

Re-valoración de residuos de mezclilla para el diseño de un nuevo material y algunas aplicaciones: compuestos de mezclilla-PMMA

Autores

Dr. Jaime Francisco Gómez Gómez, jaime.gomez@cuaad.udg.mx

Dr. Francisco Javier González Madariaga, francisco.madariaga@cuaad.udg.mx

Mtro. Enrique Herrera Lugo, enrique.herrera@cuaad.udg.mx

Universidad de Guadalajara, México

Dr. Luis Alberto Rosa Sierra, lurosa@up.edu.mx

Universidad Panamericana, México

RESUMEN

El presente proyecto surge del objetivo de una empresa mexicana del sector de la confección dedicada a la fabricación de pantalones de mezclilla, o vaqueros, con la intención de aprovechar los residuos que genera diariamente y reutilizarlos en la fabricación de otro tipo de producto. Actualmente dichos sobrantes son recolectados para la fabricación de borlas para pulidoras orbitales, que tienen una corta vida útil y por ello se disponen rápidamente al vertedero. Esta solución, si bien contribuye a atender el problema inmediato de la acumulación de materia que representa un desecho, no agrega valor a dicho material, sino que lo devalúa, es un proceso de se denomina como *infraciclaje*. Una aproximación desde el *supraciclaje* permite agregar valor a un material que, de inicio no se considera útil. Con el objetivo *supraciclar* las fibras, en este escrito se reportan algunos avances de investigación acerca del proyecto que consiste en la elaboración de un material compuesto, a base de mezclas de este material textil deshilado como refuerzo o carga del compuesto, usando una matriz de polimetacrilato de metilo (PMMA). Dichos avances comprenden la implementación de un proceso de compatibilización de dichas fibras con la matriz (en trámite de patente), un panel transparente con material embebido resultado del proceso antes mencionado y a su vez se presentan algunas aplicaciones desarrolladas por tesistas de la licenciatura en diseño industrial. Este proyecto abre la posibilidad de aprovechar, en futuros experimentos, otro tipo de fibras, ya sean naturales o textiles, para la fabricación de paneles con materiales embebidos para usos diversos.

Palabras claves: material embebido, supraciclaje, fibras de mezclilla, matriz polimérica.

INTRODUCCIÓN

Se puede atribuir el crecimiento del desarrollo de nuevos tipos de materiales compuestos en gran medida a las nuevas tendencias en el aprovechamiento de los residuos propios de los procesos de manufactura. La idea de aprovecharlos como “comida” (*food*) para otro proceso de la propia empresa, descrita por Braungart y McDonough [1], plantea la posibilidad de revalorizarlos, es decir, supraciclarlos.

Previamente, en el equipo de investigación se ha trabajado en el desarrollo de nuevos materiales compuesto a partir de los residuos del proceso de recorte de los patrones de confección (patronaje) para la fabricación de pantalones de mezclilla (vaqueros o *jeans*, en inglés). La empresa de la cual surge el presente proyecto tiene un desperdicio del 15% de un tramo de 1.3 m de tela para la elaboración de un pantalón. Semanalmente se producen 1600 pantalones, produciéndose 312 m de desperdicio y esto se traduce en 16,224 m lineales desperdiciados al año. En este primer trabajo se buscó elaborar un material a base de este

textil deshilado aglutinado con un adhesivo [2]. Paralelamente se procedió a clasificar los retazos del patronaje para evaluar la posibilidad de unirlos y formar lienzos nuevos, y con ello, elaborar productos relativamente más sencillos. Esta estrategia resultó ser del interés del fabricante ya que procedió a modificar su línea de corte para obtener figuras más regulares para el proceso de unión de los lienzos. Dentro de este procedimiento, al final se encontraron retazos de formas irregulares que, por presentar dificultad para formar lienzos, se procedió a su deshilado para desarrollar otras mezclas.

A partir de los resultados de esa primera aproximación, en una segunda etapa se trabajó con dos combinaciones multicapa de mezclilla con polipropileno (PP), que es uno de los polímeros termoplásticos más utilizados a nivel mundial y cuyo desecho tiene el potencial para ampliar su vida útil. Posteriormente, con este mismo polímero termoplástico, se comenzó a trabajar con mezclas del textil deshilado. Con el objeto de conocer cómo las fibras afectan el desempeño mecánico del material resultante, se efectuaron ensayos de flexión y de tracción de las 3 combinaciones, así como la medición de sus densidades aparentes, concluyéndose que dichas propiedades se ven disminuidas [3] respecto al polímero de partida, pero presentan ventajas respecto a otros materiales reciclados. Partiendo de este conocimiento, en una tercera etapa se trabajó con tesisistas de la licenciatura en diseño industrial, con el objeto de valorar la posibilidad de diseñar y producir productos de consumo con dichas combinaciones de materiales. Cabe mencionar que durante el proceso se observó que, a pesar de las implicaciones técnicas en la fabricación y transformación del nuevo material, el aspecto estético-simbólico que ha permitido la apropiación de la mezclilla (o *denim*, en inglés) por parte del consumidor global [4], fue factor determinante para el diseño de dichos productos [5].

Para este trabajo, y tomando en consideración estas observaciones, se optó por trabajar con una mezcla de estas fibras textiles con polimetacrilato de metilo (PMMA) que, por un lado, presenta mayor rigidez que el PP y por otro, por su transparencia, permite lograr distintos motivos que pueden ser visualmente atractivos para el diseño de productos. Por su parte, si bien el proceso de fabricación y reciclado de láminas de PMMA es tóxico, es posible conseguir reciclar el material con menor pérdida de sus propiedades respecto a otros polímeros termoplásticos, que a consecuencia del reciclaje térmico se van degradando [6]. De esta forma, es posible alargar la vida útil de ambos componentes en un nuevo material, y consecuentemente, en un nuevo producto.

El proyecto se desarrolló en 5 etapas que a continuación se enumeran: 1) preparación de muestras y fabricación de lámina, 2) investigación del estado de la técnica, 3) investigación bibliográfica de productos y soluciones existentes, 4) pruebas de procesamiento, 5) conceptualización de propuestas y construcción de prototipos funcionales.

Preparación de muestras

En un primer intento de elaboración del material compuesto de fibra de mezclilla con PMMA se observó que el material textil mezclado con la matriz polimérica, tanto en retazo como deshilado, generó defectos en el compuesto resultante (ver figura 1). Esto se debe a que las fibras textiles atrapan humedad y/o aire, ocasionando la formación de burbujas durante el proceso de vaciado de la resina en proceso de curado. Cada burbuja, tanto superficial como interna, es un concentrador de tensiones, por lo que no es posible asegurar uniformidad en las respuestas mecánicas del material resultante, así como su calidad final.



Figura 1. Muestra de lámina defectuosa de mezclilla-PMMA (foto del autor).

Con el apoyo de tesis de la licenciatura en diseño industrial, se llevaron a cabo distintas preparaciones para la impregnación de las fibras textiles con sustancias compatibles con la matriz de PMMA. De dichas preparaciones se seleccionó aquella que permitió lograr un material laminado con fibras embebidas sin presentar burbujas o defectos superficiales.

Por razones de trámite de patente, en este documento se omite la descripción de dicho procedimiento. Cabe mencionar que de la información obtenida y analizada del estado de la técnica se pudo tomar la decisión de llevar a cabo dicha solicitud.

Es importante aclarar que la caracterización mecánica de este material compuesto está por realizarse. Se contemplan ensayos a tracción y a flexión en tres puntos, aunque está por definirse bajo qué modo podrían efectuarse los ensayos de impacto.

Proceso de diseño y pruebas

Toda vez que se logró desarrollar un material laminado de 3 mm con superficies lisas y libre de burbujas en su interior, se procedió a trabajar con 2 equipos de diseñadores industriales con el objeto de diseñar propuestas de productos. Paralelamente a la preparación de las muestras, ambos equipos efectuaron una revisión de productos elaborados con estas fibras textiles y otros aglutinantes y se procedió a clasificarlos por área de aplicación. Parte de los hallazgos de esta etapa se sintetizan en el panel de conceptos de la figura 2. Se observa que muchos de lo que en la actualidad se elabora a partir de estos residuos de pre y posconsumo mantiene la apariencia del textil, pero en su mayoría son aglomerados opacos que solo en algunos de los casos han sido caracterizados. También se observó que algunos otros productos se fabricaron a partir del reprocesamiento de las fibras para hilar nuevos rollos de tela, lo que implica la separación de las fibras de algodón, que son susceptibles de hilarse nuevamente, de las fibras sintéticas como el poliéster y el elastano, que son difíciles de hilar.



Figura 2. Panel de conceptos de algunos productos elaborados con fibras de pre y post-consumo (elaborado por tesistas).

Además de lo que se presenta en el panel de conceptos, se encontraron aplicaciones en el área de la construcción, más por sus propiedades técnicas (baja conductividad térmica, resistencia a la humedad, al fuego o al crecimiento de hongos, por mencionar algunas) que por sus propiedades estéticas. Derivado de este primer acercamiento se delimitaron algunas áreas potenciales de aplicación, las cuales se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de usos y aplicaciones potenciales de materiales de fibras de mezclilla con diversos aglutinantes.

Áreas potenciales de aplicación				
Accesorios Personales	Accesorios decorativos para el hogar	Accesorios de oficina	Identidad de marca y packaging	Display para punto de venta
Zapatos, lentes, relojes, accesorios para el cabello, joyería, bolsos y carteras, personalización de gadgets, relojes	Mobiliario, mamparas, accesorios para baño, cancelería, manuales y herrajes, luminarias para interiores y exteriores,	Forro para agenda o cuadernos, plataformas para laptop, portafolios, maletín de mano, organizadores	Estantería, anuncios luminosos, accesorios para escaparates, estuches, envase para productos de lujo	Anuncios luminosos, cubiertas, exhibidores y plafones

	espejos, biombos			
--	---------------------	--	--	--

Para la siguiente etapa, los tesistas llevaron a cabo algunas pruebas de procesamiento del material con el objeto de conocer cómo se comportaría el compuesto durante su transformación: corte con router y con LASER, barrenado, termoconformado, doblado y pegado. Este tipo de pruebas permitió definir los criterios de manufactura para el desarrollo de las propuestas.

Respecto al corte con LASER, en una primera aproximación al proyecto, se pensó en diseñar productos a partir de superficies de doble curvatura y se observó que, a pesar de la presencia de las fibras textiles, la lámina de mezclilla-PMMA aún es sensible a las entallas, por lo que se optó por trabajar con este material de la forma convencional, es decir, plano sin someterlo a esfuerzos o, en su defecto, con curvatura en una sola dirección, no obstante, no se descarta del todo la posibilidad de continuar experimentando con este tipo de superficies. Por otro lado, se observó que, en algunos casos, el corte con LASER no fue eficaz en zonas con mayor concentración de fibras (ver figura 3, izquierda), aunque esto puede ser atribuible a la calibración del equipo, dado que en algunas otras pruebas y en los prototipos finales no se observó dicho fenómeno. A su vez, se valoró la conveniencia de hacer cortes con esquinas redondeadas para evitar la propagación de grietas en caso de ser sujeto a tensiones diversas.

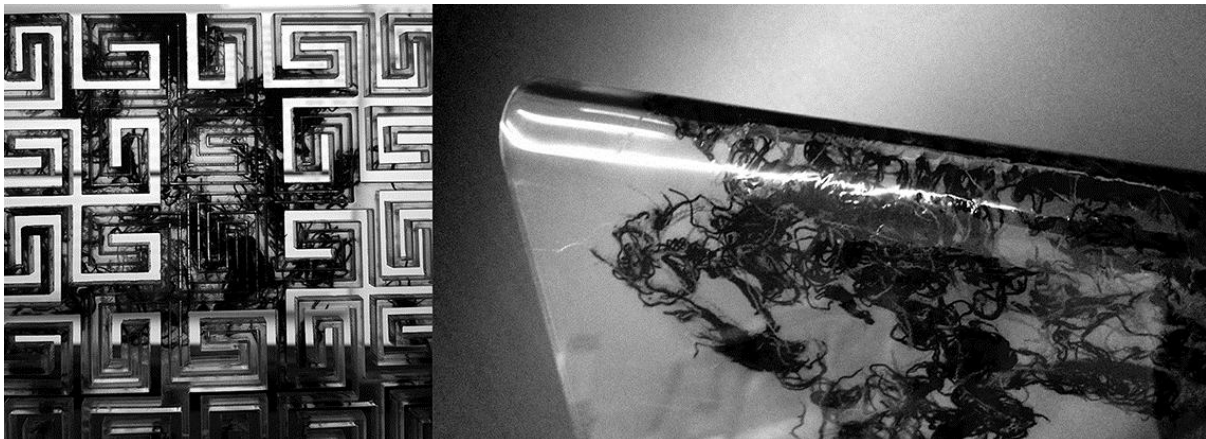


Figura 3. A la izquierda, elemento al centro de la lámina que no pudo ser cortado con LASER. A la derecha, aparición de arrugas al doblar la lámina con material embebido con un radio de 2.5 cm.

En el caso del termoconformado se observó que el material embebido se deformaba de manera distinta a la matriz polimérica, propiciando el surgimiento de pequeños relieves o arrugas en estiramientos uniformes y regulares pero que, a mayores alargamientos y geometrías irregulares, provocaban la rotura del material. De igual forma, se observó que el doblado de la lámina con radios amplios (ver figura 3, derecha), propiciaba la aparición de arrugas como las observadas durante el termoconformado.

Con base en la investigación bibliográfica y de campo, así como los criterios de fabricación definidos, se llevó a cabo una lluvia de ideas entre las que destacan las asociaciones del material textil con los aspectos simbólicos ligados al tinte índigo de origen asiático [7], así como a elementos de la naturaleza y el paisaje.

Posteriormente y a partir de las asociaciones de ideas surgidas a lo largo del proyecto, se desarrollaron conceptos individuales como se describen a continuación:

- Asociación 1: Mandalas
- Asociación 2: montañas
- Asociación 3: cristales
- Asociación 4: muro de agua

Considerando la transparencia de la matriz y la dispersión de la fase textil, se definieron 3 tipos de productos que potencializaran las cualidades estéticas y a su vez, por tratarse de objetos de un largo ciclo de vida, revalorizan los desechos integrados en el nuevo material: luminarias, joyería y contenedores.

De estas 3 categorías, se presentan 3 diseños de luminarias cuyos prototipos se fabricaron con las técnicas de corte con LASER y router y pegado con adhesivo de cianoacrilato. Cada una corresponde a los conceptos mandala (luminaria con espejo), cristales (luminaria colgante) y muro de agua (luminaria para mesa). En la figura 4 se muestran algunos bocetos del muro de agua.

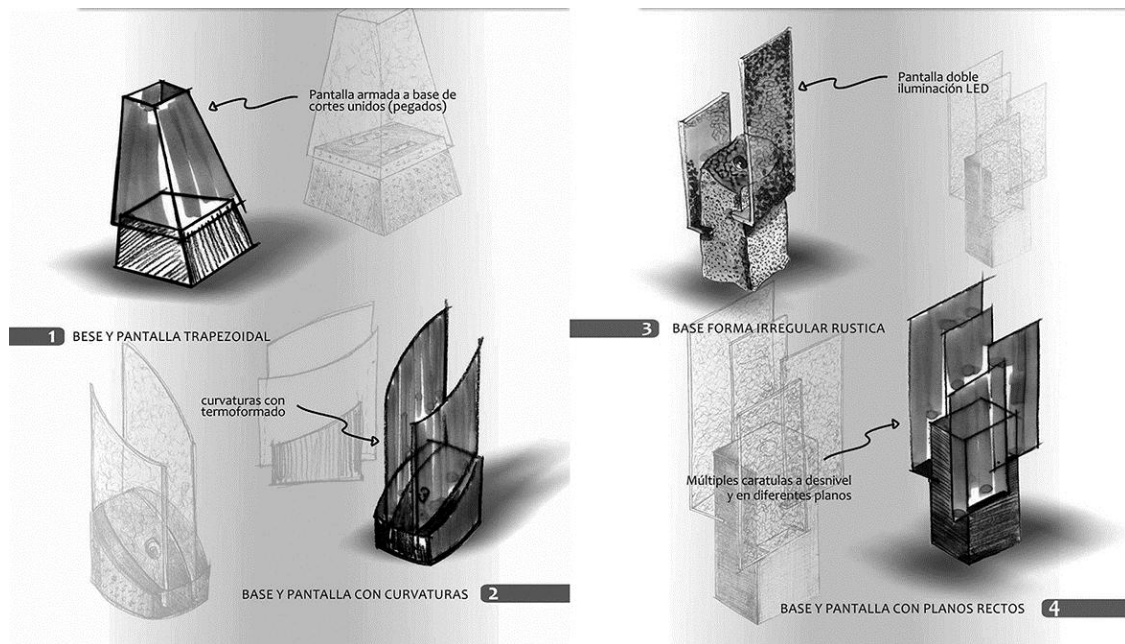


Figura 4. Bocetos de la luminaria denominada muro de agua (autor: Ricardo Juárez).

Finalmente, en el caso concreto de este concepto, se eligió una geometría sencilla que además de utilizar el material objeto del presente desarrollo, lo combina con otro de origen volcánico pero que genera un contraste de texturas: el basalto (ver figura 5).



Figura 5. Prototipo de luminaria “muro de agua” (autor: Ricardo Juárez).

Por tratarse de un proyecto en proceso, queda pendiente la caracterización mecánica del nuevo compuesto a efectos de conocer en qué medida la inclusión de las fibras afecta su desempeño y valorar si dichas fibras pueden inhibir la propagación de las grietas en este material que es sensible a entallas. Por otro lado, se abre la posibilidad para desarrollar estudios con usuarios sobre asociaciones y calidad percibida de este material.

CONCLUSIONES

En el presente proyecto se demostró que es viable y posible desarrollar materiales compuestos a partir de desechos industriales textiles de preconsumo mezclados con una matriz polimérica de PMMA, alargando su vida útil y conseguir su revaloración como material para diseñar y fabricar productos. A su vez, se comprobó que es posible llevar a cabo su transformación mediante los procesos ya utilizados convencionalmente en las láminas de acrílico sin cargas o refuerzos. Esto permite vislumbrar la posibilidad de diseñar y elaborar otros compuestos con fibras embebidas, tanto textiles como naturales, para uso decorativo, así como para aplicaciones funcionales y estructurales de bajo compromiso mecánico.

Finalmente, es necesario involucrar al diseñador industrial en el proceso de manufactura no solo del producto, sino de los materiales e insumos para que experimente con ellos y que los pueda utilizar para diseñar en el futuro.

AGRADECIMIENTOS

Nuestros agradecimientos a América Lilian Díaz Vergara, Ashley Aida López Moreno, Lauren Juncal López Paredes, Brenda Janette Trujillo Castellanos y Ricardo Juárez Nájera por su entusiasmo y entrega durante el proyecto.

REFERENCIAS

1. Braungart, M. y W. McDonough. (2002). *Cradle to Cradle, Remaking the way we make things*. 1st ed. Nueva York.
2. Rosa, L.A., et al., (2015) "Aprovechamiento de residuos industriales para el diseño y desarrollo de productos para la industria de la moda con un enfoque sostenible". *Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals*.
3. Gómez, J. F., et al., (2016). "Evaluación de compuestos de PP-residuos de mezclilla para la elaboración de un nuevo material para el diseño", *Legado Revista de Arquitectura y Diseño*, no. 19, enero-junio, pp.
4. Miller, D., & Woodward, S. (2007). "A Manifesto for the Study of Denim". *Social Anthropology/Anthropologie Sociale*, 15 (3), 335–351.
5. Gómez, J. F., et al, (2016). "Scrap denim-PP composites as a material for new product design", *RDIS Revista Online de la Red Internacional de Investigación en Diseño*, vol. 2, no.3, pp 82-91.
6. BRYDSON, J. A. *Plastics Materials*, 7 Ed., Oxford, Butterworth Heinemann, 2000, 920 pp. ISBN 0 7506 4132 0.
7. Chavan, R. B., en Roshan, P, *Denim Manufacture, finishing and applications*, Elsevier, 2015, 625 pp., ISBN 978-0-85709-849-8