

## Comportamiento de Columnas en Guadua

En el presente trabajo se determinarán los parámetros mecánicos necesarios para establecer el comportamiento de las columnas en guadua en las zonas elásticas e inelásticas tales como el esfuerzo crítico a la compresión paralela a la fibra y el módulo de elasticidad, obtenidos para un determinado contenido de humedad. Parte de los datos consignados provienen del proyecto de grado "Determinación de la resistencia a la compresión paralela a la fibra de la guadua de Castilla" elaborado por José Virgilio Martín y Lelio Mateus T. en 1981. En la última parte se recomendarán los valores del módulo de elasticidad y esfuerzo admisible a la compresión paralela conjuntamente con el factor de seguridad adecuado para establecer el comportamiento de las columnas en las zonas mencionadas.

**JAIME SALAZAR CONTRERAS**

Ingeniero Agrícola,

Profesor Asistente, Sección Construcciones Agrícolas  
Universidad Nacional de Colombia

**ELLIOT CORRECHA RICAURTE**

Ingeniero Forestal,

Profesor Asistente, Sección Construcciones Agrícolas  
Universidad Nacional de Colombia.

Como material de construcción la guadua se ha venido utilizando de dos formas:

- En forma natural como elemento portante en encofrados y en la vivienda como solución a los problemas habitacionales de sectores marginales cercanos a centros de producción.
- En forma procesada como elemento aligerante en los diferentes sistemas constructivos.

Por otra parte, teniendo en cuenta el uso de la guadua en nuestro medio se vio la necesidad de realizar estudios a nivel de laboratorio para establecer algunas de las propiedades físico-mecánicas con el fin de racionalizar el empleo de este material. Los resultados de estos estudios se incluyen en este artículo, lo mismo que las conclusiones y las recomendaciones obtenidas a partir de ellos.

### GENERALIDADES

La guadua de Castilla es una gramínea al igual que el maíz y el trigo, pero por las características que presenta su tallo es considerada como una de las plantas leñosas, las cuales se clasifican en *gimnospermas* y *angiospermas*; las *gimnospermas* agrupan las *coníferas* y las *angiospermas* a las *latifoliadas*, diferenciándose las unas de las otras en la presentación de los órganos sexuales, siendo los primeros descubiertos y los segundos en cápsulas.

A diferencia de las maderas, la guadua no tiene anillos de crecimiento, puesto que nace con el diámetro que va a tener durante su existencia pero sí disminuye con la altura; además, dentro de su estructura interna sólo existe una gran cantidad de floema en proporción al xilema. El espesor de la pared es variable siendo mayor en la parte baja del tallo y menor en la parte apical o superior del tallo.

Entre los dos (2) y tres (3) años la guadua se emplea para la fabricación de casetones y a partir de los 3 años, que empieza su "sazonamiento", adquiere su mayor resistencia a la compresión, motivo que hace recomendable, desde esa edad, su utilización estructural.

### MATERIALES Y METODOS

#### Material utilizado

Se empleó la guadua de Castilla, la cual se cortó identificándose la parte inferior con la letra A y la superior con la letra B, precedida con un número que identifica el orden de corte; por ejemplo la octava guadua en corte se marcó 8(A) y 8(B); también se seleccionaron por edades en tres

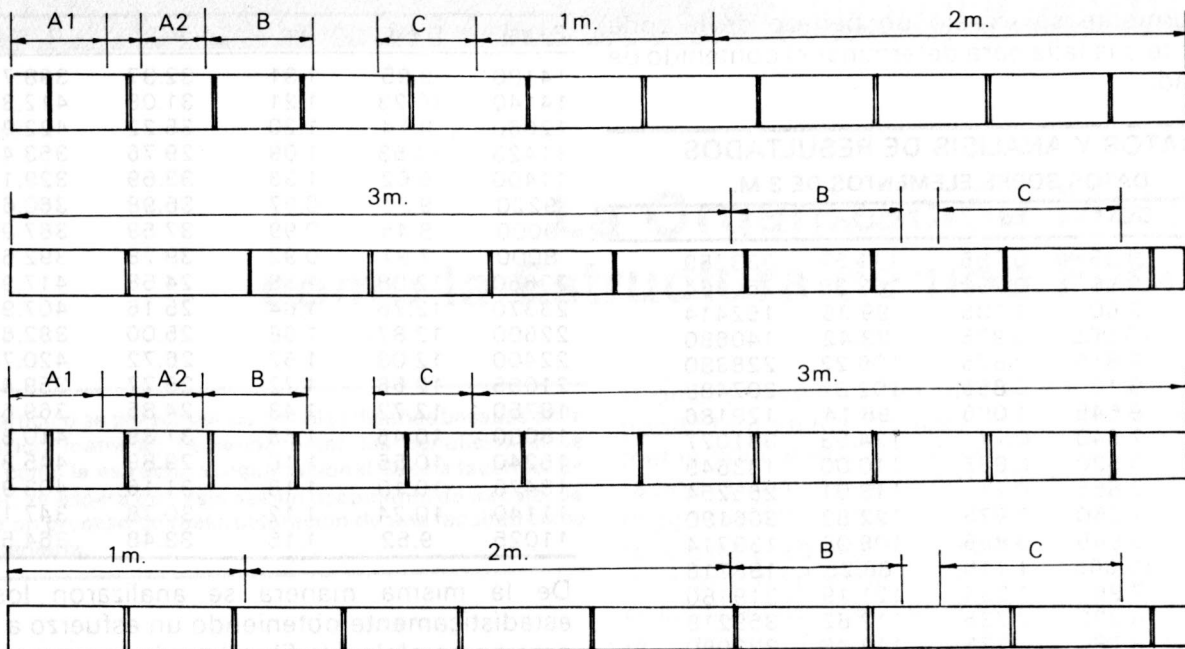


FIGURA 1. Ubicación de los sitios de obtención de los elementos a lo largo del tallo.

grupos, el primero de los cuales comprende tallos entre 1 y 3 años de edad, el segundo entre 3 y 5 años y el tercero de 5 años en adelante.

#### Elaboración de elementos de ensayo

Se cortaron 375 probetas distribuidas en 7 tipos así:

Tipo A1, con una altura igual a 10 veces el espesor de la pared, con un nudo en su parte intermedia.

Tipo A2, igual al anterior pero sin nudo en su parte intermedia.

Tipo B en las cuales se utilizó un entrenudo completo, dejando 3 cms. después de los nudos.

Tipo C con nudo en la parte intermedia, de altura aproximadamente igual a la anterior.

Tipo D, de un metro de longitud con un nudo en la base.

Tipo E, de 2 mts. con nudo en la base.

Tipo F, de 3 m. con la misma característica de las dos anteriores.

En la figura 1 se observa con mayor detalle la ubicación de los sitios de corte para la obtención de las probetas a lo largo del tallo.

Para el corte de las probetas se trató en lo posible que las caras fueran perpendiculares al eje longitudinal.

#### Ensayo de elementos y toma de datos

Debido a la carencia de normas técnicas para el ensayo de probetas de guadua se partió de una de las condiciones más críticas disponiendo de dos (2) rótulas colocadas en los extremos y así aplicar la carga. La velocidad de deformación fue de 1.27 mm/mtó.

El tipo de máquina utilizada fue de marca TINIUS OLSEN con un recorrido de 5 m. y una capacidad máxima de 20 Ton. y lectura mínima de 50 Kgs. la cual se encuentra ubicada en el I.E.I.

#### Características propias de los elementos antes del ensayo

Para los ensayos se tomaron los siguientes datos:  
Referencia: identificación.

Longitud: tomada mediante flexómetro.

Diámetros exteriores: se hicieron dos mediciones a 90° en las dos bases con calibrador.

Espesor de la pared: se tomaron 4 lecturas para promediar con calibrador.

#### Datos obtenidos durante el ensayo

Inicialmente se tomaron lecturas de deformación a incrementos constantes de carga hasta un punto donde la variación de la carga fuera pequeña y luego para incrementos constantes de deformación se leían los valores de la carga correspondientes, hasta llegar a la falla de la probeta.

#### Datos obtenidos después de efectuado el ensayo

Una vez fallado el elemento se anotaban las características de la misma indicándose si era por aplastamiento o astillamiento en probetas en la zona inelástica o por pandeo en la zona elástica. (Fig 2).

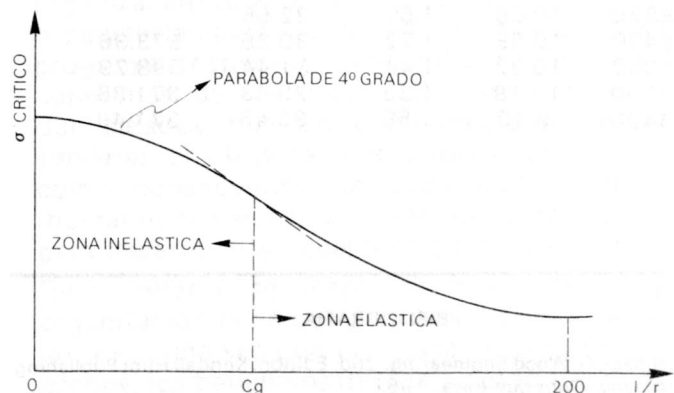


FIGURA 2. Curva esfuerzo vs. relación de esbeltez.

Posteriormente se extrajo un pedazo de la zona adyacente a la falla para determinar el contenido de humedad.

**DATOS Y ANALISIS DE RESULTADOS**

**DATOS SOBRE ELEMENTOS DE 3 M.**

P(kg)	DEXT	Ep	L/r	E
4930	8.35	0.785	111.57	333259
4700	8.96	0.790	103.38	250984
4600	9.60	1.135	99.35	152414
4400	10.005	0.975	93.42	140680
4360	8.815	0.875	106.22	228380
4310	9.10	0.850	102.31	207488
3800	9.645	1.065	98.14	129186
3450	7.540	0.77	124.53	331027
3120	8.530	0.865	110.00	183649
3000	7.865	0.71	118.01	265254
2920	7.550	0.675	122.83	306180
2740	8.845	0.895	106.06	139714
8000	10.665	1.115	88.25	188716
4830	7.96	1.035	121.19	319180
4814	8.220	0.735	112.82	359218
4735	8.28	0.775	112.46	332080
3670	7.905	0.695	117.14	324147
3210	8.595	1.145	112.57	153806
3000	8.185	1.040	117.52	179829
2775	8.190	0.895	115.45	182708
14880	12.605	1.24	74.22	187593
12550	12.44	1.36	76.01	155194
10500	10.875	1.115	86.38	232176
5500	9.535	1.115	99.90	188575
5300	10.485	1.010	89.05	141642
3200	9.455	0.805	97.67	141398
4475	9.49	0.99	99.16	168629
8350	10.63	1.53	91.95	163549
12310	12.4	1.215	75.42	166174
9100	10.96	1.385	87.71	170241

Se analizaron estadísticamente los datos obtenidos dando como resultado un módulo de elasticidad (E) con una confiabilidad del 95% a un contenido de humedad del punto de saturación de la fibra.

$$E_{0.05} = 99913 \text{ Kg/cm}^2$$

**DATOS SOBRE ELEMENTOS DE 1 M.**

P(kgs)	D ext.	Ep	L/r	$\sigma = P/A$
14050	9.58	1.48	34.35	373.06
12900	11.01	1.31	28.90	323.14
12880	11.71	1.35	27.07	293.14
12700	8.90	1.15	36.10	453.58
11760	9.73	1.22	32.90	360.55
10525	10.06	1.17	31.54	322.10
19000	11.60	1.62	27.97	374.07
18870	10.06	1.50	32.55	
18480	10.88	1.72	30.35	373.36
16000	10.32	1.44	31.44	398.29
15300	11.19	1.33	28.43	371.38
14420	9.40	1.58	35.45	371.49

**IBIBLIOGRAFIA**

Gurfinkel, G. **Wood Engineering**. 2nd. Edition. Kendall Hunt Publishing Company. Dubuque Iowa, 1981.  
 Hansen, H. J. **Diseño Moderno de Estructuras de Madera**. 2a. Edición.

P(kgs)	D ext.	Ep	L/r	$\sigma = P/A$
14180	9.95	1.31	32.37	398.79
14140	10.23	1.21	31.08	412.39
12660	9.14	1.20	35.22	422.94
11425	10.53	1.09	29.76	353.43
11400	9.62	1.33	33.69	329.12
9220	9.36	0.97	36.98	360.62
9000	8.45	0.99	37.59	387.90
8000	7.97	0.92	39.78	392.61
23650	12.98	1.58	24.58	417.95
23370	12.76	1.64	25.16	407.91
22600	12.87	1.68	25.00	382.67
22400	12.08	1.62	26.72	420.78
21055	12.56	1.72	25.77	359.46
18750	12.72	1.43	24.85	369.68
18090	10.45	1.58	31.39	410.87
15240	10.55	1.16	29.89	445.36
13478	10.18	1.18	31.16	403.97
11140	10.24	1.12	30.78	347.15
11025	9.52	1.15	33.48	364.59

De la misma manera se analizaron los datos estadísticamente obteniendo un esfuerzo a la compresión paralela a la fibra ( $\sigma_{c11}$ ) con una confiabilidad del 95% a un contenido de humedad en el punto de saturación de la fibra.

$$\sigma_{c11} 0.05 = 330.5 \text{ Kg/cm}^2$$

Con base en los valores anteriores se obtuvo el punto de transición que delimita la zona elástica de la inelástica, denominada Cg.

$$C_g = 66.90$$

**NOMENCLATURA**

- P: carga de falla en Kgs.
- Dext: diámetro exterior promedio en cm.
- Ep: espesor promedio en cm.
- L/r: relación de esbeltez.
- E: módulo de elasticidad en kg/cm<sup>2</sup>.

**RECOMENDACIONES**

- Seleccionar el material por utilizar, descartando todos aquellos elementos que presenten defectos tales como grietas, elementos curvados, y daños producidos por agentes exteriores.
- Utilizar como valor del módulo de elasticidad  $E = 99913 \text{ Kgs/cm}^2$
- Se recomienda un F.S. = 3.0 para el esfuerzo a la compresión paralela a la fibra.
- En la zona inelástica para obtener los  $\sigma_{crit}$  deberá trabajarse con un ecuación de tipo parabólico de 4º grado y para la zona elástica trabajar con la ecuación de Euler.
- Utilizar como valor del esfuerzo de compresión paralelo a la fibra  $\sigma_{c11} = 330.5 \text{ Kg/cm}^2$

CECSA. México.  
 Martin j. V. y Mateus L. R. **Determinación de la resistencia a la compresión paralela a la fibra de la guadua de Castilla**. Proyecto de Grado. Fac. de Ingeniería, 1981.  
 U.S.D.A. **Wood Hand Book**. 1974.