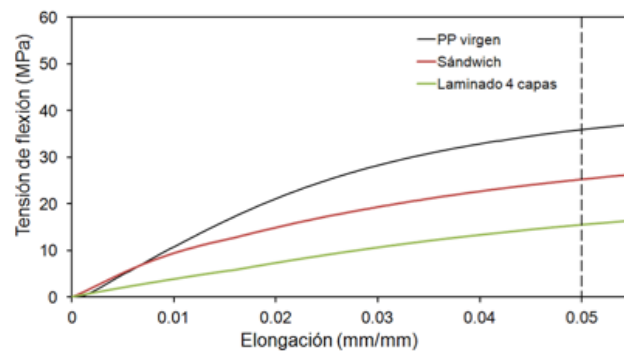


Figura 3

Comparativa del comportamiento a flexión de los compuestos PP-mezclilla respecto al material virgen
elaboración propia

En lo referente a los ensayos de tracción, en la figura 2 se observa un comportamiento semejante a lo presentado en los ensayos de flexión en tres puntos. Considerando la comparativa de la tabla 1, se advierte que el material sándwich ensayado a tracción presenta un valor del módulo de elasticidad semejante pero por debajo al del material virgen. Esto se debe a que a bajas deformaciones el material textil de mezclilla no trabaja pero lo hace a partir de 10% elongación, mientras el compuesto se rompe justo por encima del 10%. No obstante, la respuesta de la tensión

máxima cae casi a un valor por mitad del material virgen. La mezclilla no trabaja pero ocupa un gran volumen del compuesto. Por tanto la mezclilla debilita el compuesto porque es la fase débil además de que actúa como defectos internos y superficiales. Esto se refleja sobretodo en la resistencia y elongación máxima y menos en el módulo.

Respecto a los ensayos de flexión (Fig. 3), se aprecia los mismos efectos como en tracción, pero como se para el ensayo al 5% de elongación, no se aprecia diferencias en elongación a rotura (todos sin rotura hasta el 5%)

Por su parte, en la Figura 4 se observa que el material compuesto ensayado en modo tracción presenta rotura sin acomodar deformación plástica. Esto indica que la adición de la mezclilla en las caras hace que se presente la fractura frágil en un material cuya matriz es capaz de deformarse plásticamente antes de romper. Se observa que los valores se encuentran cercanos al valor del material sólido, pero es claro que el porcentaje de deformación disminuye de manera significativa en el material con fibra de mezclilla.

El textil por sí solo presenta desgarrar a desplazamientos muy largos, como se aprecia en la Figura 2. Se observa con claridad que dicho material presenta poca rigidez respecto a los otros compuestos pero se comienza a desgarrar a tensiones mayores a las tensiones máximas registradas por los materiales combinados.

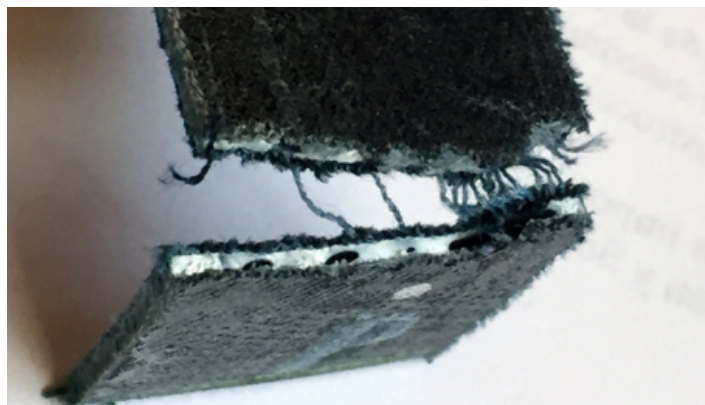


Figura 4.
Zona de rotura de una probeta PP/mezclilla ensayada en modo tracción.
elaboración propia

Conclusiones

En el presente estudio se evaluaron las propiedades mecánicas de los compuestos obtenidos a partir de los residuos de mezclilla como refuerzo de un polímero y se observó que ninguna de las mezclas ensayadas a tracción y flexión de tres puntos sin tratamiento acoplante o compatibilizante funcionó como refuerzo para la matriz polimérica, sino que al contrario, dependiendo de la forma de aplicación del textil, disminuyó sus propiedades mecánicas, mas no de manera significativa. No obstante estos primeros resultados, es necesario investigar otros materiales con propiedades mecánicas semejantes con el objeto de valorar su aplicación en el desarrollo de productos.

Recomendaciones

Los investigadores interesados en continuar con este tipo de investigación podrían concentrarse en algunos de los siguientes aspectos:

- Utilizar mezclilla pre estirada (hasta un 10% que es cuando el material textil comienza a trabajar);
- Conocer el efecto del tipo de tejido y del porcentaje de elastano de la mezclilla en las propiedades finales del compuesto;
- Determinar las orientaciones principales de las fibras del textil y alinearla en las direcciones principales de la fuerza aplicada
- Conocer el efecto de la orientación de las fibras de mezclilla alternando cruzamientos por capa;
- Conocer el efecto de la utilización de un agente de acoplamiento tanto orgánico como inorgánico con miras a mitigar el efecto negativo en el ambiente.

En el presente estudio las fibras de las distintas capas estaban orientadas en la misma dirección por lo que se sugiere que en futuros estudios de este tipo de material se coloquen de manera cruzada para efectos de evaluar la factibilidad de reducir la anisotropía.

Referencias

- Ahmad, F., Choi, H., & Park, M., 2014, A Review: Natural Fiber Composites Selection in View of Mechanical, Light Weight, and Economic Properties, *Macromolecular Materials And Engineering*, 300 (1), 10-24. <http://dx.doi.org/10.1002/mame.201400089>
- Bodros, E, Pillin, I., Montrelay, N & C. Baley, 2007, Could biopolymers reinforced by randomly scattered flax fiber be used in structural applications? *Composites Science and Technology*, Volume 67, Issues 3-4, pp. 462–470.
- Conde, M., 2012, Presente y futuro de la industrial del Plástico en México, presentación.
- Frías, A. C., Lema, I.I & A. Gavilán, 2007 Situación de los envases plásticos en México, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/gacetitas/422/envases.html>
- Foulk, J., Chai W. Y., Akin D. E., Dod, R. B. & P. A. Layton, 2006, Analysis of Flax and Cotton Fiber Fabric Blends and Recycled Polyethylene Composites. *Journal Of Polymers And The Environment*,14(1), 15-25. doi:10.1007/s10924-005-8703-1
- Haque, M., & A. Sharif, 2014, Processing and Characterization of Waste Denim Fiber Reinforced Polymer Composites, *International Journal Of Innovative Science And Modern Engineering*, 2 (6), 24-28.
- IHS. (2015). *Chemical Economics Handbook Polypropylene Resins*.
- Lee, J. T., Kim, M. W., Song, Y. S., Kang, T. J. & J. R. Youn, Mechanical Properties of Denim Fabric Reinforced Poly(lactic acid). *Fibers and Polymers*, January 2010, Volume 11, No.1, pp. 60-66.
- Matthews, F.L., y Rawlings R.D., *Composite Materials: engineering and science*, 1st ed., Woodhead Publishing Limited, Cambridge, 2003, p., ISBN 1 85573 473 7.

Oksman, K., Skrifvars, M. & J. -F Selin, Natural fibers as reinforcement in polylactic acid (PLA) composites. *Composites Science and Technology*, July 2003, Volume 63, Issue 9, pp. 1317–1324.