

Incorporación de lodos papeleros como cargas en materiales poliméricos

Revista Soluciones de Postgrado EIA, Número 12. p. 119-127. Envigado, enero-Junio de 2014

Adriana M. Quinchía-Figueroa*

Marco Valencia-García**

Juliana Uribe Castrillón***

* Grupo IGEA Escuela de Ingeniería de Antioquia. Correo electrónico: aquinchia@eia.edu.co

** Grupo MAPA Escuela de Ingeniería de Antioquia. Correo electrónico: pfmaival@eia.edu.co

*** Grupo IGEA Escuela de Ingeniería de Antioquia. Correo electrónico: amjuuri@eia.edu.co

INCORPORACIÓN DE LODOS PAPELEROS COMO CARGAS EN MATERIALES POLIMÉRICOS

Adriana M. Quinchía-Figueroa, Marco Valencia-García, Juliana Uribe Castrillón

Resumen

El interés por valorizar los lodos papeleros se basa en la alta generación que estos tienen y sus respectivos efectos negativos para el ambiente. En este estudio, se evaluó la incorporación del lodo como carga en materias primas poliméricas comerciales (polivinil cloruro cristal, polietileno y resinas poliéstericas), considerando porcentajes industriales. Las pruebas realizadas (resistencia mecánica ASTM D-790-638, dureza-ASTM D-2583, abrasión D-4060, fricción D-1894 y densidad), mostraron que el lodo puede reemplazar la carga tradicional, superando el porcentaje de aplicación normal sin comprometer la calidad del producto.

Palabras claves: lodos papeleros; polímeros; valorización; residuos industriales.

INCORPORATION OF PAPERMAKING SLUDGE AS FILLERS IN POLYMERIC MATERIALS

Abstract

Interest in assessing the papermaking sludge is based on the high generation that they have and their negative effects on the environment. In this study, the addition of sludge as a charge in raw material in commercial polymer (polyvinyl chloride, glass, polyethylene, and polyester resins) was evaluated, considering industrial percentages. Tests (mechanical strength ASTM D-790-638 Hardness ASTM D-2583, D-4060 abrasion, friction and density D-1894) showed that the sludge can replace traditional load, overcoming the normal application rate without compromising product quality.

Keywords: Papermaking sludges; Polymers; Recovery; Industrial waste

INCORPORAÇÃO DE LODO DE FABRICAÇÃO DE PAPEL COMO CARGA EM MATERIAIS POLIMÉRICOS

Resumo

O interesse em avaliar os lodos de produção de papel baseia-se na alta geração que eles têm e os efeitos negativos sobre o meio ambiente. Neste estudo, a taxa de adição de lamas como matéria-prima em polímero comercial (cloreto de polivinilo, vidro, polietileno, e as resinas de poliéster) foi avaliada, considerando percentagens industriais. Os testes (a força de ASTM D-790-638, de dureza ASTM D-2583-, abrasão-D-4060, D-1894 de atrito e densidade) mostraram que a lama pode ser substitua carga tradicional, superando a taxa de aplicação normal, sem comprometer a qualidade do produto.

Palavras-chave: Lodos de papel; Polímeros; Recuperação; Resíduos industriais.

Incorporación de lodos papeleros como cargas en materiales poliméricos

Adriana M. Quinchía-Figueroa, Marco Valencia-García, Juliana Uribe Castrillón

Recibido: 20 de noviembre de 2013. Aprobado: 11 de junio de 2014
Revista Soluciones de Postgrado EIA, Número 12, pp. 119-127. Envigado, enero-junio de 2014

1. Introducción

La industria productora de papel tissue cuenta con plantas de tratamiento para sus efluentes, las cuales permiten remover la carga contaminante de sus aguas; estos sistemas generan un residuo denominado «lodo», el cual es una mezcla de sólidos sedimentados a base de caolín y fibras de celulosa, fundamentalmente (Irwin, 2004).

En la actualidad se han estudiado múltiples alternativas de valorización entre las cuales se incluyen aplicaciones como aditivo en mezclas de concreto, absorbentes de materiales peligrosos, aplicación directa al suelo y combustión entre otras. En Medellín, aplicaciones como producción de ladrillos, compostaje, recuperación de suelos degradados, camas avícolas y equinas, se consume anualmente un promedio del 9 % de la producción (Inrwin, 2011), dejando una gran parte para su disposición final. Sin embargo, dadas las características del lodo papelerero, es necesario proponer usos que no solo representen un consu-

mo en masa del residuo, sino que también permitan su aplicación novedosa en alternativas viables y necesarias para el medio (Quinchía, 2005).

En este sentido la EIA, y en su nombre los grupos de investigación IGEA y MAPA, adelantaron un estudio donde se evaluó la posibilidad de sustituir la carga que industrialmente se emplea en polímeros comerciales con los lodos de papel, y se evaluaron propiedades importantes para aplicaciones con polímeros de alto uso como polivinil cloruro cristal, polietileno y resinas poliestéricas (RP) en la elaboración de materias primas para la industria del calzado, las maderas plásticas, construcción y decoración, entre otros.

El desarrollo de esta nueva aplicación implica un estudio tanto del lodo, como de los posibles polímeros con los cuales se realizaron las mezclas. Asimismo se evaluaron las propiedades de cada mezcla como parámetro de comparación con materiales que se encuentran disponibles en el comercio.

2. Materiales y métodos

2.1 Materiales y equipos

El lodo de papel fue suministrado por la empresa Papeles Familia S.A; el polietileno (PE) utilizado es producto del reciclado de cajas, baldes, mangueras, entre otros, el cual fue proporcionado por una empresa de reciclaje de la ciudad de Medellín; mientras que el polivinil cloruro cristal (PVC), el carbonato de calcio (CaCO_3) son los que se emplean actualmente en la industria. Este último se agrega normalmente como carga para ser mezclado con el PVC y la resina poliestérica de uso general.

Para cargar los polímeros se emplearon dos extrusoras; la primera para las piezas de polietileno, con mezclas de lodo al 50 % y con zonas de calentamiento de 180° - 190° - 200°C y una velocidad del tornillo extrusor de 95 rpm; mientras que la segunda fue dispuesta para elaboración de *pellets*, utilizando mezclas comerciales de PVC (90 %)/ CaCO_3 (10 %) y las muestras a estudiar de PVC (80 %)/Lodo(20 %) con temperaturas de calentamiento de 110°- 115° - 125° - 130° y 135°C y una velocidad del tornillo extrusor de 120 rpm. Para la conformación de piezas de PVC

/lodo se usó una inyectora con zonas de calentamiento de 125° - 130° - 135° - 140°C y velocidad de tornillo de 120 rpm. Todos los ensayos se realizaron por triplicado.

2.2 Proceso

- **Caracterización del material:** La caracterización del lodo y de las mezclas se basó en pruebas de Infrarrojo con Transformada de Fourier (FTIR) y de microscopía electrónica de barrido (SEM) para establecer la morfología y algunas variaciones a partir de las diferentes mezclas lodo/polímero y lodo/resina de sus muestras de referencia.

- **Elaboración de las probetas:** Para la fabricación de las probetas se tomó el lodo, seco según norma TAPPI 257, se molió en un molino de cuchillas y se tamizó por malla #30; se mezcló posteriormente con PE, PVC y RP, tomando como blancos el PE, PVC, y (CaCO_3 + fibra de vidrio)/ RP, bajo los porcentajes establecidos en la **Tabla 1**. Se conformaron las piezas iniciales mediante extrusión e inyección para luego de cada una de ellas extraer probetas de medidas 6mm x 6 mm x 130mm.

Tabla 1. Porcentajes de mezclas de las probetas

Lodo/PE	Lodo/PVC	CaCO_3 /PVC	PVC	Lodo/RP	(CaCO_3 + fibra vidrio)/RP
50/50	20/80	10/80	100	50/50	50/50

- **Pruebas realizadas:** para determinar las características de las probetas conformadas se realizaron pruebas de flexión, tracción, fricción, dureza y densidad, bajo los estándares de la ASTM, los resultados se muestran en la **Tabla 2**.

3. Resultados

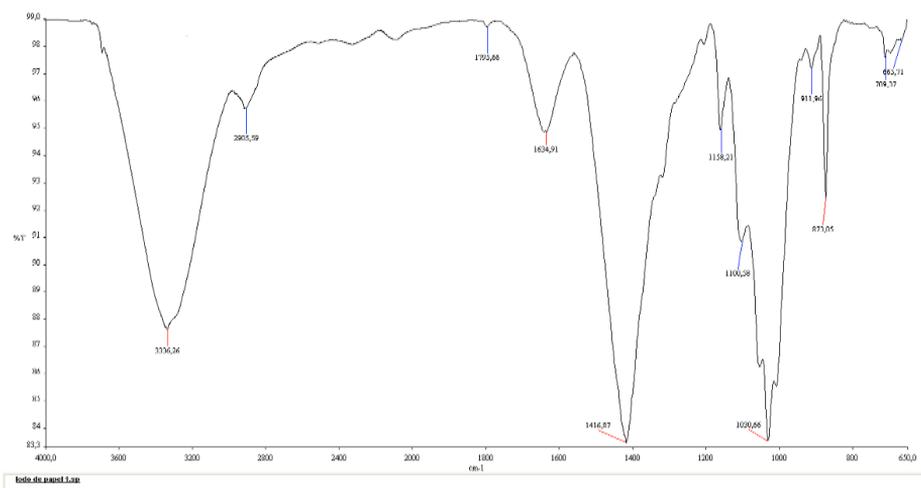
La prueba de FTIR para el lodo se muestra en la **Figura 1**. El espectro presenta una vibración débil característica de grupo OH alcohólico en el punto $3336,26\text{ cm}^{-1}$, que se corrobora más adelante con un pico de absorción en 2905 cm^{-1} , ambos ubicados en la región del hidrógeno. Se presenta en esta región ($4000 - 2700\text{ cm}^{-1}$) enlaces simples del tipo alcano o alqueno. En la región de huella digital ($1500 - 400\text{ cm}^{-1}$), se presenta un pico en $1416,87\text{ cm}^{-1}$ con enlaces CH-OH, presencia de los grupos etilo,

n-propilo, ésteres y alcohol secundario en el pico $1159,21\text{ cm}^{-1}$. Esta información se corrobora con el pico en $1030,66\text{ cm}^{-1}$ propio de alcohol primario y ésteres. Alrededor de $873,05$ se presenta una vibración que indica concentración de etilo y n-propilo en la molécula.

El espectro de absorción del compuesto permite caracterizarlo como un material con contenido de grupos carboxilos, cadenas cerradas de carbono sin dobles enlaces, lo que posiblemente está asociado a moléculas de celulosa.

En cuanto a la morfología superficial de las muestras presentadas en la **Figura 2**, se observan las imágenes de microscopía electrónica de barrido, donde se aprecian espacios porosos propios de materiales celulósicos 2h.

Figura 1. Espectro de Infrarrojo con Transformada de Fourier para el lodo de papel



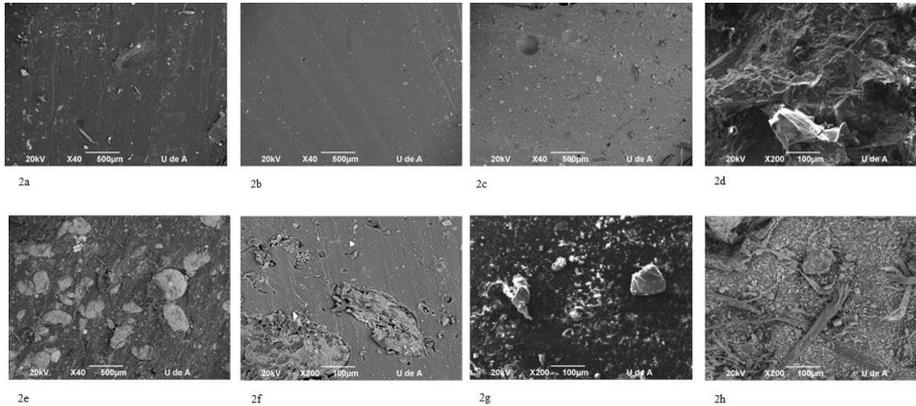


Figura 2. Imágenes de SEM de las mezclas: **a)** PE, **b)** PVC, **c)** CaCO₃/PVC, **d)** CaCO₃ +FV/RP **e)** lodo/PE, **f)** lodo/PVC, **g)** Lodo/RP, **h)** lodo

Tabla 2. Resultados de las pruebas realizadas a las diferentes mezclas

	PRUEBA			MEZCLAS			
	Lodo/PE (50/50)	PE (100)	LODO/PVC (20/80)	CaCO ₃ /PVC (10/80)	PVC (100)	LODO/RP (50/50)	CaCO ₃ +FV/RP (50/50)
Esfuerzo de Flexión (Mpa)	7,03 ± 1,6	16,67 ± 1,57	NA	NA	NA	31,45 ± 1,29	26,80 ± 0,51
Coefficiente de fricción dinámico (N/N)	0,44 ± 0,00	0,34 ± 0,01	0,93 ± 0,10	0,82 ± 0,01	0,90 ± 0,01	0,43 ± 0,03	0,60 ± 0,07
Coefficiente de fricción estático (N/N)	0,26 ± 0,02	0,31 ± 0,02	0,84 ± 0,08	0,82 ± 0,02	0,81 ± 0,04	0,345 ± 0,06	0,50 ± 0,05
Esfuerzo de tracción (Mpa)	4,41 ± 0,08	8,47 ± 0,85	5,00 ± 0,01	6,40 ± 0,15	6,40 ± 0,89	NA	NA
Dureza Shore	59,00 ± 1,00 ^D	58,00 ± 1,00 ^D	70,00 ± 5,00 ^A	60,00 ± 3,00 ^A	60,00 ± 5,00 ^A	83,67 ± 0,58 ^D	87,67 ± 0,58 ^D
Abrasión mm ³	NA	NA	353,33 ± 1,53	317,00 ± 2,00	310,00 ± 2,00	NA	NA
Densidad (gcm ⁻³)	1,10±0,01	0,85 ± 0,03	1,21 ± 0,02	1,19 ± 0,02	1,18 ± 0,01	1,25 ± 0,03	1,35 ± 0,01

NA: No Aplica

Las **Figuras 2a, 2b, 2c y 2d** son las muestras tomadas como patrones de referencia teniendo en cuenta materiales y cargas comerciales. Las **Figuras 2e, 2f, y 2g** son las mezclas del lodo con los ma-

teriales propuestos. En ellas se evidencia una buena adhesión interfacial entre las fibras de lodo y las matrices poliméricas.

En la **Tabla 2** y en la **Figura 3**, se presentan los resultados obtenidos en las

pruebas mecánicas y físicas realizadas a las probetas; en ellas se observan los valores alcanzados para las pruebas de flexión, fricción, tracción, dureza, resistencia a la abrasión y densidad. Se puede observar que las densidades de los compuestos presentan un incremento, excepto en la mezcla lodo/RP, en la cual hay una reducción del 8 % manteniendo las condiciones de dureza sin cambios significativos.

De las combinaciones realizadas del lodo con las materias primas poliméricas, se pudo observar que con polímeros como el PE, la adición de cargas genera una reducción de las propiedades mecánicas. Para el caso del PVC, la variación en las propiedades

mecánicas permite concluir que el lodo puede reemplazar la carga que se utiliza industrialmente, como lo es el carbonato de calcio, teniendo en cuenta que la cantidad de lodo fue duplicada con respecto a la carga tradicional. En cuanto a la mezcla de lodo/RP, se puede concluir que el principal cambio se observa en el aumento de la resistencia a la flexión, de forma similar a lo reportado por Bengtsson *et al.* (2007) y Riyajan, S. *et al.* (2012)

Según la **Figura 3a, 3b y 3c**, el lodo puede presentar un incremento en la resistencia a la fricción cuando es mezclado con la RP, lo que puede reportar menor desgaste de elementos fabricados a partir de este compuesto.

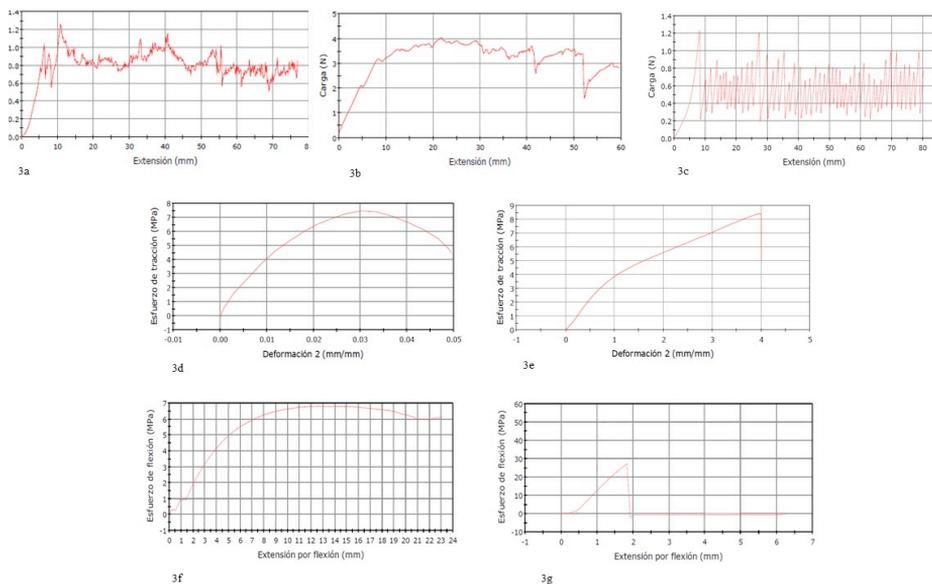


Figura 3. Pruebas físicas y mecánicas de las mezclas: a) Fricción de Lodo/PE, b)Fricción de Lodo/PVC c)Fricción de Lodo/RP, d) Tracción de lodo/PE e), Tracción de lodo/PVC, f) Flexión de Lodo/PE, g) Flexión Lodo/RP



Figura 4. a) Pellets de CaCO_3/PVC , b) Pellets lodo/PVC

Para el caso del lodo/PVC, se corrobora que un aumento en el coeficiente de fricción dinámico se correlaciona con el incremento en la abrasión reportado en la **Tabla 2**.

A pesar de que la celulosa y las fibras procedentes de residuos maderables han sido empleadas como cargas en múltiples usos, la generación de pellets a escala industrial ha sido uno de los retos más relevantes en el desarrollo de este estudio, lo cual se logró a partir de las mezclas de lodo de papel con PVC, superando en un 10 % las cargas tradicionalmente empleadas para elementos no estructurales. Ver **Figura 4**.

4. Conclusiones

La evaluación de la incorporación del lodo papero como carga en materias primas poliméricas comerciales, considerando porcentajes industriales, mostró que éste puede reemplazar la carga tradicional, superando el porcentaje de aplicación normal sin comprometer la calidad del producto y sus propieda-

des. Este estudio mostró que el lodo de papel mezclado con polímero como el PVC, permite ser peletizado para luego ser manufacturado en productos industriales. El proceso de mezclado del lodo/PE dio como resultado productos que pueden ser empleados a nivel doméstico e industrial.

Referencias

- ASTM International. D790. Standard Test Methods for Flexural Properties. 2010. DOI: 10.1520/D0790-10.
- ASTM International. D638. Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics. 2010. DOI: 10.1520/D0638-10.
- ASTM International. D 2583 Standard Test Method for Indentation Hardness of Rigid Plastics by Means of a Barcol Impressor. 2007. DOI: 10.1520/D2583-07.
- ASTM International. D4060. Standard Test Method for Abrasion Resistance of Organic Coatings by the Taber Abraser. 2010. DOI: 10.1520/D2583-10
- ASTM International. D1894. Standard Test Method for Static and Kinetic Coefficients of Friction of Plastic Film and Sheeting. 2011 DOI:

- Bengtsson, M. Le Baillif, M. & Oksman, K. (2007). Extrusión and mechanical properties of highly filled cellulose fibre-polypropylene composites. *Composites Part A*. 38, 1922 – 1931.
- Irwin, S. & Uribe A. (2004). Guía para la evaluación de sitios para la disposición de residuos papeleros en suelos. Medellín, Proyecto de Grado. Ingeniería Ambiental. Escuela de Ingeniería de Antioquia.
- Quinchia, A., Restrepo, C. & Betancourt G. (2005). Análisis prospectivo de aprovechamiento y disposición de lodos provenientes de industrias papeleras. Escuela de Ingeniería de Antioquia. Medellín. 180 p.
- Riyajan, Sa-Ad, Intharit, I. Tangboriboonrat, P. (2012). Physical properties of polymer composite: Natural rubber glove waste/polystyrene foam waste /cellulose. *Industgrail Crops and products*. 36 376 - 382