

Conformación de un material compuesto de polietileno reforzado con fibra de fique por método de mínimo-estrés

Wilmer Nicolás Mogollón Vargas (Universidad Francisco de Paula Santander) wilmernicolasmv@ufps.edu.co

Sergio Andres Moreno Angarita (Universidad Francisco de Paula Santander) sergioandresman@ufps.edu.co

Meimer Peñaranda Carrillo (Universidad Francisco de Paula Santander) ingmepe@hotmail.com

Paulo Cesar de Matos Rodrigues (Universidade Federal de Minas Gerais) paulocmr@ufmg.br

Luciano Machado Gomes Vieira (Universidade Federal de Minas Gerais) lucianomgv@yahoo.com.br

Resumen:

El trabajo muestra la manera de obtener un material compuesto por polietileno como matriz y fibras naturales de fique como refuerzo; basados en la importancia de conservar siempre un nivel mínimo de estrés para las fibras, obteniendo el máximo potencial de las propiedades mecánicas del fique. Para esto se emplea el método denominado de mínimo estrés, en el cual se busca conservar intacto las propiedades físico químicas del fique, usando temperatura y presión permisible por la fibra, sin provocar estrés sobre la misma, y obtener muestras de mejor precisión; así como la posibilidad de orientar de manera determinada la fibra, garantizando dicha disposición una vez obtenido el compuesto.

Palabras clave: Fibra, Polietileno, Compuesto, Fique, Mínimo-estrés.

Forming a composite material of polyethylene sisal fiber reinforced by minimum-stress method

Abstract

The work shows how to obtain a composite material of polyethylene matrix and natural fibers such as sisal as reinforcement; based on the importance of always maintaining a minimum level of stress fibers, obtaining the full potential of the mechanical properties of sisal. For this the method called minimum stress, which seeks to preserve intact the physicochemical properties sisal, using temperature and pressure by the fiber permissible without causing stress on the same, and obtain better accuracy samples used; and the ability to target certain way the fiber, ensuring that provision once obtained compound.

Key-words: Fiber, polyethylene, Composite, Fique, Minimum-stress.

1. Introducción

La planta de la fibra de fique de gran producción en la zona andina de las Américas, está recuperando su importancia en el sector agroindustrial, gracias a la tendencia mundial de utilización de productos naturales y amigables con el medio ambiente, lo que otorgar una nueva oportunidad a la llamada fibra natural nacional, después de la gran depresión de la cual se está recuperando poco a poco, volviendo a fortalecer el mercado nacional e internacional como producto biodegradable en diversas áreas como empaques, embalaje, amare, artesanías para la fibra, y para sus residuos, obtención de biopreparados para el control de enfermedades y la gran promesa su uso como biocombustibles entre otros. Gracias a su carácter no estacionario se dispone una producción constante durante todo el año.

Por razones de tradición el sector del fique en Colombia y Brasil está caracterizado por procesos y productos poco tecnificado, de bajo valor agregado y añadiendo que en fibra solo se obtiene de un 4% de la hoja, lo coloca en una rentabilidad baja y muy susceptible al mercado. Por lo que se busca generar procesos de mayor rentabilidad ya que se tiene el potencial y gran experiencia en cuanta producción y manejo en el mercado nacional e internacional. Lográndose un proceso con un aprovechamiento integral y sostenible.

Por otra parte los polímeros son considerados uno de los materiales de gran diversidad y de creciente uso, con utilización en muchos campos, por lo cual es casi imposible encontrar en un futuro cercano un material para su remplazo total. La poca implementación del reciclado de este material, genera gran cantidad de desecho no biodegradable. Esto lo conlleva a que se considere uno de los peores inventos del hombre a pesar de su variabilidad de usos en el confort del ser humano.

Estos dos materiales están pasando por nuevas investigaciones tanto en el sector público, privado y académico para la utilización como compuestos que cumpla las misma funciones de los polímeros sin desmejorar las propiedades, pero con menor cantidad de productos químico, para con ello mitigar el impacto ecológico. Una de las aplicaciones es el uso de las fibras de fique como material de refuerzo de una matriz de polietileno. Generando de este modo un valor agregado que genere mayores ingresos al sector debilitado fiquero nacional.

2. Proceso experimental

2.1 Materiales

Polietileno de alta densidad Venelene 7000F sin ningún tipo de aditivo, en estado virgen, distribuido por POLINTER Poliolefinas Internacionales S.A, comercializado bajo la presentación de pelets de aproximadamente 3mm de diámetro; cuyas propiedades fueron dadas directamente por la ficha técnica del proveedor, y nuevamente evaluadas personalmente para corroborar datos.

Polietileno recuperado o reciclado, obtenido por el método de aglomeración, que consta de el postprocesado de material reciclado de bolsas plásticas de polietileno utilizadas como embalaje para múltiples usos; su presentación es tipo pelets de 5 mm de diámetro, color mostaza.

La fibra de fique fueron obtenidas en forma de costal tejido y entrelazado; así como mediante cordeles, cuya manipulación se considera mínima al ser adquirido directamente al productor y comercializado por COHILADOS DEL FONCE LTDA.

2.2 Método

Para la obtención de compuestos, se utilizó el método denominado en este trabajo como «Mínimo estrés» (MSM), que consiste en evitar al máximo los efectos de la elevada temperatura a las fibras de fique, ya que a temperaturas por encima de 220°C para un cordel de un milímetro de diámetro se presenta incineración de la superficie, y a su vez se alcanza un punto de carbonización al rededor de los 300°C.

Por otro lado el punto de fusión del Polietileno de alta densidad se puede tomar como aproximadamente 130°C a presión ambiente, pero en los métodos convencionales de producción como extrusión o inyección se trabaja a temperaturas de hasta 260°C y 288°C respectivamente, además de aumento de la presión en las zonas de descarga de material, como en boquillas y moldes; lo que para el polietileno no tiene ningún inconveniente, sin embargo para el fique si ocasionaría serios cambios estructurales, afectando su óptimo comportamiento

mecánico de las fibras; así como la completa falta de control sobre el direccionamiento de las fibras, dando lugar simplemente a un producto final con disposiciones de fibras al azar.

El método MSM consiste en el uso de dos planchas de calentamiento, en la parte superior e inferior, cada una con sistema de calentamiento por resistencias eléctricas, controlado por termostato de bulbo debidamente posicionado. Las disposiciones del fique se controlaron mediante el uso de guías direccionales dando facilidad para disponer cordeles a lo largo y ancho del área de fundición con la seguridad de no presentar fibras en direcciones distintas a las previstas, así como la posibilidad de variar en cantidad de fique.

La elaboración de la muestra se realizó durante un tiempo estándar de una hora, a una temperatura de 180°C, y 10,5 KPa de presión, presión establecida para liberar el aire contenido entre los componentes y lograr una cohesión mayor entre la fibra y la matriz, sin afectar externamente la fibra. Considerando además que las muestras se realizaron a una presión 720 mmHg, 30°C de temperatura ambiente y 75% de humedad; si presencia de radiación solar y luz UV.

Para este análisis se seleccionaron tres tipos diferentes de configuración de muestras, las cuales se muestran en la Tabla 1.

Configuração de material	Descrição
Polietileno virgen de alta densidad	220 gr de polietileno tipo pelet de 3mm de diâmetro.
Polietileno recuperado	220 gr de polietileno tipo pelet de 5mm de diâmetro.
Polietileno recuperado/fique	210 gr de polietileno tipo pelet de 5 mm de diâmetro, reforçado por 4 fibras de fique tipo cordel de 1mm de diâmetro, em disposicion vertical y distanciadas 5mm.

Fuente: El autor

Tras culminar el tiempo de fundición, la muestra es enfriada por convección forzada, de 25 a 30 minutos, tiempo en el cual se obtiene un compuesto completamente cristalino.

Una vez aceptado la calidad, evaluando mediante la observación se descarta la existencia de sustancias o elementos extraños e impropios de los originales así como imperfecciones del procesamiento como lo son las burbujas de aire o la ausencia de material polimérico que cree zonas de menos espesor; con el fin de reducir al máximo la aparición de concentradores de esfuerzo que afecten de manera significativa los ensayos postumos a realizarse.

Considerando que se busca obtener un material con los mínimos cambios físicos, químicos o mecánicos, se elige el uso de la caladora como máquina herramienta, que mediante el uso de una cuchilla dentada y una cantidad frecuente de pasadas, logra un arranque de material de manera poco estresante, y de baja liberación energética en forma de calor por fricción, consiguiendo un corte a bajas temperaturas; pues debido a que métodos como troquelado en caliente pueden llegar a cambiar de alguna manera el estado superficial del área de corte tanto de la fibra como del polietileno, y el corte por troquelado frío genera un esfuerzo cortante por cisalla. lo cual desplazaría las fibras de fique, rompiendo la adherencia entre los elementos.

Para comprobar que las muestras obtenidas son aptas para aplicaciones como producto, se establece la evaluación de las muestras bajo la norma ASTM D-628 y el párrafo 6.1.3 para materiales compuestos donde se especifica el uso de dimensiones tipo 1 cuya sección transversal

de la zona de area estrecha debera ser de 13mm de ancho por 7mm de espesor, generando un area de esfuerzo de 91mm².

Para la realizacion de los ensayos de tension se utilizo la maquina universal de ensayo AUTOGRAPH AG-IS 100kN de SHIMADZU, controlada por el software TRAPEZIUM2, del laboratorio de unisagem e automacaon de la Universidad Federal de Minas Gerias, Belo Horizonte. Se configuro segun la norma a una velocidad de avance de 1mm/min.

3. Resultados

3.1 Obtención del material compuesto

La obtención del compuesto en sus diferentes disposiciones de fibra se logra apreciar en las siguientes imágenes:



Figura1: Compuesto PE/Fique. Disposición Vertical

Como se observa en la figura 1, las fibras fueron inicialmente dispuesta en dirección vertical, con una separación de 5 mm una de la otra y a una profundidad de 3,5 mm, para lo cual al observar la muestra final es posible validar que la disposición de la fibra continua en su lugar inicial, como se ve en la figura 2, esto es de gran importancia si se requiere una investigación mucho mas precisa, al poder controlar estas variables, lo cual seria imposible usando método de procesado como extrusión e inyección de plásticos.



Figura2: Disposición Final de las fibras en sentido vertical, sección transversal

En cuanto a las demás disposiciones de fibra se siguió implementando este método con resultados satisfactorio, obteniendo así muestras debidamente posicionadas, de excelente calidad en cuanto a fundición del polímero, garantizado una correcta uniformidad del compuesto; como es apreciable en las siguientes figuras.



Figura 3: Compuesto con disposición de fibra cruzada

La figura 3 se puede evidenciar la disposición cruzada de los cordeles de fique, la zona media de la muestra fue calentada a propósito mediante flujo de calor concentrado, con el fin de observar dicha configuración de la muestra, los extremos de la muestra se encuentran a temperatura por debajo del punto de fusión, cuyo color es blanco, mientras la zona de temperatura por encima del punto de fusión, toma una completa transparencia.

La Figura 4 corresponde al compuesto con disposición de fibras al azar de 20 cm de longitud, con el fin de distinguir las fibras, estas fueron tinturadas de color rojo, logrando una adherencia similar a las anteriores disposiciones. Este tipo de disposición es el mas común en investigaciones sobre el tema, debido a su facilidad de extrusión al no tener prioridad sobre el

acomodo final de las fibras, pero debido a esto las variables que se logran son del tipo tamaño de la fibra en longitud. Es importante mencionar que la conductividad térmica del fique es aproximadamente $0.039 \frac{W}{m^2 \cdot K}$; como lo afirma Deyanira [7], por lo cual es considerado un material de aislamiento térmico luego la transferencia de calor es muy baja, por ello este tipo de disposiciones deberá ser tratada delicadamente ya que al haber áreas de fique demasiado grandes se puede llegar a tener puntos de menor temperatura de polímero, afectando la muestra.



Figura 4: Compuesto con disposición de fibra al azar.

Esta muestra se trabajo con una longitud de fibra de 20 cm y 0.025mm de diámetro aproximado, con el fin de reducir en mayor proporcionalidad las zonas de áreas de gran tamaño y garantizar la transferencia de calor entre los pelets, logrando un contacto homogéneo del material viscoso.

En cuanto a la efectividad del método, se logra apreciar muestras de alta calidad, salvo a ciertas zonas a la muestra donde la transferencia de calor no alcanzo el punto fundición del polietileno, lo cual ocurrió en las zonas de los extremos, significando de 2 a 5% de la muestra afectada; en cuanto a la zona central, se presenta una distribución de temperatura adecuada.

3.2 Ensayo de tracción del compuesto

Se ensayaron cuatro probetas de cada configuración de material como se observa en las siguientes graficas.

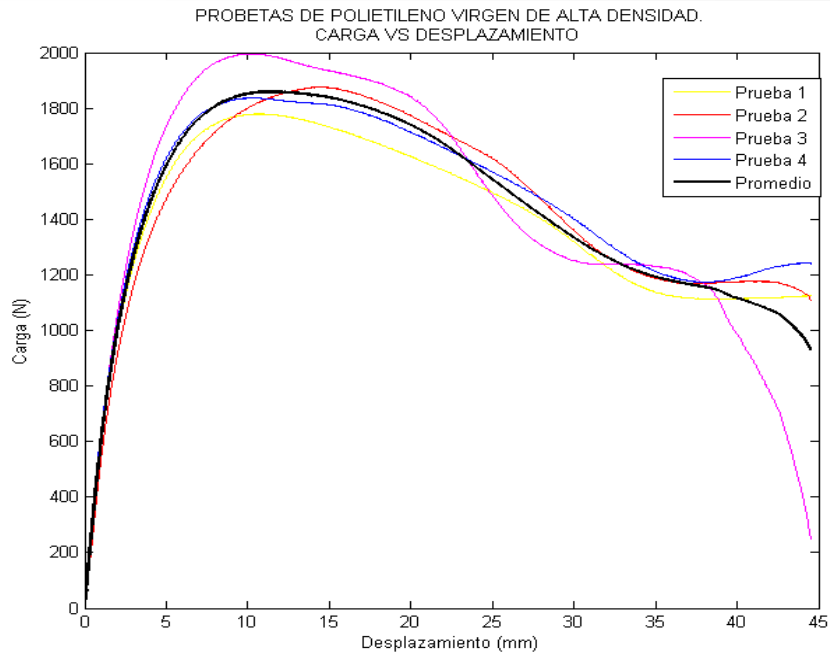


Figura 5: Curva Carga Vs Desplazamiento para el polietileno de alta densidad.

Para la figura 5 se observa las cuatro curvas de ensayo, cada una con tendencias similares, siendo la curva de color negro la promedio de los cuatro ensayo, sin presentar ningun cambio abrupto en la pendientes hasta lograr la carga maxima, dicho comportamiento similar evidencia la buena conformacion del material y la calidad obtenida.

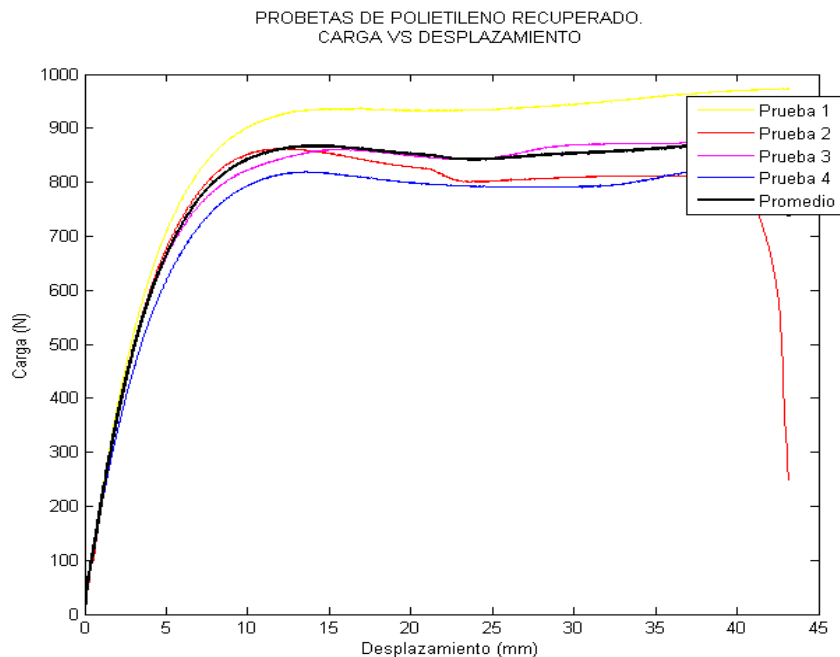


Figura 6: Curva Carga Vs Desplazamiento para el polietileno de recuperado.

Para el ensayo del polietileno recuperado sin refuerzo figura 6, se observa de manera similar al polietileno de alta densidad un recorrido similar de la curva, sin altergados que afecten de manera significativa el ensayo.

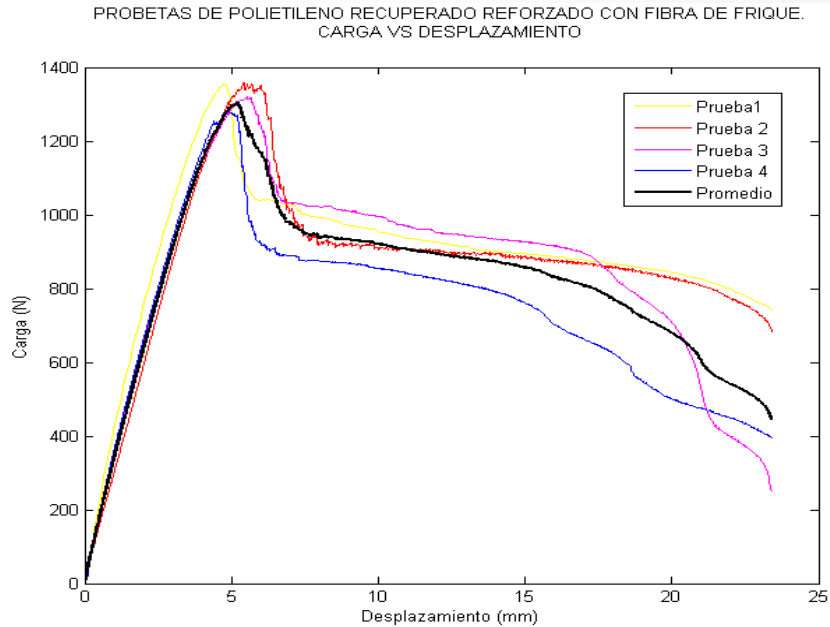


Figura 7: Curva Carga Vs Desplazamiento para el polietileno de recuperado y reforzado con fibras de fique. La figura 7 muestras de manera clara el efecto del fique en disposicion de cordel sobre el polietileno recuperado, y manteniendo linealidad entre curvas, inclusive al adherir materiales de desigual características dimensionales como lo son las fibras de fique, de esta manera se consigue viabilizar el metodo de minimo estres MSM, como una alternativa para investigaciones que consiernen este tipo de materiales.

En la figura 8 se compara las curvas promedio de los ensayos de polietileno recuperado y del compuesto polietileno recuperado/fique, observando de manera significativa la posibilidad de utilizar este tipo de refuerzo en matrices polimericas, y sus aplicaciones tanto en la industria ingenieril como en la cotidiana, abriendo de esta manera un nuevo campo de investigacion mas amable con el medio ambiente y con zonas economicas en decadencia, hablando de manera directa del sector fiquero por el lado rural, y el sector reciclador en las zonas urbanas.

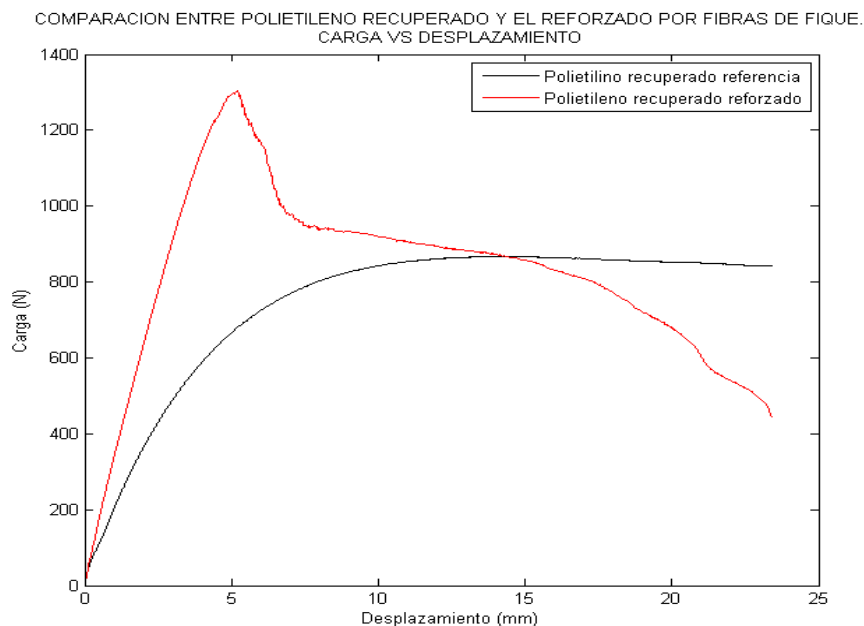


Figura 8: Curva Carga Vs Desplazamiento para el polietileno de recuperado y el reforzado con fibras de fique.

4. Conclusões

La conformación de este compuesto bajo el método MSM, permite una manera adecuada de obtención de muestras sin debilitar de manera drástica las propiedades iniciales de las fibras, al someterse a temperaturas y presiones mucho menores a las comúnmente utilizadas; con ello se logra un manejo preciso y confiable del material tratado. Además de la posibilidad de investigación de muchas más variables, en lo que concierne a polímeros granulados y fibras de baja resistencia a temperaturas elevadas, tanto naturales como sintéticas.

En análisis de materiales compuestos de matriz polimérica y refuerzos fibrilares, la disposición de las fibras juega un papel sumamente importante, y al trabajar en materiales granulados es casi imposible el correcto acomodo de estas debido a los métodos de fundición del polímero. Este trabajo logra unir dos aspectos fundamentales, el mínimo estrés físico-mecánico aplicado a las fibras de fique, antes, durante y después del procesado, así como la obtención del direccionamiento correcto de las fibras tanto al inicio como al final del procesado; con altas calidades del compuesto final.

Al utilizar este método de bajo estrés para las fibras, se eliminan factores como vibraciones producidas por el motor en métodos como extrusión o inyección; costos elevados de máquinas y moldes así como personal capacitado para operación ya que es un método de fácil operación y costos de máquina muy bajos a relación de los mencionados; no existe contaminación auditiva, además de uso de área de trabajo menor a medio metro cuadrado.

Posibilidad de obtener muestras desde un milímetro de espesor, hasta trece milímetros; considerando la transferencia de calor es posible estimar el tiempo requerido para la completa fundición del material

5. Referencias bibliográficas

- PAT, MANGONON.** *Ciencia de materiales: selección y diseño.* Naucalpan de Juárez, México: Prentice Hall, 2001.
- WALTER, M.** *Inyección de plásticos.* Barcelona: Gustavo Gili S.A., 1971.
- WILLIAM, S. & JAVAN, H.** *Fundamentos de la ciencia e ingeniería de los materiales.* (4a.ed.) México D.F.: McGraw Hill, 2004.
- ASKELAND, D. & FULAY, P.** *Fundamentos de ingeniería y ciencias de materiales.* (2a.ed.) México D.F. Cengage learning inc., 2010.
- MANUEL, C.** *Manual de inyección de plásticos.* Junta de Andalucía: Consejería de educación. 2010.
- MIN ZHI R., MING QIU Z., YUAN L., GUI CHENG Y. & HAN MIN Z..** *The effect of fiber treatment on the mechanical properties of unidirectional sisal-reinforced epoxy composites: Composites Science and Technology.* 2001.
- DEYANIRA, M. & GERARDO, C...** *El fique como aislante térmico. Recuperado de <http://api.ning.com/files/0Uk6rDNZCIJTCqfev9vfAwV6P3zKifkdxWzsXUcQytu7D9FIMKcodmTgMDteFyNYuI1trjn1fzeGDPF3vTTcy1bv3Zejs91/ELIFIQUECOMO AISLANTE TERMICO.pdf>.* 2007.
- D'ALMEIDA A. L. F. S., J. R. M. D'ALMEIDA, D. W. BARRETO, V. CALADO.** *Effect of surface treatments on the thermal behavior and tensile strength of piassava fibers, Journal of Applied Polymer Science, Vol. 120, 2508–2515.* 2011.
- LI, YAN., MAI, YIU.-WING., E YE, LIN.** *Sisal fibre and its composites: a review of recent developments. Composites Science and Technology, 60, 2037–2055,* 2000