



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“Propuesta para uso de fibras de queratina como refuerzo para resina poliéster”

Trabajo de investigación para optar al grado de:

Ingeniero Ambiental

Autor:

Muñoz Vilchez Jherson Luis

Asesor:

Mg. Ing. Gary Cristiam Farfán Chilicaus

Cajamarca - Perú

2017

## Tabla de contenido

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	2
ACTA DE EVALUACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	9
RESUMEN	10
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad problemática	12
1.2. Formulación del Problema	14
1.3. Justificación	14
1.4. Limitaciones	14
1.5. Objetivos	15
CAPÍTULO 2 MARCO TEORICO	16
2.1. Material compuesto con fibra natural	20
2.2. Matriz polimérica	21
2.3. Tipos de Resinas Poliéster	22
2.4. Cabello Humano	25
2.5. Características del cabello humano	26
2.6. Estructura del cabello humano	28
2.7. Mecanismo de adhesión de la interfase fibra – matriz	30

2.8.	Fractura en materiales compuestos	31
2.9.	Fractura en polímeros	33
2.10.	Moldeo por compresión	34
CAPÍTULO 3 METODOLOGIA		36
CAPÍTULO 4 RESULTADOS		44
CAPÍTULO 5 DISCUSIÓN		47
CONCLUSIONES		48
RECOMENDACIONES		49
REFERENCIAS		50
ANEXOS		54

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla N° 1.</b> Propiedades típicas de matrices termoestables y termoplásticas a temperatura ambiente.	22
<b>Tabla N° 2.</b> Diferencia en propiedades entre resinas de poliéster ortoftálico e isoftálico.	24
<b>Tabla N° 3.</b> Datos de la resistencia a la tracción obtenidos de probetas de compuestos reforzados con fibra de queratina al 5, 10, 15 y 20% en peso.	54
<b>Tabla N° 4.</b> Calculo de número de repeticiones y nivel de confiabilidad.	55
<b>Tabla N° 5.</b> Tabla de datos a calcular para el análisis de varianza unifactorial	55
<b>Tabla N° 6.</b> Análisis de varianza para los resultados del ensayo de tracción en muestras de compuestos reforzado con 5, 10, 15 y 20% en peso de fibra de queratina.	57
<b>Tabla N° 7.</b> Datos de la resistencia a la flexión obtenidos de probetas de compuestos reforzados con fibra de queratina al 5, 10, 15 y 20% en peso.	58
<b>Tabla N° 8.</b> Calculo de número de repeticiones y nivel de confiabilidad.	59
<b>Tabla N° 9.</b> Tabla de datos a calcular para el análisis de varianza unifactorial	59
<b>Tabla N° 10.</b> Análisis de varianza para los resultados del ensayo de flexión en muestras de compuestos reforzado con 5, 10, 15 y 20% en peso de fibra de queratina.	61
<b>Tabla N° 11.</b> Recetas para la preparación y caracterización de la resina poliéster	61
<b>Tabla N° 12.</b> Tiempos de gelacion de las recetas propuestas y realizadas del cuadro anterior.	61
<b>Tabla N° 13.</b> Dimensiones promedio de las probetas de impacto, a base de pura resina poliéster	62
<b>Tabla N° 14.</b> Resistencia al impacto de las recetas propuestas, en la preparación de la resina poliéster.	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura N° 1.</b> Material compuestos reforzado con 1) fibras unidireccionales 2) dispersas 3) partículas	20
<b>Figura N° 2.</b> Anatomía del cabello humano.	29
<b>Figura N° 3.</b> Estructura de un cabello humano.	29
<b>Figura N° 4.</b> Interface de la matriz/fibra.	31
<b>Figura N° 5.</b> Formación del pelado o desprendimiento (peel) y sus características superficiales.	32
<b>Figura N° 6.</b> (a) patrón de pluma revelando el frente de la grieta curvada (x 10 000); (b) Esquema del mismo	33
<b>Figura N° 7.</b> Moldeo por compresión para materiales termoestables.	35
<b>Figura N° 8.</b> Diagrama del procedimiento experimental.	38
<b>Figura N° 9.</b> Lavado de la fibra de queratina.	39
<b>Figura N° 10.</b> Secado de las fibras de queratina dentro de la estufa.	40
<b>Figura N° 11.</b> Limpieza del molde metálico.	40
<b>Figura N° 12.</b> Preparación de las recetas de resina para su caracterización mecánica (impacto)	41
<b>Figura N° 13.</b> Pesaje de resina poliéster.	41
<b>Figura N° 14.</b> Vertimiento de la resina dentro del molde metálico.	42
<b>Figura N° 15.</b> Superficies de fractura después del ensayo de tracción de los compuestos de resina poliéster y fibras de queratina sin tratamiento de mercerización. (a) 5% en peso, (b) 15% y (c) 20%. 40 X.	46
<b>Figura N° 16.</b> Resistencia al impacto y tiempo de gelacion de las diferentes recetas de la preparación de la resina poliéster.	63
<b>Figura N° 17.</b> Realización de la prueba de impacto de las probetas de resina poliéster.	67
<b>Gráfico N° 1.</b> Representación de los valores promedio de resistencia a tracción de los compuestos reforzados con fibra de queratina con porcentajes en peso de 5, 10, 15 y 20 %w	44
<b>Gráfico N° 2.</b> Representación de los valores promedio de resistencia a flexión de los compuestos reforzados con fibra de queratina con porcentajes en peso de 5, 10, 15 y 20 %w.	45

## RESUMEN

El presente trabajo lleva como título “Propuesta para uso de fibras de queratina como refuerzo para resina poliéster”, en el cual se pretende dar uso a los cabellos desechados de los diferentes centros de estética de la ciudad de Cajamarca, reutilizando estos desechos como refuerzo en un compuesto de matriz poliéster, para la elaboración de estos compuestos se usaron porcentajes en peso de fibra corta al azar de 5, 10, 15 y 20%, moldeados por el proceso hand lay-up.

Así mismo se realizaron pruebas de ensayos mecánicos con la finalidad de evaluar la influencia del porcentaje en peso de fibra de queratina en el compuesto sobre sus valores de resistencia a tracción y flexión bajo normas ASTM D-638-01 y ASTM D 790 – 03 respectivamente con un total de 15 muestras por cada ensayo. De los resultados obtenidos se halló que la resistencia a tracción y flexión se incrementa con respecto al incremento del porcentaje en peso de fibra, en tracción el valor promedio máximo es 112.44 MPa con un 20% en peso de fibra y un valor mínimo de 45.02 MPa al 5% en peso de fibra, esto representa un 147.76% menor respecto al valor máximo. Y la resistencia a la flexión máxima fue 102.01 MPa y mínima de 61.09 MPa, para compuestos reforzados con 20% y 5% en peso de fibra respectivamente.

**Palabras clave** Queratina, tracción, flexión, compuesto

## ABSTRACT

The present work is entitled "Proposal for the use of keratin fibers as reinforcement for polyester resin", in which it is the use of giving use to the discarded hair of the different aesthetic centers of the city of Cajamarca, reusing these debris as a reinforcement in a polyester matrix composite, 5, 10, 15 and 20% random short fiber weight percentages, molded by the hand lay-up process, were used for the preparation of these compounds.

Mechanical tests were also carried out in order to evaluate the influence of the weight percentage of keratin fiber in the compound on its tensile and flexural strength values according to ASTM D-638-01 and ASTM D 790-03 respectively with a total of 15 samples per test. From the results obtained it was found that the tensile and flexural strength increases with respect to the increase in the weight percentage of fiber, in tensile the maximum average value is 112.44 MPa with 20% by weight of fiber and a minimum value of 45.02 MPa to 5% by weight fiber, this represents 147.76% less than the maximum value. And the maximum flexural strength was 102.01 MPa and a minimum of 61.09 MPa, for compounds reinforced with 20% and 5% by weight fiber respectively.

**Keywords:** Keratin, traction, flexion, composite

## **NOTA DE ACCESO**

**No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales**



## REFERENCIAS

- Mwaikambo , L., Tucker N, N., & Clark , A. (2007). Mechanical properties of hemp fibereinforced euphorbia composites. *Macromol Mater*, 993–1000. Recuperado el 20 de Septiembre de 2017
- Abilash, N., & Sivapragash, M. (2003). Optimizing the delamination failure in bamboo fiber reinforced polyester composite. . *Engineering Sciences*, 92-102.
- American Society for Testing and Materials. (2009). Interfaces in composites. En A. S. Materials. Miami: Library of Congress Catalog Card Number.
- Arquero , B., Berzosa, A., García, N., & Monje, M. (10 de Noviembre de 2009). *Métodos de la investigación educativa*. Recuperado el 25 de septiembre de 2017, de [https://www.uam.es/personal\\_pdi/stmaria/jmurillo/InvestigacionEE/Presentaciones/Experimental\\_doc.pdf](https://www.uam.es/personal_pdi/stmaria/jmurillo/InvestigacionEE/Presentaciones/Experimental_doc.pdf)
- ASTM. (2012). Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics . *ASTM*, 1-13.
- Bigg, D. (2011). Journal Thermoplastic Composites. Material.
- Bledzki, A., & Gassan, J. (1999). Composites reinforced with cellulose based fibres. *ProgPolym Sci*, 221–274.
- Bledzki, A., & Gassan, J. (2010). Composites Reinforced with Cellulose Based Fibers. *EISevier*, 24(4), 22.1-274.
- Campos Alfaro, M., & Huacacolqui Cerdan, Y. (2016). *INFLUENCIA DE LA MODIFICACION QUIMICA DE SUPERFICIE Y EL PORCENTAJE EN PESO DE FIBRA Sansevieria trifasciata SOBRE LA RESISTENCIA AL IMPACTO, DE UN COMPUESTO DE MATRIZ POLIÉSTER*. trujillo: universidad nacional de trujillo.
- Cerna Varela, J., & Abanto Cruz, E. (2015). *INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE HIDRÓXIDO DE SODIO DEL TRATAMIENTO DE MERCERIZACIÓN SOBRE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE UN COMPUESTO DE MATRIZ POLIÉSTER REFORZADA CON FIBRA DE FIQUE, OBTENIDO MEDIANTE MOLDEO POR TRANSFERENCIA DE RESINA*. Trujillo: universidad nacional de trujillo.
- Cornes , P., Smith, K., & Haward, R. (2012). Plastic fracture. *Polym Phys Ed*.

- Domenech, X. (2008). *Química Ambiental el Impacto de los Residuos Sólidos*. Madrid - España: Ediciones Miraguano.
- Joseph, P., Kuruvilla, J., & Seemon, T. (2003). The thermal and crystallisation studies of short sisal fibre reinforced polypropylene composites. *Appl Sci Manuf*, 3, 253–266.
- Kinloch, A., & Young, R.J. , R. (1985). *Fracture Behaviour of Polymers*. London.
- Klason, C. (2010). Cellulose in Polymer Composites. *Composites Systems from Natural and Synthetic Polymers. IV(14)*.
- Leão, A., & Carvalho, F. (2010). *Lignocellulosic -Plastics Composites*. Sao Paulo: UNESP.
- Manikandan Nair, K., Thomas, S., & Groeninckx, G. (2001). Thermal and dynamic mechanical analysis of polystyrene composites reinforced with short sisal fibres. *elsevier*, 2519–2529.
- Materiales compuestos en automoviles*. (5 de Abril de 2017). Obtenido de <http://www.nanotubo.com.ar/nota.php?id=10>
- Miravete, A., & Cuartero, J. (2003). *Materiales compuestos*. Zaragoza: ANTONIO MIRAVETE DE MARCO.
- Mishra, S., Mohanty, A., Drzal, L., Misra, M., Nayak, S., & Tripathy, S. (2003). Studies on mechanical performance of biofibre/glass reinforced polyester hybrid composites. *elsevier*, 1377–1385.
- MJ, J., & Anandjiwala, R. (2008). Recent developments in chemical modification and characterization of natural fibre-reinforced composites. *Polym Compos*, 187–207.
- Mohd Yussni, H., Mohd Nazrul, R., Azriszul Mohd, A., & Ahmad Mujahid, A. (2012). Mercerization Treatment Parameter Effect on Natural Fiber Reinforced Polymer Matrix Composite: A Brief Review. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 7.
- Murray, J., & Hull, D. (2010). Fracture surface of polystyrene: mackeral pattern'. *Polym Sci A-2*, 583.

- Mwaikambo, L., & Ansell, M. (2006). MWAIKAMBO. Mechanical properties of alkali treated plant fibres and their potential as reinforcement materials. I. Hemp fibres. *Journal of Materials Science*, 41, 2483-2496.
- Mwaikambo, L., & Ansell, M. (2008). Chemical Modification of Hemp, Sisal, Jute, and Kapok fibers by Alkalization. *Elsevier - Journal of Applied Polymer Science*. Bath., 84(12), 2225-2232.
- Neira Casana, R., & Quiroz Grados, E. (2016). *Influencia de la concentración de NaOH del proceso de mercerización en fibras de pseudotallo de plátano, sobre la resistencia a la tracción, en un compuesto de matriz poliéster insaturado*. Trujillo- Peru: Universidad nacional de trujillo.
- Pickering, K., Li, Y., & Farrell, R. (2007). Interfacial modification of hemp fibre reinforced composites using fungal and alkali treatment. *Biobased Mater Bioenergy*, 109–117.
- Pluddemann. (2015). *Composites Materials*. VI.
- Prasad, S., & Pavithram, C. (2010). Alkali Treatment of Coir Fibers for Coir – Polyester Composites. *Elsevier - Journal of Materials Science*, 1443- 1454.
- Purslow, D. (2010). Some fundamental aspects of composites fractography. *Composites* 12, 241-247.
- Purslow, D. (Octubre de 2010). Matrix fractography of fibre-reinforced epoxy composites. *Composites*, 17(4), 289-303.
- Purslow, D. (2010). 'The application of composites fractography to the investigation of a wind tunnel model'. *Royal Aircraft Establishment*, 256-300.
- Ray, E., Sakar, B., Rana, A., & Bose, N. (2010). Effect of Alkali Treated Jute Fibres on Composite Properties, *Bull Mater. Elsevier*, 24(2), 129-135.
- Scrivener Publishing. (16 de Diciembre de 2015). *The Heart of Natural Fiber Composites: Adhesion at the Interface*. Recuperado el 20 de agosto de 2016, de <http://www.scrivenerpublishing.com/wordpress/?tag=ifss>
- Stupenengo, F. (2011). *Materiales y materias primas: Materiales compuestos*. Recuperado el 16 de agosto de 2016, de <http://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2012/11/materiales-compuestos.pdf>

- Tapia, C., Paredes, C., & Simbaña, A. (2008). Aplicación de las Fibras Naturales en el Desarrollo de Materiales Compuestos y como Biomasa. *Revista Tecnológica ESPOL*, 19(1), 113-120.
- TDP. (3 de Octubre de 2011). *Moldeo por Compresión*. Recuperado el 25 de agosto de 2016, de <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.pe/2011/10/moldeo-por-compresion.html>
- Wambua, P., Ivens, J., & Verpoest, I. (2013). Natural Fibres: Can they Replace Glass in Fibre Reinforced Plastics. *Elsevier*, 1259-1266.
- Wang, H., Kabir, M., Lau, K., & Cardona, F. (2012). Chemical treatments on plant-based natural fibre reinforced polymer composites: An overview. *ELSEIVER*, 2883-2892.
- Wigodski, J. (14 de Julio de 2010). *Metodología de la Investigación*. Recuperado el 26 de Septiembre de 2017, de <http://metodologiaeninvestigacion.blogspot.pe/2010/07/poblacion-y-muestra.html>
- Yamini, S., & Young, R. (1980). 'The mechanical properties of epoxy resins --2. *JMater Sci*.