

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CANUTOS DE GUADUA, RELLENOS CON MORTEROS

Luis Octavio González-Salcedo ^{1*}, Camilo Ernesto Giraldo-Escandón ², Janneth Torres-Agredo ³

1: PhD (Candidato), Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Palmira, Colombia.

2: Ingeniero Agrícola, Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Palmira, Colombia.

3: PhD, Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Palmira, Colombia.

* Contacto: logonzalezsa@unal.edu.co

RESUMEN

Las Normas de Construcción Sismo Resistente de Colombia han aceptado e incluido a la Guadua como un material estructural. Una de sus especificaciones de construcción es la utilización de morteros de relleno en los canutos cuando se construyen uniones. En la presente investigación se evaluó la resistencia última a la compresión paralela y perpendicular a la fibra, en canutos de Guadua *Anfustifolia kunth* rellenos con variados morteros. Se elaboraron tres morteros diferentes, a saber: Cemento-Arena (mortero patrón), Cemento-Ceniza de bagazo de Caña-Arena, y Cemento-Polvo de ladrillo de arcilla cocida. Los resultados muestran que el segundo mortero empleado otorga mayores resistencias a la compresión en ambas direcciones, con respecto al mortero patrón y al tercer mortero. Se abre una agenda futura de investigación relacionada con el uso de morteros alternativos, y el empleo de materiales reciclados de demolición de construcciones, y de materiales puzolánicos provenientes de desechos industriales.

Palabras Claves: *Bambú-Guadua, Anisotropía-Ortotropía, Resistencia a la compresión, Materiales biológicos, Materiales alternativos*

ABSTRACT

Colombia's Seismic-Resistant-Construction-Standards (NSR-10) has been accepted and included Bamboo Guadua as a structural material. One of NSR-10's construction specifications is the use of filler mortars into canutos when are build joints. In this paper, was evaluated the fiber parallel and perpendicular-ultimate-compressive-strength, on canutos of *Angustifolia Kunth* Bamboo Guadua filled with varied mortars. Three different mortars were prepared, namely: cement-sand (mortar pattern), Cement-Cane Bagasse Ash-Sand, and Cement-dust clay brick. The results show that the second mortar used provides greater compressive strengths in both directions, with respect to the control and third mortar. It opens a future research agenda related to the use of alternative mortars and the use of recycled materials from demolition of buildings, and pozzolanic materials from industrial wastes.

Keywords: *Bamboo-Guadua, Anisotropy-Orthotropy, Compressive strength, Biological materials, Alternative materials*

1 INTRODUCCIÓN

La Guadua es un bambú gigante, endémico de Suramérica, con altas prestaciones en sus propiedades mecánicas, razón por la cual es considerado el acero vegetal [1]. Como se muestra en la figura 1, su estructura anatómica identifica tres zonas del tallo (denominado culmo), como la basal, la media y la apical, y una sección transversal circular hueca; el culmo se encuentra dividido en secciones que forma tabiques, denominados canutos [2].

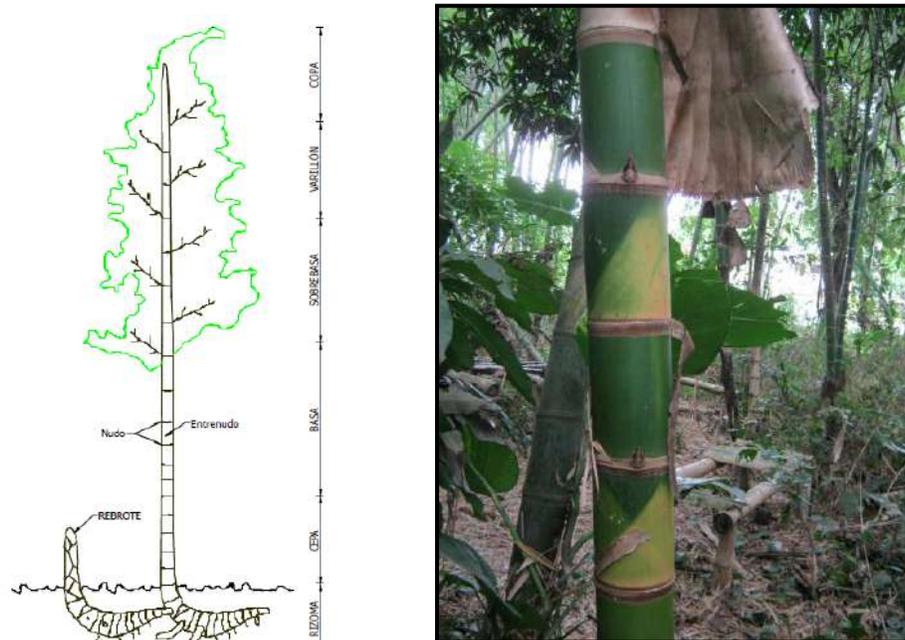


Figura 1. Estructura anatómica del culmo de la Guadua [1-2].

La Guadua como material de construcción y estructural ha sido incorporada en las Normas de Construcción Sismo Resistente de Colombia (NSR-10), en el título G, estandarizando la estimación de sus propiedades mecánicas en adición a la sugerencia para especificaciones de construcción [3]. En ellas se sugiere el uso de canutos rellenos con morteros, con el objetivo de facilitar y estabilizar la construcción y el diseño estructural de uniones entre elementos del mismo material o combinados con otros como anclajes mecánicos [3].

Por otra parte, en la Guadua es conocida su anisotropía distinguiendo dos direcciones principales: paralela y perpendicular a la fibra, respectivamente [4]. En este orden de ideas son aceptadas por la NSR-10, las siguientes especificaciones estructurales de la Guadua además del módulo de elasticidad: la resistencia a la compresión paralela y perpendicular a la fibra, la resistencia a la tensión paralela a la fibra, la resistencia a la flexión perpendicular a la fibra, y la resistencia al corte [3]. Para la construcción de uniones pernadas o ancladas en la Guadua, es de interés conocer la resistencia a la compresión en ambas direcciones de canutos rellenos con morteros, así como la de explorar la variación de estos valores con el uso de diferente tipos de rellenos.

En este artículo se muestra la evaluación de la resistencia última a la compresión paralela y perpendicular a la fibra, en canutos de *Guadua Anfastifolia kunth* rellenos con variados morteros; para tal fin se elaboraron tres morteros diferentes, a saber: Cemento-Arena (tomado como mortero patrón y denominado Mezcla 1), Cemento-Ceniza de bagazo de Caña-Arena (denominado Mezcla 2), y Cemento-Polvo de ladrillo de arcilla cocida (denominado Mezcla 3). Los canutos de *Guadua* fueron obtenidos de culmos cortados y secados hasta obtener un contenido de humedad anhidro y por almacenamiento a ambiente protegido a la humedad a estado seco, como es estipulado en la NSR-10 hasta del 12%. El mortero patrón se preparó con cemento Portland tipo I y arena de canto rodado, ambos materiales comercialmente disponibles en la ciudad de Palmira (Valle del Cauca), usando una proporción 1:3 y una relación agua cementante de 0.5. La ceniza de bagazo de caña se obtuvo en calderas de la industria azucarera regional y se usó para reemplazar hasta un 17% del contenido de cemento del mortero patrón. El polvo de ladrillo se elaboró a partir de la trituración y molienda de mampuestos de ladrillo común obtenido de una ladrillera local, y se usó para reemplazar completamente el contenido de arena del mortero patrón.

El procedimiento experimental ha sido reportado por Giraldo [5]: 1.- La *Guadua* y los diferentes componentes de los morteros se caracterizaron físicamente para determinar densidad, contenido de humedad, granulometría (para el caso de la arena, la ceniza y el polvo de ladrillo), y cuyos resultados no son mostrados en este reporte; 2.- Para la caracterización mecánica, se tomaron probetas de canutos de *Guadua*, seleccionados para tener dimensiones y localización dentro del culmo de manera homogénea, los cuales se seleccionaron en cuatro grupos de seis probetas cada uno, a saber: canutos sin relleno, canutos con relleno de mortero patrón, canutos con relleno de mortero de cemento-ceniza y arena, y canutos con relleno de mortero de cemento-polvo de ladrillo, los cuales fueron ensayados a compresión paralela y perpendicular a la fibra, en una prensa previamente calibrada; 3.- Los canutos rellenos con morteros fueron sometidos a un proceso de curado en cámara húmeda, y ensayados a una edad de 28 días.

2 RESULTADOS

En la tabla 1, se muestran los resultados obtenidos en los ensayos a compresión paralela y perpendicular a la fibra. Los resultados muestran para todos los casos de compresión perpendicular a la fibra que los morteros usados como rellenos hacen una contribución importante de resistencia en el canuto (entre el 9800% y el 15600%), debido principalmente al bajo valor que tiene la *Guadua* cuando es sometido a este tipo de sollicitación mecánica; en este caso, los morteros de relleno proporcionan un excelente comportamiento al aplastamiento de la estructura. Para la resistencia a la compresión, para la mezcla 1 y 2, se observa también una contribución importante de resistencia en el canuto (entre el 138% y el 156%), mientras que hay una pérdida de resistencia con la mezcla 3, razón que no es posible explicar para el alcance del trabajo.

Tabla 1. Resultados promedios del ensayo a compresión paralela y perpendicular a la fibra, en canutos de Guadua Angustifolia Kunth.

Tipo de Mortero	Compresión paralela [MPa]	Compresión perpendicular [MPa]
Sin mortero	54.38	0.27
Mezcla 1	75.39	26.52
Mezcla 2	84.91	42.18
Mezcla 3	43.97	26.85

Para los casos donde hay una contribución de resistencia en el canuto, se infiere de acuerdo con la observación de la falla en la realización de la prueba, que el incremento de la resistencia es debida a que los núcleos en morteros tienen como especificación principal de sus propiedades mecánicas, la resistencia a la compresión, lo cual es característico en los materiales cerámicos. De igual manera, se espera que esa misma característica conlleve a obtener valores menores cuando los núcleos de morteros son ensayados a manera de un ensayo indirecto a tracción (ensayo brasileño en cilindros de concretos y morteros) cuando se realiza la compresión perpendicular a la fibra de la guadua, como precisamente se presentan en la tabla 1.

En el caso de los morteros alternativos a usar, los Autores del presente reporte, y en razón a los valores obtenidos, recomiendan el uso de morteros con adiciones reemplazantes efectivos del cemento. Los resultados obtenidos muestran que la adición de la ceniza de bagazo de caña generó un aumento en la resistencia a la compresión con respecto al mortero patrón, en razón a las características puzolánicas de la misma, como fue reportado por Vidal et al. [6] en la fabricación de mampuestos con morteros adicionados con cenizas de bagazo de caña, y que podría ser implementado también con otras adiciones minerales (cenizas volantes, humo de sílice, escoria, metacaolín, cenizas volcánicas, entre otras) y de origen vegetal (cenizas de hojas y tallos de diversas especies vegetales).

3 CONCLUSIONES

La solicitud explícita de la NSR-10 de construir estructuras de Guadua cuyas uniones deberán corresponder a canutos con morteros de relleno, conlleva a considerar una variedad de mezclas de los mismos para generar incrementos en la resistencia a compresión de las mismas. Los resultados obtenidos en el presente trabajo muestran que los morteros con adiciones puzolánicas generan uniones de canutos más resistentes a dicha solicitud mecánica. La presente investigación abre una agenda interesante para explorar una serie de morteros alternativos donde se consideren residuos industriales, agrícolas y de la construcción, para ser investigados desde el punto de vista de su reacción puzolánica y elaborar morteros más resistentes para ser usados como rellenos de los canutos, en la construcción con Guadua. Se sugiere la realización de estudios similares para evaluar la resistencia a la cortante.

4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Londoño, X., Clark, L.G., “Three new taxa of Guadua (Poaceae: Bambusoideae) from South America”, *Novon*, Vol. 12, 64-76, 2002.
2. Latif, M., Liese, W., “Anatomical features of *Bamusa vulgaris* and *Gigantochla scortechinii* from four harvesting sites in Peninsular Malaysia”, *Journal of Tropical Forest Science*, Vol. 7, No. 1, 10-28, 2001.
3. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, “Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente – NSR10”, Santafé de Bogotá, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010.
4. Osorio S., J.A., et al., “Evaluación de las propiedades mecánicas de la estructura interna de la Guadua con un modelo matemático”, *Dyna*, Vol. 76, No. 160, 169-178, 2009.
5. Giraldo E., C.E., “Determinación de esfuerzos últimos para canutos de guadua rellenos con mortero, sometidos a compresión paralela y perpendicular a la fibra”. Trabajo de Grado (Ing. Agrícola). Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Palmira, Colombia, 2012.
6. Vidal V., D.V. et al., “Estudio preliminar del uso de la ceniza de bagazo de caña para la elaboración de elementos constructivos”. First International Conference on Advanced Mechatronics, Design, and Manufacturing Technology - AMDM 2012. Pereira, Colombia, 2012.