

---

**PROPUESTA DE NUEVO MATERIAL PARA SUSTITUCIÓN DE LOS  
RASTRILLOS EN TRANSPORTADORES DE BAGAZO DE LA  
INDUSTRIA AZUCARERA**

**PROPOSAL FOR NEW MATERIAL FOR THE REPLACEMENT OF RAKES IN  
BAGASSE CONVEYORS IN THE SUGAR INDUSTRY**

*Kirenia Abreu González<sup>1\*</sup> y Enrique Suárez González<sup>2</sup>*

---

<sup>1</sup> *Departamento de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería Mecánica e Industrial, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Carretera a Camajuani, Km 5 ½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.*

<sup>2</sup> *UEB APA "Heriberto Duquesne". Batey "Heriberto Duquesne", Remedios. Villa Clara.*

Recibido: Marzo 8, 2017; Revisado: Abril 13, 2017; Aceptado: Mayo 17, 2017

---

**RESUMEN**

El objeto de estudio de este trabajo se basa en la propuesta de un nuevo material para sustituir los rastrillos de los transportadores de bagazo de la industria azucarera; como solución a la práctica actual de sustituir los rastrillos convencionales de madera por la variante de tubos laminados y viga canal. El uso de estos últimos aumenta el peso en los transportadores y provoca un mayor consumo de energía, además al ocurrir una sobrecarga trae consigo mayores roturas y el aumento de los costos en las interrupciones. Se obtuvo experimentalmente el valor de la resistencia a la flexión estática de los materiales convencionales (*PinusCaribaea* y el *Lysiloma Bahamensis*), con valores de resistencia máxima a la flexión estática ( $FH$ ),  $FH= 113,19\text{MPa}$  y  $FH = 46,33\text{MPa}$  respectivamente. Para la sustitución de los rastrillos, se propone un material compuesto matriz polimérica, de fibra de Bambú con nudo, con corteza y sin tratamiento (*BCCCNST*) y una matriz de resina de poliéster. El límite de rotura para *BCCCNST* es de  $116\text{MPa}$  y para la resina de poliéster puede ir desde 80 hasta  $150\text{MPa}$ , por lo que ambos poseen propiedades dentro de los rangos requeridos para esta aplicación. Al realizar una comparación de la potencia necesaria para diferentes escenarios, se detectó que en todos los casos la potencia instalada está por encima de la necesaria, por lo que se recomienda la sustitución del motor por uno de menor capacidad.

**Palabras clave:** transportadores de bagazo, rastrillos, nuevo material.

---

Copyright © 2017. Este es un artículo de acceso abierto, lo que permite su uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada.

---

\* Autor para la correspondencia: Kirenia Abreu, E-mail: [kireniaag@uclv.edu.cu](mailto:kireniaag@uclv.edu.cu)

## **ABSTRACT**

The object of study of this work is based on the proposal of a new material to replace the rakes of the bagasse conveyors of the Sugar Industry; as a solution to the current practice of replacing conventional wooden rakes by the variant of laminated tubes and channel beam. The use of these last ones increases the weight in the conveyors and causes a greater consumption of energy; in addition, an overload could bring with it bigger breakages and the increase of the costs in the interruptions. The value of the resistance to the static flexion of conventional materials (like *Pinus Caribaea* and *Lysiloma Bahamensis*), with values of maximum resistance to the static flexion (*FH*):  $FH = 113,19\text{MPa}$  y  $FH = 46,33\text{MPa}$  respectively, was obtained experimentally. For the substitution of the rakes, a polymeric matrix composite material of Bamboo fiber with knot, with bark and without treatment (*BCCCNST*) and a matrix of polyester resin is proposed. The breaking limit for *BCCCNST* is 116 MPa and for the polyester resin it can range from 80 to 150 MPa, so that both have properties within the ranges required for this application. When comparing the power required for different scenarios, it was detected that in all cases the installed power is above the necessary, so it would be advisable to replace the motor with one of smaller capacity.

**Key words:** conveyors of bagasse, rakes, new material.

## **1. INTRODUCCIÓN**

En la actualidad existe una tendencia mundial al uso de las fibras naturales como material de refuerzo en materiales compuestos. Los materiales compuestos presentan una favorable relación resistencia-peso y rigidez-peso, son resistentes a la corrosión, térmicamente estables y resultan especialmente adecuados para estructuras en las que el peso constituye una variable fundamental en el proceso de diseño. Los componentes estructurales que requieren gran rigidez a los impactos, formas complejas y considerable volumen de producción resultan ideales para ser fabricados a partir de materiales compuestos. Por ello, su utilización en la fabricación de piezas para la industria aeronáutica, aeroespacial, naval y de automóviles se ha extendido en los últimos años, Askeland (2004).

Tomando como iniciativa la problemática existente en la industria azucarera cubana, en la sustitución de los rastrillos en los transportadores de bagazo, se propone una posible sustitución de estos por rastrillo fabricados de un material compuesto matriz polimérica. Esta resolvería el problema de las horas de parada por roturas, ya que al existir sobrecarga funcionarían como fusible y sería posible sustituir las por otra nueva en un corto intervalo de tiempo y disminuyendo el peso del transportador y el consumo de potencia. Trayendo consigo ahorros considerables por azúcar dejada de producir y el importante ahorro energético, Sorí (2007).

Se realiza un análisis del sistema de transportación de bagazo en la Empresa Azucarera "Heriberto Duquesne", el cual es necesario para conocer sobre la situación actual del sistema y proponer medidas que aumente su rendimiento mecánico y energético. Se realizó una observación del sistema de transportación en su funcionamiento. Se presta un mayor interés a los transportadores de rastrillo y no al de banda, ya que no es objetivo de esta investigación. Se establece como premisa conocer las propiedades mecánicas de los rastrillos convencionales en estos transportadores.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El sistema de transportadores en la manipulación del bagazo está compuesto por cinco transportadores de rastrillo y uno de banda. Su función es la de recibir el bagazo que proviene de los molinos, se transporta a los hornos y a la casa de bagazo, así como su retroalimentación en caso que no se estuviera moliendo caña como podía ser en la arrancada, para levantar presión, o para liquidar las existencias en casa de caldera cuando la molida esté detenida.

### 2.1. Características de los rastrillos utilizados

En la industria azucarera anteriormente se empleaban solamente los rastrillos convencionales de madera, ante la escasez de éstos se comenzaron a utilizar rastrillos de tubos laminados de 100 mm (4 pulgadas) de diámetro con raspillas de cabilla corrugada y viga canal No12.

En la tabla 1 se realiza un análisis en cuanto al peso de los rastrillos utilizados en los transportadores de bagazo donde se muestra un aumento considerable del peso por rastrillos cuando se utilizan distintos materiales.

**Tabla 1.** Análisis del peso de los rastrillos

<i>Tipo de Material</i>	<i>Peso (kg)</i>	<i>Peso (lb)</i>
Lysiloma bahamensis	5,44	12
Pinus caribaea	4,54	10
Viga Canal No12	6,80	15
Tubo Laminado	15,87	35

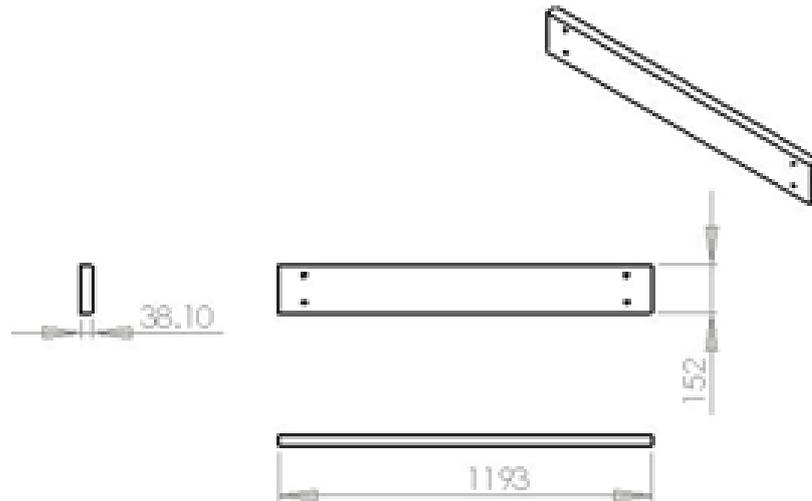
En la figura 1 se puede apreciar como en un mismo tramo del transportador pueden aparecer rastrillos de diferentes materiales.

Las variedades de madera mayormente utilizados en la industria azucarera cubana se encuentran en la clasificación de maderas duras y menos duras (no blandas), y dos de las variantes de mayor utilización han sido la de Lysiloma Bahamensis (Soplillo) y el Pinus Caribaea (Pino criollo). Actualmente la industria azucarera ha tenido que buscar nuevas variantes cuando se necesita reemplazar estos rastrillos y esto se debe al problema existente en la obtención, manejo y transporte de la madera. También existen otras agravantes y se relacionan con la toxicidad del Soplillo en su procesamiento, y la introducción del Pinus Caribaea en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión internacional para la conservación de la naturaleza UICN (2014). Esto ha traído como consecuencia, que se empleen de forma combinada otros materiales para los rastrillos como se muestra en la figura 1.



**Figura 1.** Combinación de madera, tubos laminados, viga canal

En la figura 2 se muestran sus vistas principales, así como sus dimensiones.



**Figura 2.** Dimensiones del rastrillo convencional

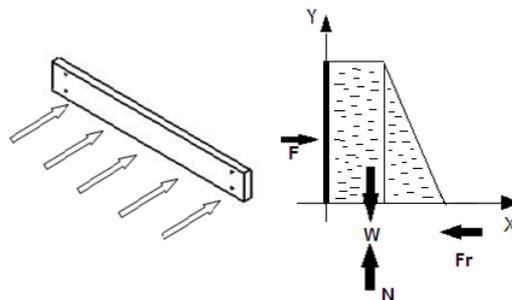
### 2.2. Principales cargas que actúan sobre un rastrillo en el transportador

Para realizar los cálculos correspondientes con las cargas que soporta un rastrillo, se toman en consideración las principales fuerzas que actúan.

W: Peso del bagazo en el transportador (kg); F: Fuerza del rastrillo sobre el bagazo (kN); Fr: Fuerza de rozamiento (kN)

N: Fuerza normal (kN);  $\mu_d$ : Coeficiente de rozamiento dinámico.

En la figura 3 se muestra las cargas que actúan sobre un rastrillo de forma distribuida y en la vista derecha se observa las principales fuerzas que actúan entre el rastrillo y el bagazo (Diagrama de fuerzas).



**Figura 3.** Vista de las cargas en un rastrillo.

Realizando sumatoria de fuerzas en los ejes de coordenadas se obtiene:

$$F = 0,172 \text{ kN}$$

Para el cálculo a la tensión máxima de flexión en el rastrillo se analiza según el gráfico de la Figura 4, obteniendo:

$$MF_{\text{máx}} = 5,1299 \text{ kN cm}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = 0,35 \text{ MPa}$$

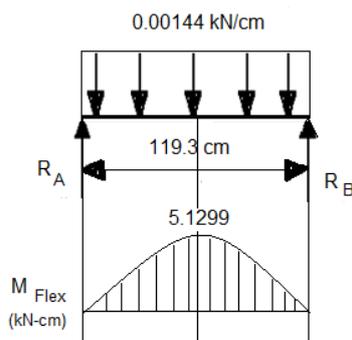


Figura 4. Gráfico de momento flector

### 2.3. Análisis de las propiedades mecánicas de los rastrillos convencionales

Para el análisis de las propiedades mecánicas de los rastrillos convencionales se utiliza el método de ensayo para la determinación de la resistencia máxima a la flexión estática, según la (Norma Cubana) NC 43-35:88, basa su método en la aplicación de una carga lentamente creciente al centro de una probeta colocada sobre dos puntos de apoyo, hasta la ruptura durante un tiempo de  $(1,5 \pm 0,5)$  min.

#### 2.3.1 Preparación de las probetas.

Para este trabajo se seleccionan dos tipos de madera la *Lysiloma bahamensis* (Soplillo) y la de *Pinus caribaea* (Pino criollo), ya que en la industria azucarera cubana fueron las de mayor utilización en los transportadores de bagazo. Las dimensiones de las probetas se preparan en forma de prismas rectos con una sección transversal cuadrada de 20mm de lado y una longitud, a lo largo de la fibra, de 300 mm, NC 43-35:88.

#### 2.3.2 Métodos para los cálculos (NC 43-35:88)

La resistencia máxima a la flexión estática,  $F_H$  (MPa), para un contenido de humedad (H), en el momento del ensayo, se calcula por la fórmula:

$$F_H = \frac{3P_{\text{máx}} \cdot L}{2bh^2} \text{ (MPa)} \quad (1)$$

Donde:

$P_{\text{máx}}$ : carga máxima de rotura, (N)

L: Distancia entre los centros de los soportes (mm).

b: ancho de la probeta (mm)

h: altura de La probeta (mm)

$L=280$  mm,  $b=20$  mm,  $h=20$  mm

Para la determinación de la carga máxima a la rotura se realiza la preparación de las probetas según NC 43-35:88, ya explicada anteriormente donde el ensayo se realiza para las probetas en peso anhidro (peso seco), para así conocer la máxima carga que soporta, según Smith (2004) mientras más humedad posee la madera menor será su resistencia.

Calculando la media de la carga máxima de rotura

$$P_{\text{máx}} = \frac{\sum P_{\text{Últimas}}}{N^{\circ}P} \quad (2)$$

Donde:  $N^{\circ}P$  se corresponde con el número de probetas que es igual a 24.

Para el *Pinus Caribaea*

$P_{\text{máx}} = 2,156 \text{ kN} = 2156\text{N}$  sustituyendo en (1) obtenemos

$$F_H = \frac{3P_{\text{máx}} \cdot L}{2bh^2} \text{ (MPa)}$$

$$F_H = \frac{3(2156) \cdot 280}{2(20)20^2} \text{ (MPa)}$$

$$F_H = 113,19 \text{ MPa}$$

Para el *Lysiloma bahamensis*

$P_{\text{máx}} = 0,882609\text{kN} = 882.6\text{N}$  sustituyendo en (1) se obtiene

$$F_H = \frac{3P_{\text{máx}} \cdot L}{2bh^2} \text{ (MPa)}$$

$$F_H = \frac{3(882,6) \cdot 280}{2(20)20^2} \text{ (MPa)}$$

$$F_H = 43,33 \text{ MPa}$$

De los valores obtenidos, se puede apreciar que el *Lysiloma bahamensis* (Soplillo) posee menor valor de resistencia a la flexión estática donde ( $F_H = 46,33\text{MPa}$ ), siendo una madera más dura y por lo cual es más frágil que el *Pinus Caribaea* (Pino criollo), con un valor de ( $F_H = 113,19\text{MPa}$ ).

#### **2.4 Principales deficiencias**

Con el uso de la viga canal No 12 y los tubos laminados ha provocado un mayor peso propio del órgano de tracción flexible y un mayor consumo de potencia en mover el transportador (ver Tabla 1).

Ante una sobrecarga por cuerpos extraños o desalineaciones, el rastrillo de madera sirve como “fusible” y su sustitución no es compleja. Con la sustitución por tubos o vigas canal, al producirse una sobrecarga, las roturas son significativas. Tienen esta magnitud ya que se desprenden las bases de los sprockets principales y ocurre el desmontaje de la cadena lo cual trae consigo un mayor tiempo de parada de la industria y de la necesidad de mayor cantidad de operarios de mantenimiento para reparar los daños ocasionados. O sea, que con la sustitución de los rastrillos de madera por tubos o vigas canal, los tiempos de paradas han aumentado y se han hecho costosas las interrupciones.

### **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **3.1 Sustitución de los rastrillos existentes por rastrillos de material compuesto matriz polimérica.**

Para realizar una propuesta de un nuevo material para los rastrillos en los transportadores de bagazo de la industria azucarera, se analiza las propiedades mecánicas del bambú, como fibra de refuerzo, y de la resina de poliéster para utilizarla como matriz. También se estudia la variación en el consumo de potencia de estos transportadores cuando se utilizan distintos materiales para los rastrillos.

### 3.1.1 Fibra

Como fibras naturales se entiende los materiales fibrosos que pueden extraerse de la naturaleza, principalmente están constituidos por celulosa y lignina, además de otros componentes en menor cantidad, por esta razón las fibras naturales también reciben el nombre de fibras lignocelulósicas. En la literatura, Rodríguez (2000), (Álvarez Castillo, y Salgado-Delgado, 2012), para tales aplicaciones se encuentran: El yute, lino, algodón, cáñamo, coco, bambú etc.

En la tabla 2, se muestra las producciones mundiales de algunos materiales expresados en toneladas métricas, De la Torre (2008). Comose puede observar la producción mundial del bambú está por encima del de la madera.

El bambú es conocido en Cuba como caña brava, y sin ser autóctono de esta geografía ha tenido una impresionante adaptación: sus varas maduras pueden llegar a crecer entre 18 y 20 centímetros diarios, estimuladas por la calidez y humedad del clima.

**Tabla 2.** Producción mundial de algunos materiales lignocelulósicos

<b>Material</b>	<b>Producción(<math>10^6T</math>)</b>
Bagazo	102200
<b>Bambú</b>	<b>30000</b>
Lino	2000
Yute	14730
Abaca	335
Sisal	500
Linters de algodón	68000
Madera	1069

El Centro de Investigación y Desarrollo de Estructuras y Materiales (CIDEM), de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, mediante un proyecto financiado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), promueve desde 2005 la extensión de la siembra y uso de los derivados del bambú en Cuba, principalmente en las regiones central y oriental del país. Entre los logros se cuentan 57 viveros, donde se han producido alrededor de un millón de posturas, sembradas en seis mil hectáreas por diversas cooperativas campesinas. La planta requiere aproximadamente cinco años para alcanzar su madurez y según los científicos el impacto medioambiental de su siembra es positivo, García (2011).

De la Torre (2008) y Mora (2009) determinan las propiedades físico-mecánicas de la fibra del Bambú sin corteza sin nudo con y sin tratamiento, la fibra de Bambú sin corteza con nudo con y sin tratamiento y finalmente la fibra del Bambú con corteza con y sin tratamiento.

La investigación se planifica considerando la fibra de bambú con los atributos antes definidos y que se pueden resumir genéricamente para su entendimiento de la siguiente manera:

- FBSNSCST: Fibra de Bambú sin nudo, sin corteza y sin tratamiento.
- FBSNSCCT: Fibra de Bambú sin nudo, sin corteza y con tratamiento.
- FBCNSCST: Fibra de Bambú con nudo, sin corteza y sin tratamiento.
- FBCNSCCT: Fibra de Bambú con nudo, sin corteza y con tratamiento.

- BCCSNST: Fibra de Bambú sin nudo, con corteza y sin tratamiento.
- BCCCNST: Fibra de Bambú con nudo, con corteza y sin tratamiento.

En la figura 5 se puede observar el comportamiento del límite de rotura para los diferentes materiales. El límite de rotura para el BCCCNST es de 116,23MPa por lo que esta fibra es adecuada para el desarrollo del nuevo material ya que el límite de rotura de la madera es de 113,19 Mpa para el Pinus Caribaea que es el que mayores valores nos ofrece de las dos maderas estudiadas. Con este valor se responde a las características requeridas, pues el objetivo es que la tabilla funcione como fusible en caso de sobrecargas.

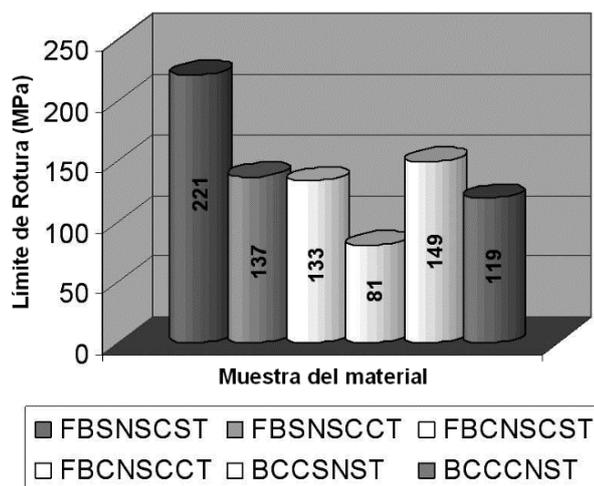


Figura 5. Comportamiento del Límite de Rotura

A continuación en la tabla 3 se pueden apreciar algunas de las propiedades físico-mecánicas para las diferentes muestras de BCCCNST.

Tabla 3. Algunas propiedades físico-mecánicas para las diferentes muestras de BCCCNST

<i>BCCCNST</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
<i>Límite de Rotura(MPa)</i>	118,7	<b>123,76</b>	116,23	118,61	120,14	119,488
<i>Coefficiente de Poisson</i>	<b>0,45</b>	0,43	0,42	<b>0,41</b>	0,43	0,43
<i>Módulo de Elasticidad (MPa)</i>	174358,9	175438,5	176842,1	<b>177777,7</b>	174285,7	175740,6

### 3.1.3 Matriz

Las matrices en los materiales compuestos, son los materiales que sirven para encapsular los refuerzos y transmitir los esfuerzos. Las resinas de poliéster no saturado constituyen la familia más importante de resinas termoestables utilizadas en materiales compuestos. Según De la Torre (2008) las resinas de poliéster no saturado son el sistema más versátil, pudiendo ser adaptado a multitud de procesos y necesidades. Las resinas de poliéster, son las más utilizadas debido a su buena relación calidad-precio, pueden combinarse con cualquier tipo de refuerzo y casi cualquier núcleo.

Según Smith (2004) dentro de esta familia hay gran variabilidad de propiedades, en las tablas 4 y 5 se muestran los rangos de valores para algunas propiedades intrínsecas y mecánicas. En la tabla 5 se observa que la resistencia a la flexión puede ir desde 80 hasta 150 MPa por lo que es adecuada para su utilización como matriz ya que esta propiedad está dentro de los rangos requeridos.

**Tabla 4.** Propiedades intrínsecas de la resina de poliéster

<b>Densidad (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,1 – 1,2
<b>Viscosidad 25° C (cP)</b>	150 - 750
<b>Dureza Barcol</b>	30-55

**Tabla 5.** Propiedades mecánicas de la resina de poliéster

<b>Resistencia Tracción (Mpa)</b>	50 – 75
<b>Resistencia Flexión (Mpa)</b>	80 – 150
<b>Módulo Flexión (Mpa)</b>	3500 – 4500
<b>Módulo de tracción (GPa)</b>	2 – 3,5
<b>Porcentaje de elongación</b>	1,2 – 4,8

### 3.2 Propuesta del nuevo material.

Tomado en cuenta los aspectos antes analizados para la fabricación de los rastrillos de los transportadores de bagazo de la Industria Azucarera, se propone un material compuesto matriz polimérica de fibra de bambú con nudo, con corteza y sin tratamiento (BCCCNST) y una matriz de resina de poliéster. Los valores del límite de rotura a la flexión en ambos casos son similares al del Pinus Caribaea como se puede apreciar en la tabla 6.

**Tabla 6.** Límites de rotura

<b>Material</b>	<b>Límite de Rotura (MPa)</b>
Pinus Caribaea	113,19
(BCCCNST)	119,48
Resina de poliéster	80-150

### 3.3 Influencia del peso del rastrillo en la potencia e índice de consumo en los transportadores de rastrillo.

Para la valoración de la influencia del peso del rastrillo en la potencia e índice de consumo en los transportadores de rastrillo se supusieron cuatro escenarios para diferentes materiales de los rastrillos:

- Madera
- Viga Canal
- Tubos
- Material compuesto (Fibras de bambú, resinas de poliéster)

También se supone que el ingenio esté moliendo normalmente, y haga su entrega a la rama superior, la cantidad de bagazo a transportar sería de 30 t/h, dando 10 t/h a cada caldera (20t/h), y el resto (10t/h) hacia la casa de bagazo.

Los cálculos fueron realizados por los métodos tradicionales, solamente se supuso que variaba el peso del rastrillo, los demás parámetros se supusieron constantes.

La tabla 7 refleja los resultados en el consumo de potencia y el índice de consumo, empleándose distintos materiales lo cual varía con el peso del rastrillo. Existe una similitud de la potencia necesaria cuando se utiliza madera y material compuesto, con valores aproximados de 20 kW. Al utilizar tubos laminados los valores son mayores, aproximadamente 30 kW.

**Tabla 7.** Comportamiento de la Potencia (N) y el índice de consumo (IC) al variar el peso del rastrillo

<i>Material</i>	<i>N(kW)</i>	<i>IC (kW-h/tonelada de material)</i>
Madera	21,62	0,72
Viga canal	23,27	0,77
Tubos	34,33	1,14
Material Compuesto	19,67	0,65

#### 4. CONCLUSIONES

1. Con la sustitución de los rastrillos convencionales de madera por la variante de tubos laminados y viga canal, se aumenta el peso en los transportadores, lo que implica un mayor consumo de energía.
2. En los transportadores de rastrillos, los rastrillos convencionales actúan como fusible en caso de la entrada de cuerpos extraños, o sobrecarga y su sustitución es simple, los materiales actualmente utilizados no cumplen esta condición lo que trae consigo mayores roturas, y el aumento de los costos en las interrupciones.
3. A través de experimentos se logró determinar la resistencia a la flexión estática para los materiales convencionales, obteniéndose menores valores para el *Lysiloma Bahamensis* (Soplillo), con un valor de  $F_H = 46,33\text{MPa}$  y mayores para *Pinus Caribaea* (Pino criollo), con un valor de ( $F_H = 113,19\text{MPa}$ ).
4. Para la sustitución de los rastrillos, se propone desarrollar material compuesto matriz polimérica, de fibra de Bambú con nudo, con corteza y sin tratamiento (BCCCNST) y una matriz de resina de poliéster. El límite de rotura para BCCCNST es de 119 MPa y para la resina de poliéster puede ir desde 80 hasta 150 MPa, por lo que ambos poseen propiedades dentro de los rangos requeridos para esta aplicación.
5. Existe una similitud de la potencia necesaria cuando se utiliza madera y material compuesto, con valores aproximados de 20 kW. Al utilizar tubos laminados los valores son mayores, aproximadamente 30 kW.

#### REFERENCIAS

Álvarez-Castillo, A., y Salgado-Delgado R., Aprovechamiento integral de los materiales lignocelulósicos., Revista Iberoamericana de Polímeros, Vol. 13, No. 4, Septiembre

- 2012, pp. 140-150.
- Askeland, D., Ciencia e Ingeniería de los Materiales., Cuarta Edición, México, 2004  
Capítulo 16, pp. 721- 763.
- De la Torre, L., Determinación análogo experimental de las propiedades físicos –  
mecánicas de las fibras del bambú., Trabajo de Diploma, Facultad de  
Construcciones, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba, 2008.
- García, J., Extienden siembra de bambú por 37 municipios de Cuba.,  
<https://alocubano.wordpress.com/tag/cidem/> [Consultado: 11-06-2014], 2011.
- Mora, L., Determinación de propiedades mecánicas de las fibras de Bambusa Vulgaris a  
utilizar en tableros prensados., Revista Ingeniería de Construcción, Vol. 24, No. 2,  
Agosto de 2009, pp. 153-166.
- Norma cubana NC 43-35:88., Determinación de la resistencia máxima a la flexión  
estática., 1988, pp. 1-5
- Propiedades resina poliéster. 2013. GRUPO GAZECHIM COMPOSITE [en línea]  
<<http://www.gazechim.es/blog/131-resina-poliester1.html>> [Consultado: 11-06-  
2014]
- Rodríguez, C., Estudios de Compatibilidad de Plásticos Reforzados con Fibras  
Lignocelulósicas., Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de los Andes,  
2000, pp.1-7.
- Smith, W.F., Ciencia e Ingeniería de Materiales., Tercera edición, Madrid, 2004, pp.  
371-403.
- Sorí, R., Diagnóstico del sistema de transportación de bagazo en la Empresa Azucarera  
“Heriberto Duquesne”., Trabajo de Diploma, Facultad de Ingeniería Mecánica,  
Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba, 2007.
- UICN, The IUCN Red List of Threatened Species. Pinus Caribaea.,  
<http://www.iucnredlist.org/details/42348/0> [Consultado: 11-06-2014], 2014.