

## **Análisis de Varianza Multifactorial para Resistencia Última a la Compresión Paralela a la Fibra en Muestras de Guadua Angustifolia Kunth**

### **Analysis of Variance for Ultimate Strength in Compression Parallel to the Fiber in Guadua Angustifolia Kunth samples**

Caori Takeuchi T.<sup>1</sup>, Mauricio Duarte T.<sup>2</sup>, Andrés F. Capera O.<sup>3</sup> y Wilson J. Erazo E.<sup>4</sup>

#### **Resumen**

Se presenta la evaluación del comportamiento de la resistencia a la compresión paralela a la fibra de probetas de Guadua angustifolia en relación a factores como zona, sección del culmo o tallo y presencia de nudo, realizada mediante un análisis de varianza multifactorial. Las muestras objeto de estudio procedentes de cuatro zonas ubicadas en el municipio de Pitalito y una en el municipio de Timaná al sur del departamento del Huila, fueron ensayadas en el Instituto de Extensión e Investigación (IEI) de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. La metodología para el corte de los culmos, obtención de las probetas y ensayos de resistencia a la compresión, se basó en las normas NTC5300, NTC5525, NSR10 e ISO/TC 165N315, y en los protocolos para corte de culmos y probetas, y determinación de la resistencia a la compresión paralela a la fibra de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. La resistencia a la compresión paralela a la fibra promedio de 130 probetas fue de 38,0 Mpa. El análisis de varianza multifactorial del diseño experimental, permitió identificar la significancia estadística del factor sección sobre la resistencia a la compresión con un valor-p inferior a 0,05 y un nivel de confianza del 95%, los valores más altos se encontraron para la parte superior. Los factores zona y presencia de nudo, al igual que las interacciones de segundo orden no fueron significativos.

*Palabras clave:* Guadua angustifolia; resistencia a la compresión paralela a la fibra; factores.

#### **Abstract**

This article presents the performance evaluation of the compressive strength parallel to the fiber, made by a multifactorial analysis of variance, in the Guadua angustifolia specimens, in relation to factors such as area, culm or stem section and the presence of knots. The samples studied were collected from four zones in the municipality of Pitalito and one in the municipality of Timaná in southern Huila, Colombia and were tested in the Instituto de Extensión e Investigación (IEI) at the Universidad Nacional de Colombia in Bogotá. The methodology for cutting the culms, obtaining samples and testing compressive strength, was based on NTC5300, NTC5525, NSR10 and ISO / TC 165N315 standards, and also the protocols for cutting culms and samples, and determining the compressive strength parallel to grain of the Universidad Nacional de Colombia in Bogotá. The average compressive strength parallel to grain of 130 samples was 38.0 MPa. The multifactorial ANOVA helped to identify the statistical significance of the section factor on compression resistance with a p-value less than 0.05 and a confidence level of 95%, higher values were found for the top. The zone and presence of knots like the second order interactions were not significant factors.

*Keywords:* Guadua angustifolia; compressive strength parallel to grain; factors.

<sup>1</sup> Magister en Estructuras. Docente Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. [cptakeuchit@unal.edu.co](mailto:cptakeuchit@unal.edu.co)

<sup>2</sup> Magister en Ingeniería Civil. Docente Universidad Surcolombiana. Av. Pastrana Borrero carrera 1ª Neiva. [maduto@usco.edu.co](mailto:maduto@usco.edu.co)

<sup>3</sup> Ingeniero Agrícola. Universidad Surcolombiana. Av. Pastrana Borrero carrera 1ª Neiva. [anfaco12@gmail.com](mailto:anfaco12@gmail.com)

<sup>4</sup> Ingeniero Agrícola. Universidad Surcolombiana. Av. Pastrana Borrero carrera 1ª Neiva. [wjee89@gmail.com](mailto:wjee89@gmail.com)

## 1. Introducción

La *Guadua angustifolia* en Colombia se presenta a lo largo de la cordillera central y la zona céntrica del país en los departamentos de Antioquia, Cauca, Caldas, Cundinamarca, Huila, Quindío, Risaralda, Tolima y Valle del Cauca (Martínez et al., 2005). Se trata de una de las especies del género *Guadua* más importantes por sus múltiples beneficios ambientales, sociales y económicos. Según Judziewicz (1999) citado por Muñoz (2011), esta especie ha tenido una apropiación cultural y desarrollo tecnológico únicos, producto de una mejor aceptación y mayor demanda por su enorme potencial para la construcción, elaboración de muebles, artesanías, fabricación de papel, pisos, modulares y combustibles (Martínez et al., 2005).

La utilización de este material para la construcción en lugar de otro maderable fino ayuda a su preservación (Ezpeleta, 2004). Se ha comprobado que al utilizar *Guadua angustifolia* como material para la construcción, se reducen costos y consumos energéticos (Villegas, 2005; Salas, 2006). Su fácil propagación, rápido crecimiento y capacidad para automultiplicarse vegetativamente la convierten en el mejor sustituto y además en una especie ideal para la reforestación (Londoño, 2001, citado por Moreno et al., 2007).

Las necesidades ambientales y de uso de la *Guadua* han despertado interés de tipo investigativo, es así como se ha encontrado que las condiciones de sitio afectan la calidad de la *Guadua*; según García (2004) variables de calidad como dureza, porcentaje de humedad, resistencia a la compresión, resistencia al corte, densidad básica y longitud de camutos, presentan mejores características en sitios localizados entre los 1200 y 1500 m.s.n.m, con pendientes entre 20 y 30°, temperaturas medias anuales entre 20 y 22°C y brillo solar entre las 1395 y 1760 horas/luz/año.

Las condiciones referidas anteriormente, se asemejan a las encontradas en los municipios de Pitalito y Timaná ubicados al sur del departamento del Huila, Colombia. En esta parte del país tradicionalmente se ha utilizado la *Guadua* para la adecuación de la infraestructura destinada al beneficio del café (beneficiaderos y secadores solares), y en menor proporción para la construcción de corrales, establos, canales recolectores, viviendas y estructuras de mayor escala.

La falta de conocimiento de las propiedades físicas y mecánicas de la *Guadua* en esta zona, se debe esencialmente al desconocimiento de las grandes posibilidades económicas que este material podría generar, en caso de consolidarse su utilización como material estructural en proyectos de mayor trascendencia; esto genera incertidumbre a nivel investigativo y obliga a realizar estudios que hasta la fecha no se han ejecutado.

La determinación de la resistencia a la compresión paralela a la fibra basada en la metodología planteada por la norma NTC5525, NSR10 y los protocolos de la Universidad Nacional de Colombia (2008), representa el comienzo de lo que se espera sea una serie de estudios consecutivos en beneficio de la misma especie, la población campesina, guadueros, transportadores, técnicos, ingenieros, arquitectos e instituciones como el SENA, además de los mismos municipios y el departamento.

Al considerar la variable resistencia a la compresión, resulta apropiado analizar su comportamiento en relación a factores como zona o procedencia de culmos, sección y presencia de nudo. Se han observado ciertas tendencias en investigaciones como las realizadas por Uribe y Durán (2002), García (2004), Ghavami y Marinho (2005), González (2006), González et al. (2008) y Lozano et al. (2010), las cuales están relacionadas con el incremento de la resistencia con la altura del culmo, y además la poca afectación por la presencia de nudos y las condiciones de sitio, cuando estas últimas no difieren considerablemente.

Estudios que den a conocer los beneficios ambientales, sociales y económicos que traen consigo esta planta y además sus propiedades físicas y mecánicas, motivan a que este recurso sea conservado y propagado de manera transitoria, mejorando con ello las condiciones de los suelos, fuentes hídricas, atmósfera y la biodiversidad.

## 2. Metodología

### 2.1. Localización

El material, objeto de la investigación provino de la zona rural del sur del departamento del Huila, específicamente en los municipios de Pitalito y Timaná. En total se seleccionaron 5 rodales (zona de estudio A, B, C, D y E), cuatro de ellos localizados en el municipio de Pitalito y uno en el municipio de Timaná (tabla 1). La selección de los sitios de muestreo se realizó de forma aleatoria, para garantizar representatividad en el área de estudio. Durante esta etapa se contó con la colaboración del personal del Tecnoparque 7 Agroecológico Yamboró del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). El rango de altitud de la zona de estudio es de 1000 a 1800 m.s.n.m, con una temperatura media anual de 18 a 21°C. Los límites

de la zona de estudio, de acuerdo con el sistema de referencia de coordenadas MAGNA-SIRGAS son: Latitud 1°55'40.95"N - 1°44'50.30"N y Longitud 75°57'15.00"O - 76°08'02.38"O.

Tabla 1. Localización de las zonas en los municipios de Pitalito y Timaná

PREDIO	VEREDA	MUNICIPIO	COORDENADAS MAGNA-SIRGAS		Altitud (m.s.n.m)	Dist. al casco urbano (Km)
			LATITUD (N)	LONGITUD (O)		
A: La Vega	Pantanos	Timaná	1°54'19.80"	75°58'02.80"	1253	10
B: La Esperanza	San Francisco	Pitalito	1°50'06.00"	76°06'57.40"	1313	10
C: La Dalia-Limón	Palmarito	Pitalito	1°47'13.80"	76°04'03.40"	1294	12
D: Sena Yamboró	Aguadas	Pitalito	1°53'36.00"	76°05'25.10"	1331	7,0
E: Villa María	Zanjones	Pitalito	1°50'26.11"	76°01'58.31"	1279	2,5

## 2.2. Etapas para el desarrollo del proyecto

Para la selección, corte, caracterización física, determinación del comportamiento del esfuerzo a compresión paralela a la fibra, densidad básica y contenido de humedad, se procedió con las siguientes normas, leyes y protocolos:

- Norma unificada para el manejo y aprovechamiento de la Guadua, (Carder, 2002).
- Ley forestal 1021 de 2006.
- ISO/TC 165N315, 2001. "Laboratory manual on testing methods for determination of physical and mechanical properties of bamboo"
- NTC5300 "Cosecha y postcosecha del culmo de Guadua angustifolia Kunth" (Icontec, 2008).
- NTC5525 "Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua" (Incotec, 2007).
- Reglamento colombiano de construcciones sismo-resistente NSR10, 2010. Título G "Estructuras de madera y estructuras de Guadua. Bogotá D.C
- Protocolos de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá (2008). "Corte de culmos y probetas, determinación de la resistencia a compresión paralela a la fibra, medición del contenido de humedad para la Guadua angustifolia Kunth".

### 2.2.1 Selección de culmos y caracterización general de los sitios de muestreo

En esta etapa se seleccionaron e identificaron las guaduas maduras con edades comprendidas entre 4 y 6 años que no presentaran daños físicos; adicionalmente se realizó una descripción general de los sitios donde crecieron las guaduas (relieve, fuentes hídricas y tipo de plantación), variedades de guadua y métodos de aprovechamiento.

### 2.2.2 Corte de los culmos

Las guaduas, objeto de estudio, fueron cortadas a 1 metro por encima del cuello y posteriormente sometidas durante un periodo de 2 semanas a avinagramiento (pérdida de humedad en la guadua). Una vez terminado este proceso se cortaron en 3 secciones longitudinales: inferior (1,5m), medio (4,5m) y superior (3,0m).

### 2.2.3 Obtención de las probetas

El material fue transportado desde la zona de estudio hasta las instalaciones del Instituto de Extensión e Investigación (I.E.I), de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá; donde se llevaron a cabo los procedimientos para la obtención de las probetas. La selección de las probetas con nudo y sin nudo para las 3 secciones fue totalmente aleatoria, en total se obtuvieron 132 probetas para carga última con una relación diámetro-espesor 1:1. Las probetas fueron lijadas para garantizar mayor uniformidad en la distribución de la carga y posteriormente fueron medidos sus espesores y diámetros para determinar el área de su sección transversal. Una vez elaboradas y medidas fueron sumergirlas en agua durante un periodo aproximado de 2 semanas, para evitar el fisuramiento por pérdida de humedad y obtener valores conservadores de resistencia.

### 2.2.4 Ensayos de resistencia a la compresión paralela a la fibra, densidad básica y contenido de humedad

Los ensayos se realizaron en el equipo de carga a compresión FORNEY con capacidad de carga de 500 Lb calibrada por SERVINTEGRAL LTDA (figura 1); las probetas se ubicaron de modo tal que el centro del cabezal estuviera vertical sobre el centro de la sección transversal de la probeta. La velocidad de aplicación de carga fue de 0,01 mm/s aproximadamente.



Fig. 1. Equipo de ensayo a compresión paralela.

Una vez finalizados los ensayos de resistencia a la compresión paralela a la fibra, se procedió a determinar el contenido de humedad para cada probeta, para este ensayo se extrajo una lámina de guadua con dimensiones aproximadas de 3cm de ancho por 6 cm de largo. El secado de las muestras se trabajó a una temperatura de 60°C a diferencia de lo establecido en la norma NTC 5525 (103°C ± 2°C) para evitar su calcinamiento.

#### 2.2.5 Análisis estadístico (ANOVA MULTIFACTOR)

Para el análisis estadístico se utilizó un diseño de varianza multifactorial totalmente aleatorio, donde se evaluaron las resistencias a compresión paralela a la fibra de las probetas ensayadas. Previamente se descartaron mediante análisis exploratorio los valores atípicos. La variable respuesta para el diseño ANOVA multifactorial, los factores y niveles de factor se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Factores y niveles de factor cuyos efectos sobre la resistencia a la compresión fueron evaluados.

FACTOR	NIVELES DE FACTOR	VARIABLE DEPENDIENTE
1. Zona	A. La Vega B. La Esperanza C. Dalia - Limón D. Aguadas E. Villa María	Resistencia a la compresión paralela a la fibra (Mpa)
2. Sección	1. Inferior 2. Media 3. Superior	
3. Nudo	1. Con nudo 2. Sin nudo	

El nivel de confiabilidad mínimo para los resultados es del 95%, los datos se organizaron y procesaron en el software STATGRAPHICS CENTURION versión 15.2.06 asumiendo como hipótesis la normalidad, homocedasticidad e independencia de los mismos.

### 3. Resultados

Las probetas ensayadas a compresión paralela a la fibra, presentaron una densidad básica promedio de 577,64 kg/m<sup>3</sup> con una desviación estándar de 95,85 kg/m<sup>3</sup> y contenidos de humedad promedio de 86,98% con una desviación estándar de 17,19%. Se descartaron mediante análisis exploratorio dos probetas (AC05S y BC03S) por presentar valores atípicos de resistencia a la compresión, por tal motivo se analizaron 130 probetas en el ANOVA multifactorial, la aleatoriedad en el muestreo, obtención de probetas y ejecución de ensayos, garantizaron la normalidad, independencia y heterocedasticidad de los residuos.

### 3.1 ANOVA Multifactorial

El análisis de varianza multifactorial presentado en la tabla 3, permitió identificar la significancia estadística del factor sección sobre la resistencia a la compresión paralela a la fibra con un valor-p inferior a 0,05 y un nivel de confianza del 95%; esta misma tendencia fue presentada por González *et al.* (2008) para el caso de guadua sobremadura. Los factores zona y nudo no produjeron efectos significativos sobre la resistencia de la guadua, al igual que las interacciones de segundo orden.

Tabla 3. Análisis de varianza multifactorial para resistencia a la compresión paralela a la fibra.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
1: Zona	189,99	4	47,50	2,14	0,0802
2: Sección	426,56	2	213,28	9,63	0,0001
3: Nudo	60,25	1	60,25	2,72	0,1019
INTERACCIONES					
1:2	209,53	8	26,19	1,18	0,3162
1:3	39,75	4	9,94	0,45	0,7731
2:3	25,62	2	12,81	0,58	0,5625
RESIDUOS	2391,65	108	22,14		
TOTAL (CORREGIDO)	3363,86	129			

### 3.2 Pruebas de múltiples rangos (Efectos principales)

La comparación múltiple entre los niveles del factor zona que se presenta en la tabla 4, demuestra diferencias significativas entre la zona A y las demás, con el valor más bajo de resistencia promedio. Se evidencia homogeneidad entre la resistencia de la guadua de las zonas B, C, D y E, lo que significaría condiciones similares de sitio. Estas condiciones de sitio se asemejan a las identificadas por García (2004) como condiciones óptimas para las variables de calidad.

Tabla 4. Prueba de múltiples rangos para resistencia a la compresión por Zona.

Datos Estadísticos	Zonas					Total
	A	B	C	D	E	
Casos	26	26	24	27	27	130
Media (Mpa)	35,60a	38,32b	39,20b	38,42b	38,45b	38,00
Desviación Estándar (Mpa)	3,70	6,35	4,81	5,11	4,78	5,11
Coefficiente de Variación (%)	10,46	16,64	12,35	13,33	12,49	13,50
Mínimo (Mpa)	25,87	27,88	25,47	29,29	27,98	25,47
Máximo (Mpa)	40,70	49,64	47,34	49,46	48,27	49,64
Límite Inferior (Mpa)	33,75	36,48	37,23	36,61	36,65	36,95
Límite Superior (Mpa)	37,46	40,16	41,16	40,23	40,26	38,72

Letras diferentes para la media indican diferencias estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95%.

La sección o parte del culmo de la Guadua angustifolia es significativa sobre la resistencia a la compresión paralela a la fibra de acuerdo con el análisis de varianza. La parte superior es la más resistente y difiere significativamente de los valores promedio de las secciones media e inferior, tal y como se muestra en la tabla 5. González *et al.* (2008), habían encontrado valores para las secciones inferior, media y superior de 24,09 Mpa, 29,14 Mpa y 27,45 Mpa respectivamente, con un % C.H entre 12,4 al 60,6%. Ghavami y Marinho (2005) para probetas con nudo encontraron esta misma tendencia, con variaciones de 25,27 Mpa a 31,77 Mpa de la sección inferior a la superior. Muñoz (2011) por su parte, obtuvo valores mínimos de 37,28 Mpa, 39,82 Mpa y 45,19 Mpa para probetas de las secciones inferior, media y superior respectivamente.

**Tabla 5.** Prueba de múltiple rangos para resistencia a la compresión por Sección.

Datos Estadísticos	Sección			Total
	Inferior	Media	Superior	
Casos	44	130	42	130
Media (Mpa)	36,93b	38,00b	40,60a	38,00
Desviación Estándar (Mpa)	4,77	5,11	5,03	5,11
Coefficiente de Variación (%)	12,99	13,50	12,43	13,50
Mínimo (Mpa)	25,47	25,47	32,02	25,47
Máximo (Mpa)	22,70	49,64	49,64	49,64
Límite Inferior (Mpa)	35,50	36,95	39,14	36,95
Límite Superior (Mpa)	38,35	38,72	42,06	38,72

*Letras diferentes para la media indican diferencias estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95%.*

La presencia de nudo no afecta de forma significativa la resistencia a la compresión paralela a la fibra de probetas de guadua. En la tabla 6 no se evidencia ninguna diferencia estadística entre las medias de los niveles del factor nudo. En una investigación realizada por González (2008), se encontraron valores promedios de esfuerzo a compresión para probetas con nudo y sin nudo de 28,45 y 29,12 Mpa respectivamente. En el estudio realizado por Ghavami y Marinho (2005) se presentó una tendencia similar para probetas con nudo y sin nudo; con valores de 25,27 Mpa y 28,36 Mpa para la sección inferior, 28,36 Mpa y 31,77 Mpa para la sección media y 31,77 Mpa y 25,27 Mpa para la sección superior en el mismo orden.

**Tabla 6.** Prueba de múltiples rangos para resistencia a la compresión por nudo.

Datos Estadísticos	Nudo		Total
	Con Nudo	Sin Nudo	
Casos	74	56	130
Media (Mpa)	37,31a	38,69a	38,00
Desviación Estándar (Mpa)	5,31	4,75	5,11
Coefficiente de Variación (%)	14,26	12,31	13,50
Mínimo (Mpa)	25,47	30,00	25,47
Máximo (Mpa)	49,35	49,64	49,64
Límite Inferior (Mpa)	36,22	37,43	36,95
Límite Superior (Mpa)	38,39	39,94	38,72

*Letras diferentes para la media indican diferencias estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95%.*

### 3.3 Efecto de las interacciones

Los efectos de las combinaciones de dos factores sobre la resistencia a la compresión paralela a la fibra, a pesar de no ser significativos, producen cambios en la variable respuesta como se observa en los gráficos de interacciones de las figuras 2, 3 y 4. Para el caso de culmos de las zonas B, C, D Y E, se observa mayor resistencia en la sección superior (figura 1); tendencia que varía para el caso de las secciones media e inferior en todas las zonas. En la figura 3 se evidencia en la mayoría de los casos, mayor resistencia en probetas sin nudo y en la figura 4 para cada uno de los casos; la resistencia de probetas con nudo tiende a ser inferior aunque no de forma significativa.

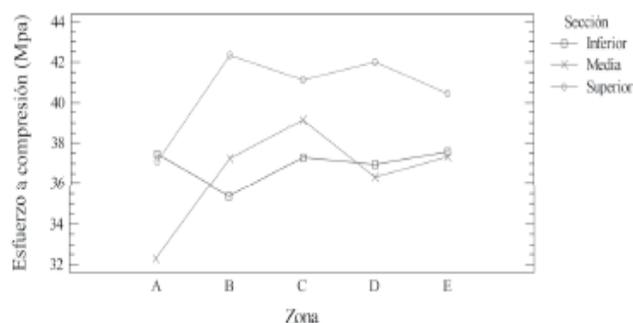


Fig. 2. Efecto sobre la resistencia a la compresión paralela a la fibra de la interacción entre los factores zona y sección.

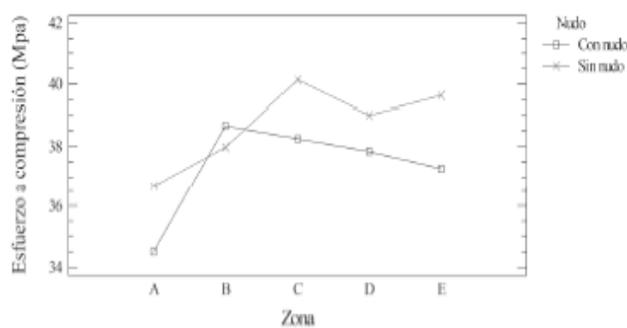


Fig. 3. Efecto sobre la resistencia a la compresión paralela a la fibra de la interacción entre los factores zona y nudo.

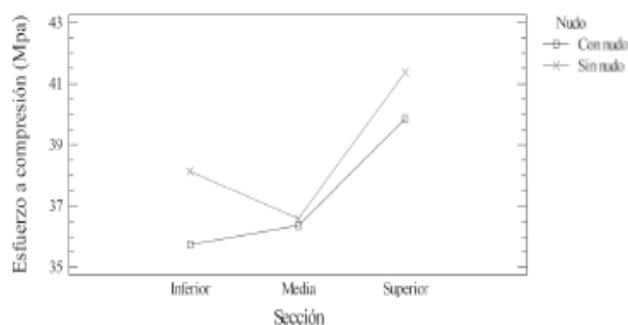


Fig. 4. Efecto sobre la resistencia a la compresión paralela a la fibra de la interacción entre los factores sección y nudo.

#### 4. Conclusiones

El factor zona no es significativo sobre la variable respuesta resistencia a la compresión paralela a la fibra, con un valor-p de 0,0802. Solo se encontró para la zona A diferencias mínimas significativas en comparación con las demás zonas de estudio según lo establecido por la prueba LSD de Fisher.

La sección del culmo es un factor determinante sobre la resistencia a la compresión con valor-p de 0,0001. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre valores de resistencia promedio de las secciones inferior y media frente al alcanzado por la sección superior. Los valores promedios para las cinco zonas para las secciones inferior y media fueron de: 36,93 y 36,47 Mpa respectivamente; valores que se encuentran por debajo de la resistencia alcanzada para la sección superior 40,60 Mpa.

La presencia de nudo en las probetas no produce efectos estadísticamente significativos sobre la resistencia a la compresión paralela a la fibra con un valor-p de 0,1019. El valor promedio del esfuerzo a compresión para probetas con nudo y sin nudo fue de 37,31 y 38,69 Mpa respectivamente.

Los efectos de las interacciones entre factores no son significativos. El valor-p para la interacción entre zona y sección fue de 0,3162, para los factores sección y nudo de 0,5626 y para zona y nudo de 0,7731.

##### 5. Referencias Bibliográficas

1. Ezpeleta, S., 2004. Análisis comparativo de cinco estudios de mercado de Guadua. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá. 28 pp.
2. García, J., 2004. Definición de áreas óptimas de calidad de Guadua (*Guadua angustifolia* Kunth), orientada a satisfacer las necesidades del mercado. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Ingeniería Industrial. 118 pp.
3. Carder, Corporación Autónoma Regional de Risaralda. 2002. Gobernanza forestal "Proyecto Bosque FLEGT/ Colombia", Norma unificada para el manejo y aprovechamiento de la Guadua. Risaralda.
4. Ghavami, K., Marinho, A., 2005. Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie *Guadua angustifolia*. Rio de Janeiro: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, n.1, 107-114 p.
5. González, H., Montoya, J., Rubiel, J., 2008. Comportamiento de muestras de *Guadua angustifolia* Kunth con diafragma y sin diafragma sometidas a esfuerzo de compresión. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira. *Scientia et Technica*, no 38. ISSN 012-1701.
6. González, C., 2006. Resistencia a la compresión paralela a la fibra de la *Guadua angustifolia* y determinación del módulo de elasticidad. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. 95 pp.
7. Icontec, Instituto colombiano de normas técnicas, 2007. Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la *Guadua angustifolia* Kunth. NTC 5525. Bogotá D.C.
8. Icontec, Instituto colombiano de normas técnicas, 2008. Cosecha y postcosecha del culmo de *Guadua angustifolia* Kunth. NTC 5300. Bogotá D.C.
9. Ley General forestal 1021., 2006. Colombia. Congreso de la República.
10. Lozano, J., Luna, Patricia., Takeuchi, Caori., 2010. Validación de la *Guadua angustifolia* como material estructural para diseño, por el método de esfuerzos admisibles. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. 190 pp.
11. Martínez, H., Espinal, C., Pinzón, N., Espinosa, D., 2005. La cadena de la *Guadua* en Colombia. Una mirada global de su estructura y dinámica. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá. 26 pp.
12. Moreno, L., Trujillo, E., Osorio, L., 2007. Estudio de las características de haces de fibra de *Guadua angustifolia*. En: *Scientia et Technica* Año XIII. Universidad Tecnológica de Pereira. 613 pp.
13. Muñoz, J., 2011. Diversidad genética, estructura poblacional y selección de clones superiores de *Guadua angustifolia* Kunth en la eco-región cafetera de Colombia. Tesis de doctorado en ciencia. Palmira: Universidad Nacional de Colombia. 151 pp.
14. Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo-resistente NSR10, 2010. Título G "Estructuras de madera y estructuras de *Guadua*. Bogotá D.C.
15. Salas, E., 2006. Actualidad y futuro de la arquitectura de bambu en Colombia. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña. 410 pp.

16. The international organization for standardization, 2001. Laboratory manual on testing methods for determination of physical and mechanical properties of bamboo. ISO/TC 165N315.
17. Universidad Nacional de Colombia, 2008. Protocolos de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, Corte de culmos y probetas, determinación de la resistencia a compresión paralela a la fibra, medición del contenido de humedad para la *Guadua angustifolia* Kunth. Bogotá.
18. Uribe, M., Durán, A., 2002. Estudio de elementos solicitados a compresión armados por tres Guaduas. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Ingeniería Civil. 125 pp.
19. Villegas, F., 2005. Comparación consumos de recursos energéticos en la construcción de vivienda social: Guadua vs Concreto. Manizales: Universidad Nacional de Colombia. 113 pp.