



INBAR

Organización Internacional  
del Bambú y el Ratán

# GUÍA DIDÁCTICA

PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN  
DE ESTRUCTURAS DE GUADÚA  
(GaK) Y OTROS BAMBÚES



Cooperación  
Española

MEDIO AMBIENTE / ARAUCLIMA

© Guía Didáctica para Diseño y Construcción de Estructuras de Guadúa (GaK) y otros Bambúes.  
Daniela Cadena, 2018. Quito – Ecuador  
ISBN: 100731

Este material puede ser utilizado siempre que se cite la fuente.

El presente documento se desarrolló en el marco del Proyecto Binacional “Regulación y promoción del manejo sostenible del Bambú en Ecuador y Perú como mecanismo para impulsar una economía verde, mejorar la regulación de fuentes hídricas, reducir las emisiones de carbono y fortalecer la lucha contra el cambio climático”, que cuenta con el apoyo técnico de la Red Internacional del Bambú y el Ratán (INBAR) y el financiamiento de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo AECID a través de su programa ARAUCLIMA.

Para la elaboración del texto se agradece el apoyo brindado por María José Luna, Nathalie Urbina y Nelcott Trujillo estudiantes de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central del Ecuador. Igualmente, los aportes del grupo de ex-becarios a China (ICBR-INBAR), de especialistas del MIDUVI, CONGOPE, AME, gobiernos, ministerios, corporaciones, organizaciones no gubernamentales, universidades, profesionales y otros actores de la sociedad civil que trabajan en la cadena de valor de Bambú en Ecuador.

Elaboración figuras: Andrea Oña, Viviana Saavedra, Anthony Espinoza, Rosana Dávila, Nelcott Trujillo, María José Luna y Nathalie Urbina

Editado por: Arq. Carlos Eduardo Rincón González

Diseño y diagramación: Christopher Cano, Estefanía Cano

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican por parte de la Red Internacional de Bambú y Ratán (INBAR) juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que INBAR apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

Las opiniones expresadas en esta publicación son las de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente los puntos de vista de INBAR. Todos los derechos reservados. INBAR fomenta la reproducción y difusión del material contenido en este producto informativo. Su uso para fines no comerciales se autorizará de forma gratuita previa solicitud. La reproducción para la reventa u otros fines comerciales, incluidos fines educativos, podría estar sujeta a pago de tarifas. Las solicitudes de autorización para reproducir o difundir material de cuyos derechos de autor sea titular INBAR y toda consulta relativa a derechos y licencias deberán dirigirse por correo electrónico a [info@inbar.int](mailto:info@inbar.int). La Red Internacional de Bambú y Ratán (INBAR) es una organización intergubernamental establecida en 1997, que cuenta con 44 estados miembros, dedicada a promover el desarrollo social, económico, y ambiental del bambú y ratán.

INBAR juega un rol fundamental en la búsqueda y demostración de formas innovadoras para usar el bambú a través de proyectos para proteger el paisaje, la biodiversidad, reducir la pobreza, y facilitar un comercio responsable entre los actores de la cadena. INBAR conecta una red global de plataformas público-privadas, a través de aliados gubernamentales, iniciativas privadas y sectores sin fines de lucro en más de 50 países, para definir y poner en práctica una agenda global para el desarrollo sostenible a través del bambú y ratán.

International Network for Bamboo and Rattan (INBAR)  
P. O. Box 100102-86  
Beijing 100102, P. R. China  
Tel: 00 86 10 64706161 Fax: 00 86 10 64702166  
Email: [info@inbar.int](mailto:info@inbar.int)  
[http:// www.inbar.int](http://www.inbar.int)

Red Internacional del Bambú y Ratán (INBAR)  
Oficina para América Latina y El Caribe  
Av. Eloy Alfaro y Amazonas, Edificio MAGAP. Piso 10. Quito-Ecuador  
Tel: 00 593 2 255 8381  
Email: [inbarlac@inbar.int](mailto:inbarlac@inbar.int)

# PREFACIO

El impulso al desarrollo de construcciones que cuenten con el uso de materiales sostenibles, como es el caso del bambú, son reconocidas cada vez más dentro de los programas y proyectos de vivienda implementados por los distintos gobiernos. Siendo una de las razones principales la contribución de este tipo de materiales en la reducción de la huella de carbono y por ende su aporte para afrontar el Cambio Climático.

El proyecto para “La regulación y promoción del manejo sostenible del Bambú en Ecuador y Perú como mecanismo para impulsar una economía verde, mejorar la regulación de fuentes hídricas, reducir las emisiones de carbono y fortalecer la lucha contra el cambio climático” denominado Proyecto Binacional Bambú-Araucliclima INBAR – AECID, ha alcanzado hitos trascendentales como la aprobación de ordenanzas municipales para el incentivo a la construcción con bambú y el manejo sostenible de manchas naturales en el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Santa Ana – Provincia de Manabí en Ecuador, así como la aprobación de la primera tipología a nivel nacional de Vivienda Unifamiliar de 2 dormitorios (Bahareque encementado con Bambú- paredes de 10 cm) por parte del Ministerio de Desarrollo Humano y Vivienda (MIDUVI). Todo esto en el marco de la Norma Ecuatoriana de la Edición Especial No. 842, el 19 de enero de 2017, que es de cumplimiento obligatorio a nivel nacional y debe ser considerada en todos los procesos constructivos que se realicen con bambú.

De esta manera es indispensable que el conocimiento y aplicación de los parámetros y procedimientos establecidos en la mencionada norma sean de fácil comprensión, razón por la cual, se desarrolla la presente “Guía didáctica para diseño y construcción de estructuras de Guadúa (GaK) y otros bambúes”, complementando el esfuerzo de fortalecimiento de capacidades técnicas para la construcción y diseño estructural con bambú de actores de la sociedad civil, gobierno central y local, Academia y otras entidades que bajo el enfoque de capacitación de capacitadores han formado parte de intervenciones del Proyecto Binacional Bambú-Araucliclima INBAR – AECID. Esperamos que esta guía sirva como referencia a nivel regional y nacional, especialmente para estudiantes e interesados en nuevos paradigmas tecnológicos y constructivos que demuestren mayor responsabilidad social y ambiental.

**Pablo Jácome Estrella**

Coordinador Regional para América Latina y el Caribe  
RED INTERNACIONAL DE BAMBÚ Y RATÁN, INBAR

# PRESENTACIÓN

El bambú, conocido como la planta de los mil usos es un recurso forestal que ha sido empleado desde los primeros registros históricos de la humanidad no solo para la elaboración de armas, cañas de pescar o instrumentos musicales, sino principiantes para la edificación de viviendas. En medio del apogeo del plástico y el acero en el que hoy vivimos, el bambú se consagra como una de las materias primas más sustentables del mundo, gracias a su versatilidad, ligereza, flexibilidad e increíble resistencia, actualmente desempeña una función fundamental en el ámbito de la construcción por sus propiedades estéticas, físico mecánicas y estructurales, al mismo tiempo que actúa como reconstituyente del ambiente.

En América Latina, principalmente en los centros históricos de pequeñas y grandes ciudades como Quito, Guayaquil y Lima, así como en la mayoría de las ciudades y pueblos del territorio del Paisaje Cultural Cafetero de Colombia, se encuentra considerable cantidad de edificaciones donde el bambú forma parte del sistema constructivo.

Por otro lado, muchas edificaciones existentes se consideran ilegales y/o informales dado que no cuentan con un soporte técnico que garantice el proceso constructivo de las mismas, comprometiendo de esta forma la seguridad y la estabilidad de los ocupantes.

En definitiva, es esta la razón que justifica la pertinencia de contar con un manual de construcción con base en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) con el fin de guiar al usuario desde la obtención, selección y corte de la Guadúa angustifolia Kunth (GaK) y otros bambúes, hasta su estudio estructural, preservación y puesta en obra.

# INTRODUCCIÓN

El presente documento constituye una guía para la correcta aplicación de normas y procedimientos establecidos en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) para la edificación de estructuras de Guadúa angustifolia Kurth (GaK) y bambú en general, identificada como NEC–SE–GUADÚA.

El contenido expuesto en este manual está destinado tanto a profesionales como no profesionales de la construcción y comprende tres secciones que pretenden describir e ilustrar varios aspectos importantes que deben ser cumplidos a cabalidad en un proceso constructivo con la finalidad de obtener resultados garantizados y estandarizados que demuestren el valor de la GaK y otras especies de bambú en la construcción.

La sección 1 describe los principales métodos para garantizar una adecuada obtención de culmos de GaK u otras especies de bambú como materia prima para el proceso constructivo, así como técnicas apropiadas de corte o requerimientos para un transporte seguro desde el gradual hasta la zona donde será utilizado el bambú.

Además, describe los métodos de preservación que ayudarán a prolongar la vida útil del bambú evitando sea afectado por insectos u otros agentes naturales. Por otro lado, también se describen los métodos de secado que proporcionan el nivel de humedad idóneo de los culmos para distintas localidades donde van a ser utilizados.

La sección 2 aborda temas relacionados al cálculo estructural; mientras que la sección 3, se enfoca en el diseño y construcción de elementos estructurales, tomando en cuenta características de los materiales de anclaje y medios de unión que garantizarán la calidad y seguridad del proyecto. Otro aspecto importante que se aborda en esta sección es el reconocimiento o identificación de los culmos que podrán ser usados como elementos estructurales, para ello se establecen requisitos mínimos y esenciales que se debe tomar en cuenta antes de definir un diseño estructural.

Finalmente, la tercera sección abordan temas enfocados al diseño y cálculo estructural, tomando en cuenta características de los materiales de anclaje y medios de unión que garantizarán la calidad y seguridad del proyecto.

# GLOSARIO

<b>GaK:</b>	<i>Guadua angustifolia</i>
<b>Culmo:</b>	Tallo herbáceo articulado, propio de las gramíneas.
<b>Líquenes:</b>	Organismo vegetal que resulta de la asociación de un hongo con un alga, que se presenta en forma de costra gris.
<b>Fisura:</b>	Hendidura o grieta producidas en un objeto.
<b>Horqueta:</b>	Parte de un árbol o planta en que una rama gruesa forma ángulo con el tronco.
<b>Diafragma:</b>	Membrana que establece separaciones en el interior de algunos frutos.
<b>Abrasivo:</b>	Producto sólido o líquido que desgasta una superficie.
<b>Higrómetro:</b>	Dispositivo que se usa para la medición de la humedad del aire.
<b>Adhesivos:</b>	Material no metálico, generalmente nos referimos a los adhesivos a materiales compuestos por polímeros orgánicos que se encuentran en un estado líquido cuando se aplican y se transforman en un estado sólido tras su posterior curado o endurecimiento.
<b>Corrosión:</b>	Pérdida o deterioro de las propiedades físicas y/o químicas de un metal, sobre todo el hierro, al interactuar con su medio.
<b>Sección transversal:</b>	Vista al interior de algo lograda cortando a través del mismo.
<b>Módulo de elasticidad:</b>	Parámetro que caracteriza el comportamiento de un material elástico, según la dirección en la que se aplica una fuerza.
<b>Carga muerta:</b>	Es el peso de todo objeto que no se mueva como baño, mesón, incluyendo el mismo peso de la construcción como columnas, vigas, paredes y pisos.
<b>Carga viva:</b>	Es el peso de muebles y personas, es decir todo lo que se pueda mover, también se le conoce como mobiliario.
<b>Carga de construcción:</b>	El peso que ha de soportar la edificación mientras se construye.
<b>Carga de viento:</b>	Es la fuerza con la que el viento choca contra la edificación.
<b>Carga de sismo:</b>	Es lo que puede soportar la edificación a un sismo o temblor.
<b>Carga de impacto:</b>	Es un peso de poca duración, por ejemplo, cuando la gente salta en las gradas de un estadio.
<b>Deflexiones:</b>	Deformación que ocurre cuando se aplica una fuerza.
<b>Aplastamiento:</b>	Deformación de un elemento estructural que se genera por apoyar una fuerza perpendicular a las fibras de la caña guadúa.
<b>Moteado:</b>	Salpicado con lunares o manchas de distintos colores.
<b>Corte en bisel:</b>	Borde que está cortado oblicuamente, no en ángulo recto.
<b>Tocón:</b>	Arte del tronco de un árbol que queda unida a la raíz cuando este es talado.
<b>Horcón:</b>	Madero vertical que en las casas rústicas sirve para sostener vigas o aleros de tejado. Estructura horizontal, formada por el encuentro de dos vertientes.
<b>Caballete:</b>	Compuestos que atraen agua en forma de vapor o de líquido de ambiente donde se encuentran, dada esta capacidad, a menudo son utilizados como desecantes.
<b>Higroscópicos:</b>	

**Hidrófugo:**

Se refiere al producto que obtura los poros de los hormigones y morteros mejorando su impermeabilidad.

**Epóxico:**

Material usado especialmente para la industria conformado por resina epoxi, principalmente metalmecánica, farmacéutica, de alimentos y química, por sus características califica como un piso industrial.

**Poliamida:**

Fibra sintética de poliamida que se utiliza principalmente en industria textil.

**Micrón:**

Unidad de medida que representa la milésima porción del milímetro, o sea 0.001 mm.

# CONTENIDO

## RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA EL USO DE LA GUADUA GaK Y OTROS BAMBÚES

<b>1.1</b>	Selección de los culmos de GaK en la plantación	<b>02</b>
<b>1.1.1</b>	Corte de culmos y ramas	<b>03</b>
<b>1.1.2</b>	Transporte de los culmos	<b>04</b>
<b>1.2</b>	Preservación o inmunización de la GaK y otros bambúes	<b>06</b>
<b>1.2.1</b>	Tipos de preservantes	<b>07</b>
<b>1.2.2</b>	Métodos de preservación	<b>07</b>
<b>1.2.2.1</b>	Preservación por avinagrado	<b>08</b>
<b>1.2.2.2</b>	Preservación por inmersión	<b>08</b>
<b>1.2.2.3</b>	Preservación por presión (Boucherie)	<b>10</b>
<b>1.2.2.4</b>	Preservación por difusión vertical	<b>11</b>
<b>1.3</b>	Secado	<b>11</b>
<b>1.3.1</b>	Secado al ambiente	<b>12</b>
<b>1.3.2</b>	Secado artificial	<b>13</b>
<b>1.4</b>	Almacenamiento	<b>14</b>
<b>1.4.1</b>	Almacenamiento vertical	<b>15</b>
<b>1.4.2</b>	Almacenamiento horizontal	<b>15</b>
<b>1.4.3</b>	Identificación de la GaK u otro tipo de bambú para la construcción	<b>17</b>

## DISEÑO ESTRUCTURAL CON GaK Y OTROS BAMBÚES

<b>2.1</b>	Requisitos de diseño	<b>20</b>
<b>2.2</b>	Requisitos de calidad para las estructuras en GaK	<b>22</b>
<b>2.3</b>	Método del diseño estructural	<b>24</b>
<b>2.3.1</b>	Esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad	<b>25</b>
<b>2.3.2</b>	Esfuerzos admisibles	<b>27</b>
<b>2.3.3</b>	Coeficiente de modificación	<b>29</b>
<b>2.3.3.1</b>	Por duración de la carga	<b>30</b>
<b>2.3.3.2</b>	Por contenido de unidad	<b>32</b>
<b>2.3.3.3</b>	Por temperatura	<b>34</b>
<b>2.3.3.4</b>	Por acción conjunta	<b>36</b>
<b>2.4</b>	Diseño de elementos sometidos a flexión	<b>37</b>
<b>2.4.1</b>	Perforaciones	<b>39</b>
<b>2.4.2</b>	Área neta	<b>40</b>
<b>2.4.3</b>	Luz de diseño	<b>42</b>

<b>2.4.4</b>	Deflexiones	<b>42</b>
<b>2.4.5</b>	Flexión	<b>45</b>
<b>2.4.5.1</b>	Estabilidad lateral y factor de modificación	<b>46</b>
<b>2.4.5.2</b>	Estabilidad lateral de vigas compuestas	<b>49</b>
<b>2.4.5.3</b>	Estabilidad lateral	<b>50</b>
<b>2.4.5.4</b>	Momento resistente	<b>51</b>
<b>2.4.6</b>	Cortante	<b>54</b>
<b>2.4.6.1</b>	Esfuerzo cortante paralelo a las fibras	<b>54</b>
<b>2.4.6.2</b>	Conectores en vigas de sección compuesta	<b>56</b>
<b>2.4.7</b>	Aplastamiento	<b>57</b>
<b>2.5</b>	Diseño de elementos solicitados por fuerza axial	<b>58</b>
<b>2.5.1</b>	Elementos solicitados a tensión axial	<b>59</b>
<b>2.5.2</b>	Tensión perpendicular a la fibra	<b>60</b>
<b>2.5.3</b>	Elementos solicitados a compresión axial	<b>60</b>
<b>2.5.3.1</b>	Longitud efectiva	<b>60</b>
<b>2.5.3.2</b>	Esbeltez	<b>62</b>
<b>2.5.3.3</b>	Elementos constituidos por dos o más culmos	<b>63</b>
<b>2.5.3.4</b>	Clasificación de columnas	<b>64</b>
<b>2.5.3.5</b>	Esfuerzos máximos	<b>66</b>
<b>2.6</b>	Diseño de elementos solicitados por flexión y carga axial	<b>67</b>
<b>2.6.1</b>	Elementos solicitados a flexión con tensión axial	<b>67</b>
<b>2.6.2</b>	Elementos solicitados a flexo-compresión	<b>69</b>
<b>2.7</b>	Muros de corte, carga lateral, sismo o viento	<b>71</b>
<b>2.7.1</b>	Requisitos de resistencia y rigidez	<b>71</b>
<b>2.8</b>	Diseño de uniones	<b>73</b>

## **DISEÑO ARQUITECTÓNICO CON GaK Y OTROS BAMBÚES**

<b>3.1</b>	Consideraciones generales	<b>75</b>
<b>3.2</b>	Adquisición de los culmos de GaK u otros bambúes	<b>76</b>
<b>3.3</b>	Protección por diseño	<b>77</b>
<b>3.4</b>	Cimentación y sobrecimiento	<b>79</b>
<b>3.5</b>	Anclaje de los culmos a los sobrecimientos	<b>80</b>
<b>3.5.1</b>	Mediante varillas de acero	<b>80</b>
<b>3.5.2</b>	Mediante pletinas de acero	<b>82</b>
<b>3.6</b>	Cortes para uniones entre culmos de GaK y otros bambúes	<b>83</b>
<b>3.7</b>	Uniones entre piezas estructurales de GaK y otros bambúes	<b>85</b>
<b>3.7.1</b>	Requisitos generales para la realización de las uniones	<b>86</b>
<b>3.7.2</b>	Uniones con pernos y con pletinas	<b>87</b>
<b>3.7.2.1</b>	Uniones longitudinales	<b>90</b>
<b>3.7.2.2</b>	Uniones perpendiculares	<b>92</b>
<b>3.7.2.3</b>	Uniones perpendiculares con disco y media caña metálica	<b>93</b>
<b>3.7.2.4</b>	Uniones diagonales	<b>94</b>
<b>3.7.2.5</b>	Uniones zunchadas	<b>96</b>
<b>3.7.2.6</b>	Otras uniones	<b>96</b>

<b>3.8</b>	Elementos constructivos del Gak Columnas	<b>97</b>
<b>3.8.1</b>	Columnas	<b>97</b>
<b>3.8.2</b>	Vigas	<b>98</b>
<b>3.8.2.1</b>	Paneles con estructura de GaK	<b>98</b>
<b>3.8.2.2</b>	Paneles con estructura de madera	<b>100</b>
<b>3.8.2.3</b>	Paneles con estructura de GaK y madera	<b>101</b>
<b>3.8.2.3.1</b>	Uniones entre muros	<b>102</b>
<b>3.8.2.4</b>	Recubrimiento y aseguramiento de los paneles	<b>103</b>
<b>3.8.2.4.1</b>	Recubrimiento con latillas de culmos de GaK	<b>104</b>
<b>3.8.2.4.2</b>	Recubrimiento con caña picada	<b>106</b>
<b>3.8.2.4.3</b>	Recubrimiento con mortero de arena-cemento	<b>108</b>
<b>3.8.2.4.4</b>	Recubrimiento con tableros prensados de GaK o bambú	<b>109</b>
<b>3.8.3</b>	Entrepiso	<b>110</b>
<b>3.8.4</b>	Cubierta	<b>111</b>
<b>3.8.4.1</b>	Estructura de la cubierta	<b>111</b>
<b>3.8.4.2</b>	Recubrimiento de la cubierta	<b>112</b>
<b>3.8.4.3</b>	Cielo raso de la cubierta	<b>113</b>
<b>3.9</b>	Acabado y mantenimiento	<b>113</b>
<b>3.9.1</b>	Ejercicio de Aplicación - Prototipo de vivienda Santa Ana	<b>115</b>
<b>3.9.2</b>	Modelado 3D casa bioclimática	<b>120</b>

## **ANEXOS PROTOTIPO DE VIVIENDA SISTEMA CONJUNTIVO CON BAHAREQUE ENCEMENTADO**

	Cimentación	<b>125</b>
	Paneles con estructura de GaK	<b>126</b>
	Recubrimiento con bahareque encementado	<b>127</b>
	Uniones perpendiculares en cubierta	<b>128</b>
	Construcción en bahareque	<b>129</b>
	Lista de chequeo - cimentaciones	<b>132</b>
	Lista de chequeo - procedimiento para construcción	<b>133</b>
	Lista de chequeo - cimentaciones	<b>134</b>

# TABLA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1</b>	Selección de culmos	<b>02</b>
<b>FIGURA 2</b>	Detalle de culmo de Gak maduro	<b>02</b>
<b>FIGURA 3</b>	Detalle de culmo de Gak sobremaduro	<b>03</b>
<b>FIGURA 4</b>	Detalle de culmo de Gak afectado por aves o insectos	<b>03</b>
<b>FIGURA 5</b>	Corte recto	<b>03</b>
<b>FIGURA 6</b>	Corte de ramas	<b>04</b>
<b>FIGURA 7</b>	Trasporte y apilamiento de culmos de Gak	<b>05</b>
<b>FIGURA 8</b>	Apilamiento de culmos	<b>05</b>
<b>FIGURA 9</b>	Preservación de los culmos de Gak	<b>06</b>
<b>FIGURA 10</b>	Inmersión de los culmos de Gak	<b>07</b>
<b>FIGURA 11</b>	Preservación por avinagrado	<b>08</b>
<b>FIGURA 12</b>	Preservación por inmersión	<b>09</b>
<b>FIGURA 13</b>	Medición de contenido de humedad con un higrómetro	<b>09</b>
<b>FIGURA 14</b>	Preservación a presión	<b>10</b>
<b>FIGURA 15</b>	Preparación de los culmos para el preservado	<b>10</b>
<b>FIGURA 16</b>	Secado	<b>12</b>
<b>FIGURA 17</b>	Secado	<b>12</b>
<b>FIGURA 18</b>	Secado al ambiente	<b>13</b>
<b>FIGURA 19</b>	Secado Artificial	<b>14</b>
<b>FIGURA 20</b>	Almacenamiento de culmos	<b>15</b>
<b>FIGURA 21</b>	Almacenamiento horizontal	<b>16</b>
<b>FIGURA 22</b>	Partes del culmo	<b>18</b>
<b>FIGURA 23</b>	Panel con estructura de Gak y madera	<b>21</b>
<b>FIGURA 24</b>	Estructura de GaK	<b>21</b>
<b>FIGURA 25</b>	Determinación de diámetro	<b>23</b>
<b>FIGURA 26</b>	Determinación de espesor real	<b>23</b>
<b>FIGURA 27</b>	Esfuerzos en viga	<b>24</b>
<b>FIGURA 28</b>	Esfuerzos admisibles	<b>24</b>
<b>FIGURA 29</b>	Tipos de fallas	<b>25</b>
<b>FIGURA 30</b>	Deformación de elementos estructurales	<b>29</b>
<b>FIGURA 31</b>	Coeficientes de modificación	<b>30</b>
<b>FIGURA 32</b>	Esfuerzos admisibles en elementos estructurales	<b>30</b>
<b>FIGURA 33</b>	Dimensionamiento de elementos	<b>32</b>
<b>FIGURA 34</b>	Contenidos de humedad de la GaK	<b>33</b>
<b>FIGURA 35</b>	Modificaciones de la GaK por temperatura	<b>34</b>
<b>FIGURA 36</b>	Ejemplo de estructura en condición de servicio húmedo	<b>35</b>
<b>FIGURA 37</b>	Ejemplo de estructura en condición de servicio seco	<b>36</b>
<b>FIGURA 38</b>	Acción conjunta incorrecta	<b>36</b>
<b>FIGURA 39</b>	Acción conjunta correcta	<b>37</b>
<b>FIGURA 40</b>	Elementos sometidos a flexión	<b>37</b>
<b>FIGURA 41</b>	Esfuerzo a comprensión y flexión	<b>38</b>
<b>FIGURA 42</b>	Corte paralelo a la fibra	<b>38</b>
<b>FIGURA 43</b>	Viga de sección compuesta	<b>39</b>

<b>FIGURA 44</b>	Cargas puntuales aplicadas a 90°	<b>39</b>
<b>FIGURA 45</b>	Perforacion en zonas de tensión	<b>39</b>
<b>FIGURA 46</b>	Perforación para relleno en entrenudos	<b>40</b>
<b>FIGURA 47</b>	Corte en la sección transversal	<b>40</b>
<b>FIGURA 48</b>	Área neta	<b>41</b>
<b>FIGURA 49</b>	Diámetro externo e interno	<b>41</b>
<b>FIGURA 50</b>	Espesor de la pared de la GaK	<b>41</b>
<b>FIGURA 51</b>	Distancia entre columnas	<b>42</b>
<b>FIGURA 52</b>	Deflexiones	<b>43</b>
<b>FIGURA 53</b>	Momento máximo	<b>46</b>
<b>FIGURA 54</b>	Ejemplo de sección compuesta	<b>46</b>
<b>FIGURA 55</b>	Ejemplo de pandeo en una columna	<b>47</b>
<b>FIGURA 56</b>	Viga de sección compuesta	<b>47</b>
<b>FIGURA 57</b>	Detalle de viga de sección compuesta	<b>48</b>
<b>FIGURA 58</b>	Riostra angular	<b>48</b>
<b>FIGURA 59</b>	Riostra en K	<b>49</b>
<b>FIGURA 60</b>	Riostra en Cruz	<b>49</b>
<b>FIGURA 61</b>	Inercia Individual	<b>53</b>
<b>FIGURA 62</b>	Inercia Individual	<b>53</b>
<b>FIGURA 63</b>	Sección transversal de un culmo de bambú	<b>55</b>
<b>FIGURA 64</b>	Detalle de conector transversal para viga de sección compuesta	<b>56</b>
<b>FIGURA 65</b>	Esfuerzo a compresión	<b>57</b>
<b>FIGURA 66</b>	Esfuerzo a fuerza axial	<b>58</b>
<b>FIGURA 67</b>	Tensión perpendicular a la fibra	<b>60</b>
<b>FIGURA 68</b>	Ejercicio de esbeltez	<b>63</b>
<b>FIGURA 69</b>	Radio de giro	<b>64</b>
<b>FIGURA 70</b>	Tipos de columnas	<b>65</b>
<b>FIGURA 71</b>	Espesor y diámetro exterior	<b>66</b>
<b>FIGURA 72</b>	Elementos a flexión y carga axial	<b>67</b>
<b>FIGURA 73</b>	Elemento a flexión con tensión axial	<b>68</b>
<b>FIGURA 74</b>	Flexión con tensión axial	<b>68</b>
<b>FIGURA 75</b>	Elementos a flexo-compresión	<b>69</b>
<b>FIGURA 76</b>	Muros en GaK y otros bambúes encementado	<b>70</b>
<b>FIGURA 77</b>	Muro de corte	<b>71</b>
<b>FIGURA 78</b>	Unión de diafragma y muro de corte	<b>72</b>
<b>FIGURA 79</b>	Detalle de panel conectado a la cimentación	<b>72</b>
<b>FIGURA 80</b>	Cubierta provisional en obra	<b>76</b>
<b>FIGURA 81</b>	Detalle de apoyo de columnas de GaK en sobrecimiento	<b>77</b>
<b>FIGURA 82</b>	Protección de las edificaciones de las escorrentías	<b>78</b>
<b>FIGURA 83</b>	Detalle de cimiento y sobrecimiento	<b>79</b>
<b>FIGURA 84</b>	Detalle de cimiento y sobrecimiento (Plinto)	<b>80</b>
<b>FIGURA 85</b>	Anclaje mediante varillas de acero (La cabeza del sobrecimiento se cubre mediante plancha metálica)	<b>81</b>
<b>FIGURA 86</b>	Anclaje mediante varillas de acero (La cabeza del sobrecimiento se cubre con neopreno)	<b>82</b>
<b>FIGURA 87</b>	Ejemplo de un anclaje con pletina	<b>83</b>

<b>FIGURA 88</b>	Boca de pescado	<b>84</b>
<b>FIGURA 89</b>	Pico de flauta	<b>84</b>
<b>FIGURA 90</b>	Recto con orejas	<b>84</b>
<b>FIGURA 91</b>	A bisel	<b>85</b>
<b>FIGURA 92</b>	Uniones de piezas estructurales	<b>85</b>
<b>FIGURA 93</b>	Fuerza perpendicular a las fibras	<b>86</b>
<b>FIGURA 94</b>	Corte paralelo a las fibras	<b>86</b>
<b>FIGURA 95</b>	Unión con pernos y pletina	<b>87</b>
<b>FIGURA 96</b>	Unión con pernos	<b>88</b>
<b>FIGURA 97</b>	Vaciado del mortero	<b>88</b>
<b>FIGURA 98</b>	Unión zunchada	<b>89</b>
<b>FIGURA 99</b>	Unión amarrada	<b>89</b>
<b>FIGURA 100</b>	Unión con mortero	<b>90</b>
<b>FIGURA 101</b>	Culmos conectados con pieza de madera	<b>90</b>
<b>FIGURA 102</b>	Culmos conectados con pieza metálica	<b>91</b>
<b>FIGURA 103</b>	Culmos conectados en forma paralela mediante pernos	<b>91</b>
<b>FIGURA 104</b>	Uniones perpendiculares a	<b>92</b>
<b>FIGURA 105</b>	Uniones perpendiculares b	<b>93</b>
<b>FIGURA 106</b>	Uniones perpendiculares con disco y media caña metálica	<b>94</b>
<b>FIGURA 107</b>	Tipos de corte para uniones de GaK	<b>94</b>
<b>FIGURA 108</b>	Pico de flauta	<b>95</b>
<b>FIGURA 109</b>	Unión diagonal	<b>95</b>
<b>FIGURA 110</b>	Unión diagonal (variaciones)	<b>96</b>
<b>FIGURA 111</b>	Otras uniones	<b>96</b>
<b>FIGURA 112</b>	Columna compuesta por 5 culmos y que soportan vigas dobles transversales	<b>97</b>
<b>FIGURA 113</b>	Vigas compuestas	<b>98</b>
<b>FIGURA 114</b>	Panel con estructura de culmos de GaK	<b>99</b>
<b>FIGURA 115</b>	Detalle uniones en panel con estructura de culmos de GaK	<b>99</b>
<b>FIGURA 116</b>	Paneles estructurales con GaK	<b>100</b>
<b>FIGURA 117</b>	Paneles con estructuras de madera (semidura) de sección 5 x 5	<b>100</b>
<b>FIGURA 118</b>	Detalle de uniones de paneles con estructuras de madera(semidura)	<b>101</b>
<b>FIGURA 119</b>	Detalle de unión de la columna de GaK a la solera de madera	<b>101</b>
<b>FIGURA 120</b>	Paneles con estructura de GaK y madera	<b>102</b>
<b>FIGURA 121</b>	Uniones entre muros	<b>102</b>
<b>FIGURA 122</b>	Unión con zunchos	<b>103</b>
<b>FIGURA 123</b>	Detalles de la vista superior de la unión de dos muros de bambú	<b>103</b>
<b>FIGURA 124</b>	Recubrimiento de panel con latillas	<b>104</b>
<b>FIGURA 125</b>	Latilla	<b>104</b>
<b>FIGURA 126</b>	Detalle de panel con latillas	<b>105</b>
<b>FIGURA 127</b>	Anclaje de latillas al panel de bambú	<b>105</b>
<b>FIGURA 128</b>	Incisión en cruz en las latillas	<b>106</b>
<b>FIGURA 129</b>	Panel con recubrimiento	<b>106</b>
<b>FIGURA 130</b>	Recubrimiento con caña picada	<b>107</b>

<b>FIGURA 131</b>	Detalle de panel con caña picada	<b>107</b>
<b>FIGURA 132</b>	Detalle anclaje de caña picada al panel de bambú	<b>108</b>
<b>FIGURA 133</b>	Panel recubierto con caña chancada o picada	<b>108</b>
<b>FIGURA 134</b>	Recubrimiento de paredes con mortero de arena cemento	<b>109</b>
<b>FIGURA 135</b>	Recubrimientos con tableros prensados	<b>110</b>
<b>FIGURA 136</b>	Detalle de entrepiso de concreto	<b>111</b>
<b>FIGURA 137</b>	Estructura de cubierta	<b>112</b>
<b>FIGURA 138</b>	Detalle de recubrimiento de cubierta	<b>112</b>
<b>FIGURA 139</b>	Cielo raso	<b>113</b>
<b>FIGURA 140</b>	Pintura esmalte para acabados	<b>114</b>



01

**RECOMENDACIONES  
TÉCNICAS PARA EL  
USO DE LA GUADÚA  
(GaK) Y OTROS  
BAMBÚES**

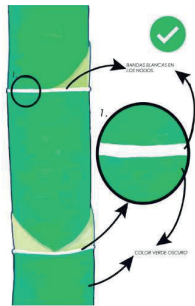
La calidad de un proyecto de construcción empieza con una adecuada obtención de los culmos desde el guadal. Para prolongar la vida útil del bambú y garantizar que los elementos alcancen los niveles óptimos de humedad para el sitio de construcción, es fundamental emplear métodos apropiados de conservación, secado y almacenamiento.

# 1.1 Selección de los culmos de GaK en la plantación

Para obtener Bambú de alta calidad, es necesario que los productores control de la edad de cada culmo en las plantaciones. En construcción es importante adquirir culmos maduros que hayan alcanzado entre 4 y 6 años, dado que han alcanzado su mayor resistencia y menor contenido de humedad. Sin embargo, existen varios signos visibles que indican su madurez y que contribuyen a una selección adecuada:

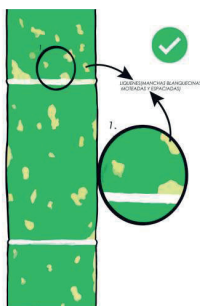


**FIGURA 1  
SELECCIÓN DE CULMOS**



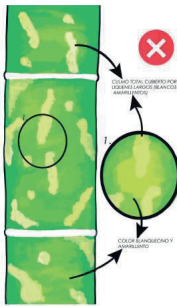
a) Color verde oscuro, cuyas bandas blancas en los nudos son muy notorias. (Caña tierna de 2 – 3 años) no apta.

**FIGURA 2  
DETALLE DE CULMO DE GAK MADURO**



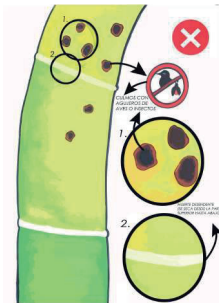
b) La presencia de manchas espaciadas (líquenes en el culmo) en forma de cúmulos de color son indicativos de un culmo maduro y apto para su aprovechamiento en la construcción. Si carece de estas manchas, se trata de un culmo no maduro y no apto para construcción.

**FIGURA 3  
DETALLE DE CULMO DE GaK SOBREMADURO**



c) Si el culmo se encuentra totalmente cubierto de líquenes, y es de color blanquecino-amarillento, es indicativo de que es un culmo viejo sobre maduro, no apto para ser usado en construcción.

**FIGURA 4  
DETALLE DE CULMO DE GaK AFECTADO POR AVES O INSECTOS**

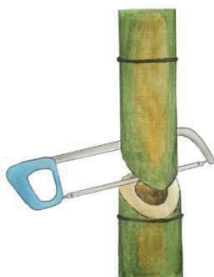


d) Los culmos con agujeros producidos por aves e insectos, o que presenten muerte descendente (cuando la planta empieza a secarse desde la parte alta de la guadua hacia abajo) deben ser desechados.

## 1.1.1 Corte de culmos y ramas

Una vez seleccionados los culmos que van a ser utilizados en la construcción, es imprescindible realizar un corte correcto considerando los siguientes aspectos:

**FIGURA 5  
CORTE RECTO**

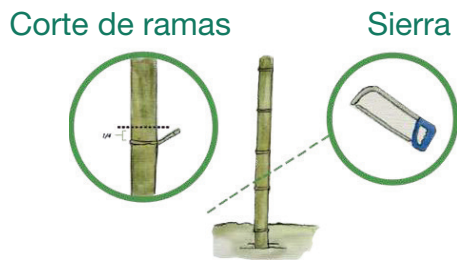


a) Separados los culmos maduros, estos deben ser cortados al ras del primer nudo inferior (corte recto), así se evitará que el tocón acumule agua y provoque su pudrición desde la raíz de la planta.

b) Después del corte se derribará el culmo, evitando que en su caída se reviente, fisure o rompa. Usar un horcón u horqueta, para que el tumbado del culmo sea seguro.

Se realiza un corte recto en el tallo en la dirección de la caída

**FIGURA 6**  
**CORTE DE RAMAS**



c) El corte de las ramas se realizará con machete o sierra, desde el ángulo inferior que forma con cada rama hasta la parte superior, con el fin de evitar el desgarramiento de las fibras del culmo.

d) Luego se extraerán los culmos, evitar que el mismo no se deterioren sus extremos por el arrastre.

e) El corte o selección de los culmos se realizarán tanto en longitud como en diámetro según estándares comerciales o requerimientos y especificaciones técnicas según el constructor.

Nota: Aunque al bambú es considerado un elemento forestal – no maderable, el número de tallos a ser cortados los dará el inventario forestal a través de una licencia forestal otorgada por MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería), registro forestal otorgado por el MAE (Ministerio del Ambiente a través del portal web de SPF (Subsecretaría de Producción Forestal) y SAF (Sistema de Administración Forestal) respectivamente.

## 1.1.2 Transporte de los culmos

Después de que los culmos de Gak u otros bambúes han pasado por el debido proceso de corte, es necesario que sean transportados adecuadamente con el fin de evitar cualquier tipo de daño que afecte a su estructura, por lo cual se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

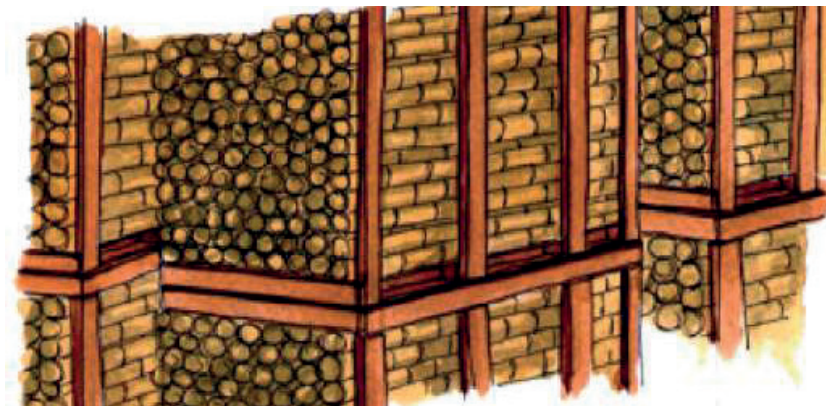
a) El transporte de los culmos se realizará mediante empleo de vehículos registrados en el SAF (MAE) o en el SPF (MAG), en donde la longitud de carga será igual o mayor a la longitud de corte de los culmos (6m, 9m, 12m).

b) Durante el embarque, movilización y desembarque se debe evitar todo tipo de impacto que afecte al material.

**FIGURA 7**  
**TRASPORTE Y APILAMIENTO DE CULMOS DE GAK**



**FIGURA 8**  
**APILAMIENTO DE CULMOS**

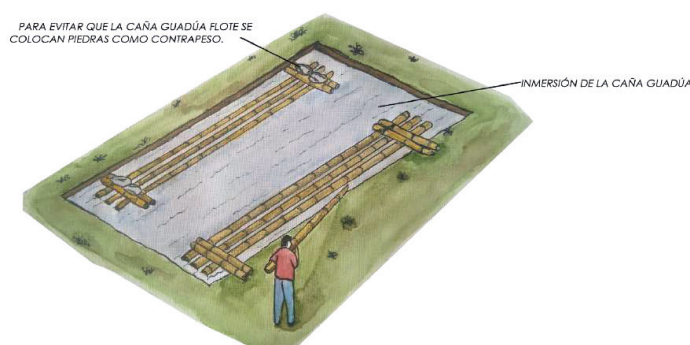


- c) Para el apilamiento de los culmos se dispondrán en cúmulos de hasta 2m de alto colocando a los de mayor diámetro en la base inferior con el fin de evitar aplastamientos
- d) La disposición de la GaK u otro tipo de bambú será por capas horizontales, alternando en una capa la parte basal (extremo inferior del culmo) y en otra las de menor diámetro.
- e) El transporte de los culmos mediante el empleo de vehículos, cumplirá con las regulaciones establecidas por los Ministerios competentes (MAGAP y MAE) y la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial.

# 1.2 Preservación o inmunización de la GaK y otros bambúes

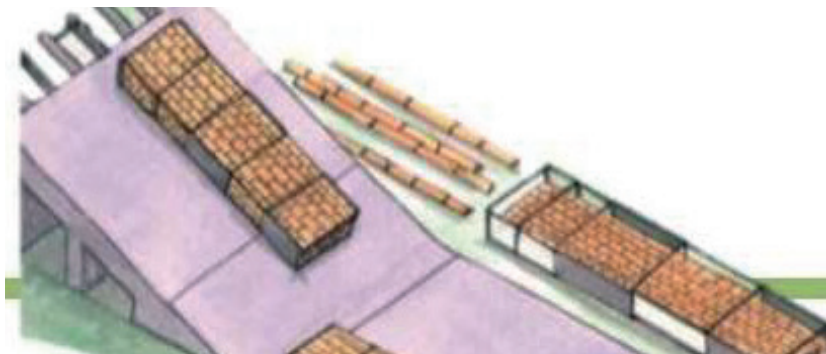
La preservación es el método mediante el cual los culmos de GaK u otros bambúes se someten a un proceso que garantiza su protección y conservación para evitar el daño por factores naturales y aumentar la vida útil del bambú con el fin de mantener su resistencia y valor estético. Existen métodos tradicionales y métodos químicos, estos últimos deben ser aplicados adecuadamente para no afectar la salud y el ambiente.

**FIGURA 9**  
**PRESERVACIÓN DE LOS CULMOS DE GaK**



- El bambú es un material orgánico, que puede degradarse ante ciertas condiciones como el ataque de hongos o insectos. Por este motivo se lo debe inmunizar antes de ser instalado como elemento estructural.
- Para un buen tratamiento, se debe tomar en cuenta el mejor método para la impregnación de la sustancia preservante, este método debe generar el menor impacto ambiental y cuidar a los seres humanos.
- Para un buen manejo de los preservantes, se debe tomar en cuenta las recomendaciones hechas por los proveedores de los productos.

**FIGURA 10**  
**INMERSIÓN DE LOS CULMOS DE GaK**



Para la inmunización de los culmos de la caña guadúa se pueden utilizar los mismos preservantes indicados para las estructuras de madera, estos pueden ser de dos tipos:

a) Preservantes Hidrosolubles (se puede disolver en agua), entre los preservantes más comunes encontramos al Bórax y el ácido bórico, sales CCA, Arseniato de Cobre Cromatado. (Estos productos son utilizados para inhibir la acción de hongos, bacterias e insectos).

## 1.2.1 Tipos de preservantes

Para la inmunización de los culmos de la caña guadúa se pueden utilizar los mismos preservantes indicados para las estructuras de madera, estos pueden ser de dos tipos:

a) Preservantes Hidrosolubles (se puede disolver en agua), entre los preservantes más comunes encontramos al Bórax y el ácido bórico, sales CCA, Arseniato de Cobre Cromatado. (Estos productos son utilizados para inhibir la acción de hongos, bacterias e insectos).

b) Preservantes oleo solubles (son solubles en aceites o derivados del petróleo e insolubles en agua) Por ejemplo: Pentaclorofenato de sodio, óxido de tri-n-butil estaño. (altamente tóxicos)

## 1.2.2 Métodos de preservación

Los procesos que se presentan a continuación son los más usados.

## 1.2.2.1 Preservación por Avinagrado

Es un método natural, que se realiza directamente en la plantación después del corte, sin usar aditivos. El culmo es apoyado con sus respectivas ramas y hojas intactas, al resto de culmos vecinos en posición vertical, por el lapso de tres semanas antes del tumbado. En este proceso se disminuye los azúcares, almidones y humedad del bambú con el fin de limitar o evitar el ataque de insectos y microorganismos. Se debe tomar en cuenta que la efectividad de este método depende también del adecuado manejo del guadual, es decir, que la plantación efectúe una poda y un mantenimiento adecuado al tiempo y al lugar. Es necesario que, a este método, se lo acompañe de otros tipos de preservación como los que se describen en esta sección.

**FIGURA 11**  
**PRESERVACIÓN POR AVINAGRADO**



## 1.2.2.2 Preservación por Inmersión

Es uno de los métodos más utilizados y se realiza mediante las siguientes actividades:

- Perforación a lo largo de los diafragmas interiores de los culmos, mediante una varilla de acero corrugada (no lisa) de 12 mm (1/2") a 16 mm de diámetro (5/8").
- Lavado exterior del culmo usando materiales o líquidos poco abrasivos, es decir que no rayen o deterioren la corteza del culmo, como el lustre o la hidro lavadora.
- Se introducen los culmos en el tanque de preservación, donde previamente se ha colocado el líquido preservante en la dosis formulada (por cada 96 litros de agua se recomienda 2 Kg de cada uno de los químicos: bórax y ácido bórico). Los polvos químicos mencionados son diluidos en forma parcial en recipientes de 5 galones de agua a temperatura entre 50°C y 80°C.
- La inmersión o sumergimiento de los culmos se debe realizar procurando que el extremo superior

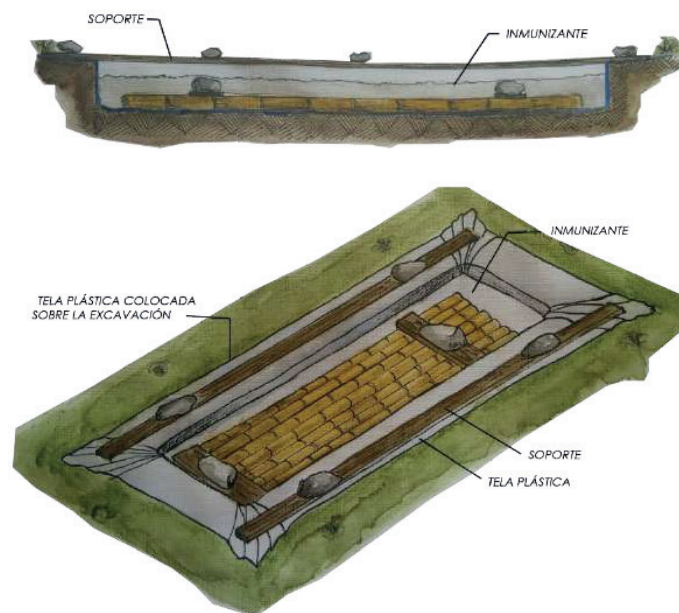
del culmo sobresalga o quede expuesto a la superficie para que el aire contenido se desplace hacia el exterior formando burbujas.

e) El tiempo de inmersión debe ser mínimo 5 días en condiciones de temperatura ambiente o 6 horas aplicando temperatura de entre 60°C y 80°C. Una vez cumplido el tiempo establecido los culmos son extraídos y escurridos para su secado final.

f) Posterior a la extracción de los culmos, estos son colocados en forma inclinada con la parte basal o de mayor diámetro hacia arriba, para permitir que escurra el exceso de líquido preservante antes de llevarlos al sitio de secado.

g) Para que los culmos tengan la capacidad de absorción del preservante, el contenido de humedad de la GaK deberá ser como mínimo del 30% medido con el higrómetro digital que debe tener una calibración baja para maderas duras tipo A.

**FIGURA 12**  
**PRESERVACIÓN POR INMERSIÓN**



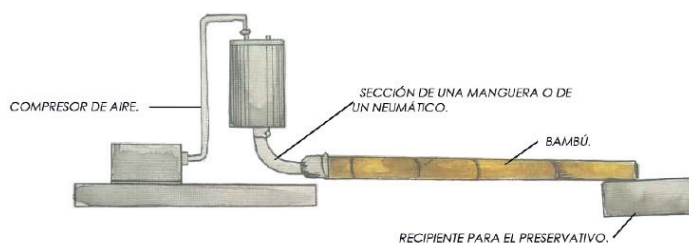
**FIGURA 13**  
**MEDICIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD CON UN HIGRÓMETRO**



## 1.2.2.3 Preservación por Presión (Boucherie)

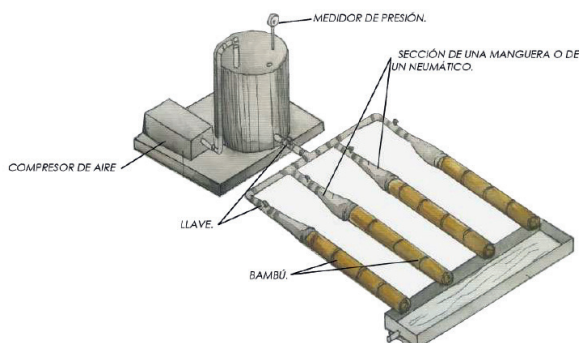
Este método requiere el empleo de un equipo de compresión o tanque de presión que inyectará el líquido preservante en cada culmo. Para la aplicación de este método se requiere culmos recién cortados (máximo 8 horas desde realizado el corte), para evitar que el secado natural cierre los poros y vasos del culmo. En caso de que esto suceda, se recomienda cortar 0.10 m a 0.15 m del culmo.

**FIGURA 14  
PRESERVACIÓN A PRESIÓN**



- Se debe colocar el líquido preservante en el tanque de presión. Los culmos deben estar en posición horizontal y sus bases estarán acopladas a unas mangueras con boquillas de caucho que conectan con el tanque. Es importante que los diafragmas de los culmos no estén perforados
- El paso del aire y del líquido preservante están regulados por válvulas de calibración.
- Se debe recolectar el excedente de preservante y dar el tratamiento adecuado para evitar la contaminación del ambiente.

**FIGURA 15  
PREPARACIÓN DE LOS CULMOS PARA EL PRESERVADO**



## 1.2.2.4 Preservación por Difusión Vertical

Para éste método es importante verificar que los culmos no presentarán fisuras ni agujeros, para evitar el desperdicio del preservante.

a) Los diafragmas interiores de los culmos deben ser perforados mediante una varilla de acero de 12 mm (1/2") a 16 mm (5/8") de diámetro a excepción del último.

b) Los culmos deben colocarse en posición vertical colocando el diafragma que no fue perforado en la parte inferior. Se llena cada culmo por su parte superior con el líquido preservante y se mantiene los culmos en la misma posición por tres semanas, siempre cuidando que el nivel del líquido se mantenga.

c) Después de ese tiempo perforar el último diafragma, para la salida del líquido sobrante. d) Se debe recolectar el excedente de preservante y dar el tratamiento adecuado, para evitar afectaciones al ambiente o a la salud.

## 1.3 Secado

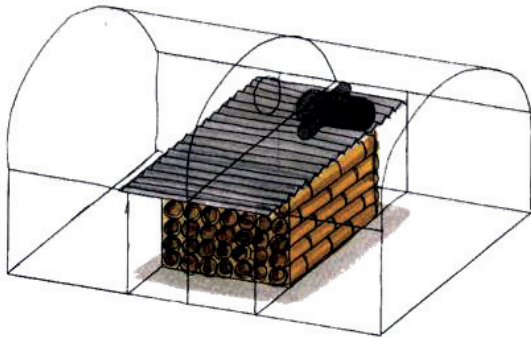
Para culminar el proceso de preparación del bambú previo a la puesta en obra estos deben ser secados. El bambú al ser un material orgánico que contiene poros tiene la capacidad de absorber la humedad que se encuentra en el ambiente, esta humedad puede estar en estado líquido o como vapor. Si la humedad del material aumenta, puede ser atacado por factores ambientales, de tal manera que:

a) Los culmos de GaK que utilizaremos para construir, tienen que secarse hasta que tengan una humedad igual o inferior a la humedad de equilibrio del lugar.

b) Es necesario vigilar cuanta humedad tienen los culmos con el higrómetro, esto se debe hacer desde que se extrae de la plantación. Los culmos deben tener una calibración baja para maderas duras Tipo A.

c) Si el material es bien secado, impide que sufran deformaciones, fisuras y daños que no se puedan corregir, ante la pérdida de humedad que pueda darse después al momento de utilizarlo en la estructura.

**FIGURA 16  
SECADO**



**FIGURA 17  
SECADO**



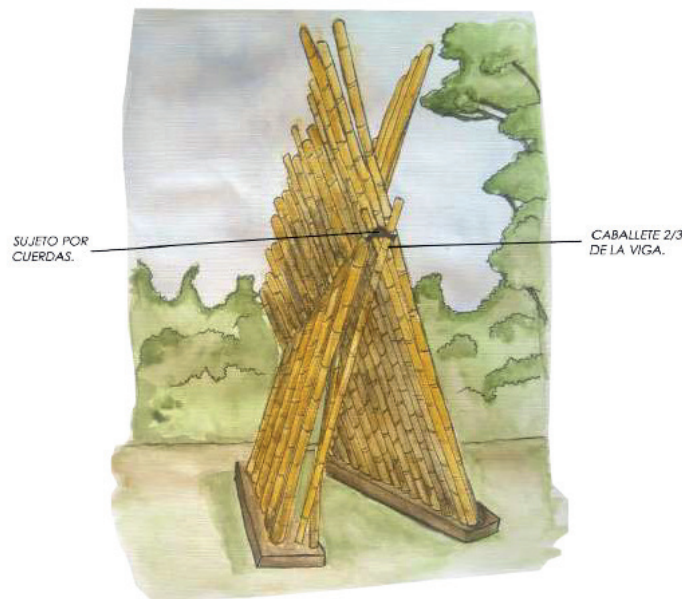
## 1.3.1 Secado al ambiente

Esta tarea es muy sencilla, se realiza en forma vertical en un lugar bien ventilado, procurando evitar el deterioro de los culmos por acción del clima y de los insectos.

- a) Los culmos deben ser colocadas de manera intercalada en un caballete de manera que no estén en contacto con el suelo.
- b) La altura del caballete no debe sobre pasar de los  $2/3$  del largo de la viga.
- c) Las vigas o culmos ubicados en el centro y los extremos del caballete deben estar sujetos a éste por medio de cuerdas para evitar que las vigas se deslicen.
- d) Para montar y desmontar los culmos en el caballete se debe hacer en forma alternada (forma de tijera) para evitar que el caballete se caiga.
- e) Dentro de los primeros 15 días se debe girar o voltear las vigas una vez en el día para que el secado sea uniforme.
- f) El tiempo de secado dependerá de las condiciones climáticas del lugar, oscilando entre 2 y 6 meses la culminación de este proceso.
- g) Una vez finalizado el tiempo de secado, es importante verificar que el culmo haya alcanzado el contenido de humedad correcto que será igual o inferior a la humedad de equilibrio del lugar (Ver apéndice 3: Media Anual de Humedad de Equilibrio de Madera en Varias Localidades del Ecuador / NEC-SE-GUADÚA).

Los culmos que cumplan con esta condición serán almacenados bajo techo o en su defecto, podrán ser usados en un proyecto de construcción.

**FIGURA 18**  
**SECADO AL AMBIENTE**



## 1.3.2 Secado artificial

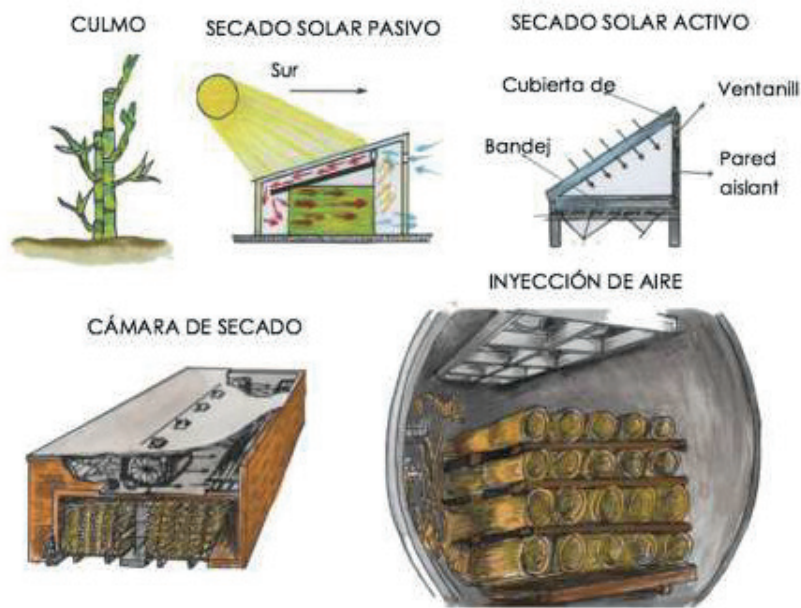
Dentro de las formas de secado artificial (artificial porque el hombre modifica el ambiente), hay varias que utilizan diferentes etapas de control, como es el caso de las cámaras o cuartos de secado en el que se controla la calidad del aire (temperatura y humedad), procurando que los culmos permanezcan intactos, previniendo aplastamientos, rajaduras o fisuras mayores.

Antes de utilizar este método es necesario realizar el pre secado por 8 días, tal como se detalla en el proceso de secado al ambiente (literales del a al e). El secado artificial ahorra tiempo en comparación al secado al ambiente, debido a que permite un control de la temperatura, la humedad y el flujo de aire. Los métodos más utilizados son:

- Hornos de secado: Alimentados y generados por combustible que puede ser líquido, sólido, o gaseoso.
- Inyección de aire caliente: Los culmos deben estar colocados horizontalmente y bajo techo o cubierta. Con un ventilador y mangueras de plástico se conecta al interior de cada culmo inyectando aire caliente.
- Secado solar: Esto se obtiene mediante acción solar y la utilización de equipos mecánicos que pueden ser de 2 tipos:

- Secadores solares pasivos: Son cámaras de secado que requieren de un colector solar. Mediante compuertas sale el aire caliente impregnado de humedad e ingresa el aire frío.
- Secadores solares activos: Son cámaras ejecutadas por acción solar y equipos mecánicos que utilizan electricidad para acelerar la circulación de aire.

**FIGURA 19**  
**SECADO ARTIFICIAL**



## 1.4 Almacenamiento

Existen dos tipos de almacenamiento:

- Vertical
- Horizontal

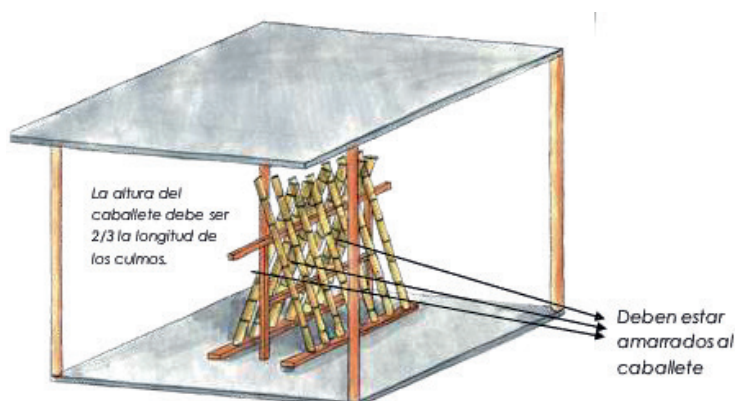
Procurando que en ambos casos la GaK evite el contacto con la humedad del suelo, siempre y cuando el sitio de almacenamiento se encuentre ventilado y protegido de la radiación solar.

## 1.4.1 Almacenamiento Vertical

Para este tipo de almacenamiento se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Los culmos de GaK y otros bambúes serán recostados e intercalados a los lados de un caballete considerando que los extremos más cercanos al suelo no toquen el mismo.
- La altura del caballete debe ser de  $2/3$  la longitud de los culmos a almacenarse, es decir, que, si la longitud de la GaK es de 6 metros, la altura del caballete será de 4 metros.
- Los culmos colocados en el centro y en los extremos del caballete deben estar sujetos mediante cuerdas o trabillas al caballete para evitar que se deslicen.
- Si los caballetes son expuestos al aire libre, se recomienda que los ejes de estos sean orientados en sentido “este a oeste” para evitar una exposición directa a la radiación solar.

**FIGURA 20**  
**ALMACENAMIENTO DE CULMOS**



## 1.4.2 Almacenamiento horizontal

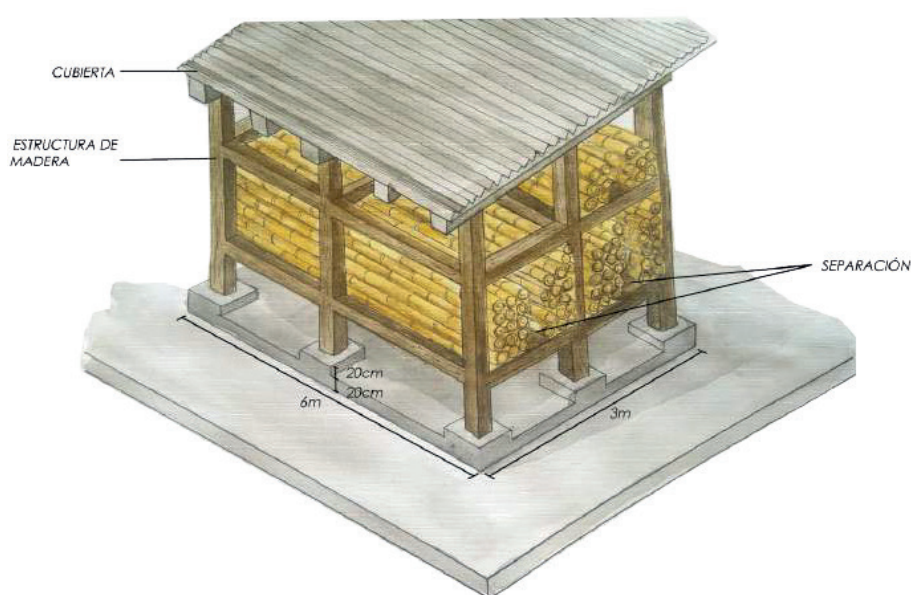
Para almacenar horizontalmente la GaK u otros bambúes, se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se construirá una estructura cúbica (tipo cajón) donde las parrillas de GaK u otros bambúes serán colocadas sobre soportes de madera dura y preservada, con el fin de que la caña no esté en contacto con el suelo.

b) La caña se colocará tendida sobre la estructura mencionada en el punto anterior que no debe exceder los 2 metros de altura, como se muestra en el dibujo.

c) Para facilitar la circulación del aire entre los culmos, deben estar separados entre sí entre 20 – 30 cm (vertical y horizontalmente).

**FIGURA 21**  
**ALMACENAMIENTO HORIZONTAL**



Nota: Es importante que la estructura de almacenamiento cuente con una cubierta que proteja a los culmos de la lluvia y la radiación solar.

# 1.4.3 Identificación de la GaK u otro tipo de bambú idóneo para la construcción

La GaK u otro tipo de bambú que va a ser utilizado como elemento estructural (columna, viga, vigueta, pie derecho, entramados, entrepisos, entre otros) debe cumplir con los siguientes requisitos de calidad:

a) Los culmos deben estar secos, es decir que su contenido de humedad debe ser igual o inferior a la humedad de equilibrio del lugar (Ver Apéndice 3: Media Anual de HE de Madera en Varias Localidades del Ecuador/ NEC-SE-GUADÚA). Para asegurar este aspecto los culmos deben estar en el lugar de la obra al menos 15 días antes de ser usados.

b) Los culmos de bambú deben cumplir con los procesos de preservación y secado descritos anteriormente como se indica en las secciones 1.2. y 1.3.

c) El eje longitudinal de los culmos de GaK u otros bambúes no deben presentar una deformación mayor al 0.33% de la base. Para verificar esta alteración, se debe colocar la pieza sobre una superficie plana (o cuerdas) y observar si existe separación alguna entre la superficie (o la cuerda) y la pieza. Dicha revisión debe realizarse en cada tercio de la circunferencia del culmo.

d) El bambú es un elemento natural cuyo diámetro va disminuyendo constantemente a lo largo del culmo, a esta característica anatómica se le conoce como conicidad. Sin embargo, es necesario poner algunos límites a esta diferencia entre diámetros. Los límites máximos permitidos para cada una de las partes comerciales de la GaK son obtenidos en base a la Ecuación 1, que determina el porcentaje de la diferencia entre el diámetro inferior y el superior dividido por la longitud del culmo. Estos valores se contemplan en la Tabla 1.

## Ecuación 1:

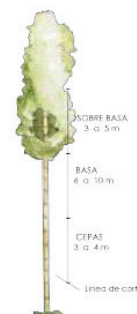
$$\%con = \frac{(D_+ - D_-)}{L} \times 100 = \frac{100 - 70}{1200} = 0.025$$

Dónde:	% con	D+	D-	L
	Porcentaje de conicidad de la pieza	Diámetro mayor en mm.	Diámetro menor en mm.	Longitud de la pieza de GaK u otro bambú en mm

**TABLA 1**  
**CONICIDAD ADMISIBLE DE LA GaK**

Parte de la guadúa	Conicidad
Cepa	0.17%
Basa	0.33%
Sobrebasa	0.50%

**FIGURA 22**  
**PARTES DEL CULMO**



e) Hay que tener en cuenta que el bambú es un material que tiende a agrietarse de forma natural debido a la diferencia en la densidad de sus paredes, sin embargo, es importante determinar algunos límites para el tamaño y la localización de las grietas, como se indica en la Tabla 2.

**TABLA 2**  
**LÍMITES DE FISURAS EN LA GaK**

Tipo	Se permite	Límites	Recomendación
Grieta longitudinal	Sí	La grieta debe estar contenida entre dos nudos, si la grieta pasa al canulo siguiente no debe tener una longitud superior del 20% del culmo	Si los culmos presentan fisuras después de instalados, estos pueden ser tratados por medio de abrazaderas o zunchos metálicos

f) Por otro lado, los culmos estructurales no deben presentar arrugas perimetrales que evidencien una falla por compresión durante la vida de la GaK u otro tipo de bambú.



Si se presenta este tipo de falla en el culmo, se deberá cortar la parte o porción defectuosa y el resto podrá ser usado si cumple con los demás requisitos descritos en el punto 1.4.3 Identificación de la GaK para la construcción.

g) No son aptos para la construcción los culmos que presenten perforaciones causadas por ataque de insectos xilófagos, aves o algún grado de pudrición causada por hongos.



02

**DISEÑO ESTRUCTURAL  
CON GaK Y OTROS  
BAMBÚES**

En el proceso de diseño estructural con bambú es importante considerar las características de los materiales con los que se trabajará en conjunto, tales como; pernos, conectores, adhesivos, soportes y tableros, según las recomendaciones de los fabricantes. Adicionalmente, se debe verificar que cumplan con las medidas apropiadas de protección contra la humedad, la corrosión o cualquier agente que afecte su estructura.

## 2.1 Requisitos de diseño

Para el diseño y construcción de una estructura en GaK u otros tipos de bambú se debe cumplir con los siguientes requisitos:

a) Todos los elementos de bambú de una estructura deben ser diseñados, contruidos y unidos correcta y adecuadamente para resistir los esfuerzos producidos por las combinaciones de cargas que se indican en el siguiente cuadro:

**TABLA 3**  
**COMBINACIONES DE CARGAS DE SERVICIO PARA EL**  
**DISEÑO CON GaK U OTROS TIPOS DE BAMBÚ**

1	D
2	D+L
3	D+0.75L+0.525 Ex
4	D+0.75L-0.525 Ex
5	D+0.75L+0.525 Ey
6	D+0.75L-0.525 Ey
7	D+0.7 Ex
8	D-0.7 Ex
9	D+0.7 Ey
10	D-0.7 Ey
11	D+0.75L+0.525 EQx
12	D+0.75L-0.525 EQx
13	D+0.75L+0.525 EQy
14	D+0.75L-0.525 EQy
15	D+0.7 EQx
16	D-0.7 EQx
17	D+0.7 EQy
18	D-0.7 EQy

D = CARGA VIVA: Carga que se refiere al propio peso de la estructura y también los elementos permanentes de la edificación. Como instalación eléctrica, sanitaria, muros, paredes, etc.

L = CARGA MUERTA: Carga externa que puede moverse sobre la estructura, es decir, el peso de, mobiliario, equipamiento, personas.

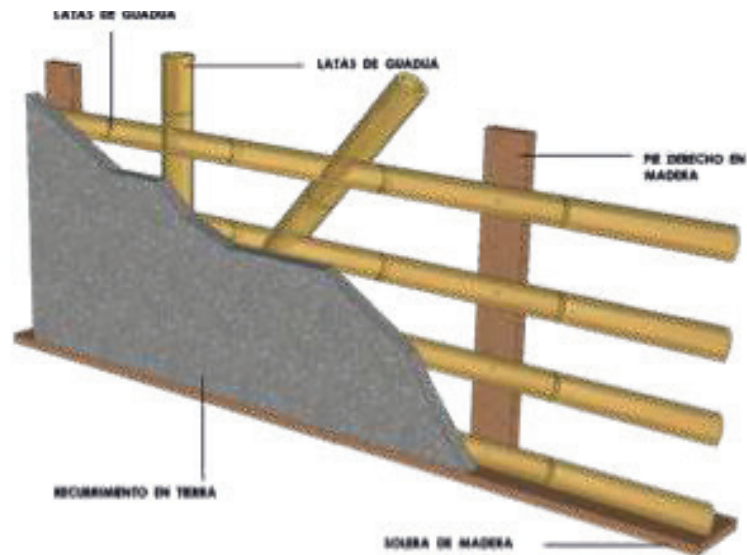
Ex = Carga estática de sismo en sentido X, (Horizontal)  
Ey = Carga estática de sismo en sentido Y, (Vertical)  
EQx = Carga del espectro de aceleraciones en sentido X, (Horizontal)  
EQy = Carga del espectro de aceleraciones en sentido Y, (Vertical)

Recuperado de: Estructuras de Guadúa (GaK).

NEC-SE-GUADÚA. Agosto 2016

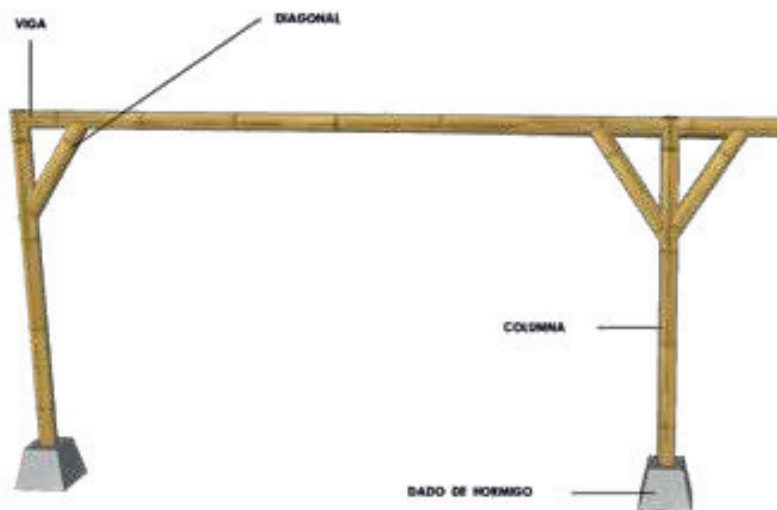
b) Estructura debe cumplir con los requisitos correspondientes a la determinación de cargas laterales de diseño sismorresistente. Además, de cumplir con los requisitos particulares que se encuentran en la sección 1.1 del presente manual.

**FIGURA 23**  
**PANEL CON ESTRUCTURA DE GaK Y MADERA**



c) Los elementos de GaK u otros bambúes se considerarán uniformes, pero no rectos cuando se realiza el cálculo de esfuerzo que deben generar en respuesta a la aplicación de diferentes cargas, que además generan una imperfección vertical natural, por lo cual se considerará 1.298% de deformación con respecto a lo largo del culmo.

**FIGURA 24**  
**ESTRUCTURA DE GaK**



d) El (RO) coeficiente de capacidad de disipación de energía básico para estructuras de GaK u otros tipos de bambú, es utilizado para demostrar la capacidad básica que deben tener las estructuras de bambú al momento de resistir una posible amenaza sísmica. Cuando el sistema de resistencia sísmica sea de pórticos con diagonales, el RO será igual 2.0.

En caso de que el sistema de resistencia sísmica sea proporcionado por muros de madera laminada o muros de bahareque encementado, se debe tomar el valor correspondiente de  $RO = 1.5$ .

## 2.2 Requisitos de calidad para las estructuras de GaK

Para garantizar el correcto funcionamiento de la estructura en GaK durante toda su vida útil se debe tener en cuenta lo siguiente:

a) La construcción de la edificación debe realizarse por personal capacitado y bajo la dirección de un profesional que conozca la normativa correspondiente y los principios constructivos con GaK o bambú.

b) Los materiales y productos que sean usados en la construcción deben emplearse como se especifica en la norma NEC-SE-GUADÚA y en este documento y siguiendo las especificaciones de uso dadas por los proveedores de la materia prima y fabricantes.

c) Las estructuras de GaK al ser fabricadas con un material de origen natural deben tener un adecuado mantenimiento que garantice que los elementos a usar no sean atacados por insectos u hongos durante toda su vida útil, como se especifica en las secciones 1.2 1.3 y 1.4.

d) La estructura debe tener durante toda su vida útil, el mismo uso para el que fue diseñada.

e) Cuando la estructura de GaK se utilice como cubierta de piscinas en donde se maneja cloro, se debe tener en cuenta que en el diseño y la construcción no se producirá ataque del cloro a la GaK y que se han tomado todas las precauciones para evitar un deterioro de los culmos y una disminución de su resistencia por esta causa.

f) Para la determinación del diámetro y del espesor real de la pared del culmo se debe seguir los siguientes procedimientos:

Diámetro: Medir en cada segmento del culmo el diámetro en ambos extremos y en dos direcciones perpendiculares entre sí. El diámetro real corresponde al promedio de las cuatro medidas.

$$D = \frac{4d}{4}$$

D: diámetro real  
4d/4: promedio de las 4 medidas o diámetros

DIÁMETRO REAL:  $(1D+2D+3D+4D) / 4$

Espesor: Medir cuatro regiones en cada sección transversal del culmo, al igual que el espesor en los mismos sitios en que se midió el diámetro. El espesor real corresponde al promedio de las ocho medidas. Ver Figura 2.

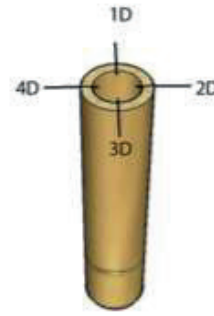
$$E = \frac{8e}{8}$$

E : espesor real  
8e/8: promedio de las 8 medidas

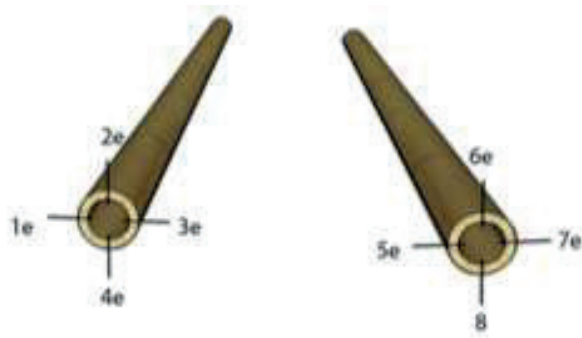
ESPESOR REAL:

$(1e+2e+3e+4e+5e+6e+7e+8e) / 8$

**FIGURA 25**  
**DETERMINACIÓN DE DIÁMETRO**



**FIGURA 26**  
**DETERMINACIÓN DE ESPESOR REAL**



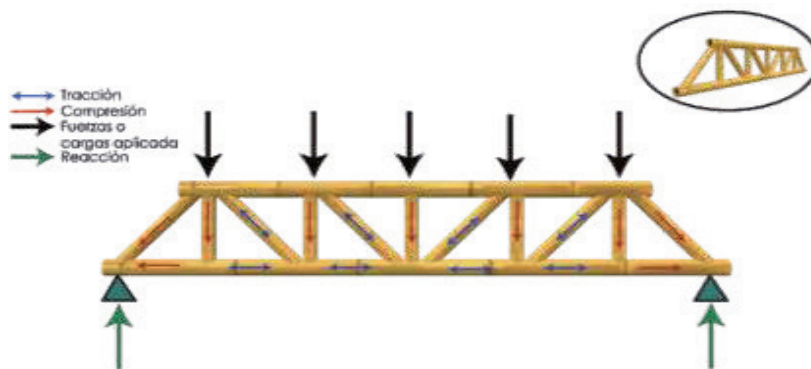
Nota: En ningún caso se debe utilizar estructuras de GaK cuando la temperatura a la cual van a estar expuestas supere los 65 grados centígrados.

## 2.3 Método del diseño estructural

Una buena construcción depende del planeamiento estructural, para ello es necesario tener en cuenta, que:

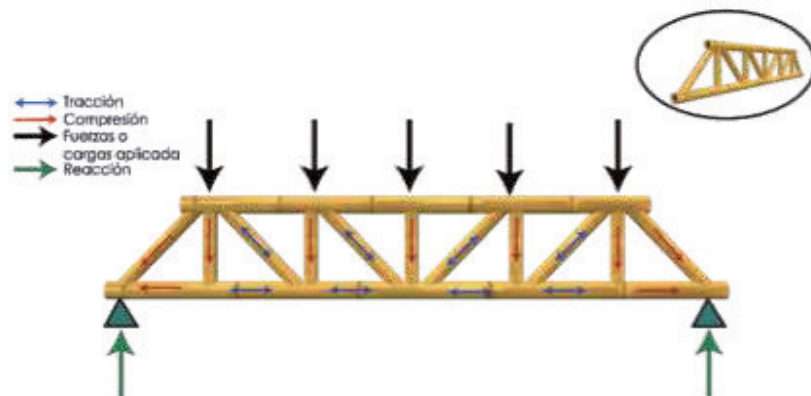
a) Se debe diseñar los elementos por medio del método de esfuerzos admisibles, en el cual se emplean las cargas específicas y sísmicas según se especifica en los capítulos NEC-SE-GG y NEC-SE-DS. Estos esfuerzos son la fuerza interna que conforma el material de un elemento por su unidad de área. El esfuerzo admisible permite someter al material a un esfuerzo máximo que nos permite asegurar su desempeño.

**FIGURA 27**  
**ESFUERZOS EN VIGA**



b) Al utilizar bambú, todas las uniones se consideran articuladas. Por ejemplo; Estructuras reticulares como las celosías, no tendrán una transmisión de momentos entre los elementos que la conformen, dado que sus uniones permitirán generar una continuidad a los esfuerzos sin mayor empeño y la transmisión de los momentos se dará en una determinada distancia debido a que la fuerza se aplicará en un solo punto. Es decir, solo existirá transmisión de momentos si el elemento articulado es continuo.

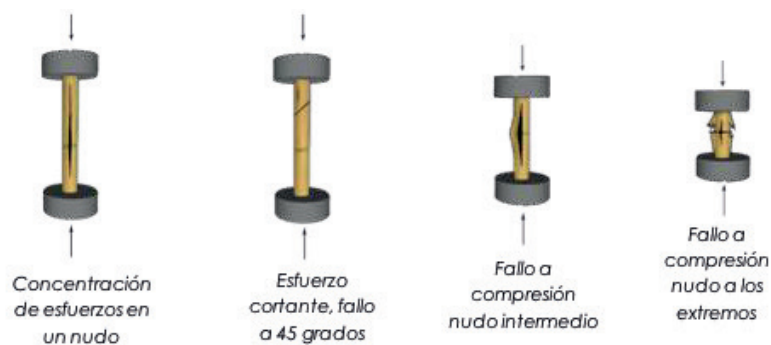
**FIGURA 28**  
**ESFUERZOS ADMISIBLES**



## 2.3.1 Esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad

Todo elemento de GaK u otro tipo de bambú que cumpla con los requisitos de calidad para el bambú estructural establecidos en la sección anterior 1.4.3. Debe utilizar para efectos de cálculo los valores de esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad asignados en la Tabla 4 y la Tabla 6 respectivamente, obtenidos con base en lo que se establece a continuación en el literal 2.3.2. referido a esfuerzos admisibles

**FIGURA 29**  
**TIPOS DE FALLAS**



**TABLA 4**  
**ESFUERZOS ADMISIBLES,  $F_i$  (MPa), CH=12%**

<b><math>F_b</math></b> <b>Flexión</b>	<b><math>F_+</math></b> <b>Flexión</b>	<b><math>F_c</math></b> <b>Compresión II</b>	<b><math>F_{p^*}</math></b> <b>Compresión I</b>	<b><math>F_v</math></b> <b>Corte</b>
15	19	14	1.4	1.2

Donde

$F_i$  Esfuerzo admisible en la sollicitación  $i$

CH Contenido de Humedad

II Compresión paralela al eje longitudinal.

I Compresión perpendicular al eje longitudinal.

La resistencia a la compresión perpendicular ha sido calculada para entrenudos rellenos con mortero de cemento. En la Tabla 5 se encuentran los esfuerzos máximos de la GaK ante las diferentes sollicitaciones o variaciones de carga.

**TABLA 5**  
**ESFUERZOS ÚLTIMOS,  $F_u$  (MPa), CH=12%**

<b>F<sub>b</sub></b> <b>Flexión</b>	<b>F<sub>+</sub></b> <b>Flexión</b>	<b>F<sub>c</sub></b> <b>Compresión II</b>	<b>F<sub>v</sub></b> <b>Corte</b>
45	117	37	7

Donde  
 Fi Esfuerzo admisible en la solicitación i  
 CH Contenido de Humedad  
 II Compresión paralela al eje longitudinal.

**TABLA 6**  
**MÓDULO DE ELASTICIDAD,  $E_i$  (MPa), CH=12%**

<b>Módulo</b> <b>Porcentil 5+E0.5</b>	<b>Módulo</b> <b>Porcentil 5 E0.05</b>	<b>Módulo</b> <b>Mínimo E min</b>
12.000	7.500	4.000

Donde  
 E<sub>i</sub> Módulo de elasticidad  
 CH Contenido de Humedad

Nota: El módulo percentil es una medida estadística que compara resultados entre elementos de similares características y que determina el lugar de posición que no necesariamente será centralizada.

Para el cálculo de elementos estructurales se debe emplear los siguientes valores; E0.5, como módulo de elasticidad del elemento. E<sub>min</sub> (Elasticidad mínima) se debe utilizar para calcular los coeficientes de estabilidad de vigas (CL) y de Columnas (CP).

El E (Módulo de elasticidad) se emplea cuando se requiere analizar las deflexiones en los culmos cuando las condiciones de servicio sean extremas o críticas, siendo necesario un nivel de seguridad superior al promedio, es decir, hacer el ensayo de prueba para asegurar que el material resistirá a las cargas que se necesita colocar. No obstante, el ingeniero calculista tiene la potestad de elegir o determinar el módulo de elasticidad más adecuado para el análisis pertinente.

## 2.3.2 Esfuerzos Admisibles

El valor de los esfuerzos admisibles es determinado por el valor característico, el cual es un valor no nulo, propio del elemento. Este valor se obtiene mediante la siguiente fórmula:

### Ecuación 2:

$$f_{ki} = f_{0.05i} \left[ 1 - \frac{2.7 \frac{s}{\bar{m}}}{\sqrt{n}} \right]$$

Si el esfuerzo a trabajar es a flexión, reemplazamos por datos de las pruebas de laboratorio son en total 4 (6,2,3 y 1).

1) Calcular la media

$$x = \frac{6+2+3+1}{4} = 3$$

2) Calcular el cuadrado de la distancia a la media, para cada dato

6	$[6-3]^2$	=9
2	$[2-3]^2$	=1
3	$[3-3]^2$	=0
1	$[1-3]^2$	=4

3) Sumas los valores del paso 2

$$\sum |x-\bar{x}|^2 = 9+1+0+4=14$$

4) Dividir entre el número de datos

$$\frac{\sum |x-\bar{x}|^2}{n} = \frac{14}{4} = 3.5$$

5) Sacar la raíz cuadrada

$$\sqrt{\frac{\sum |x-\bar{x}|^2}{n}} = \sqrt{3.5} = 1.87$$

### Reemplazamos:

$$f_{kb} = 7500 \left[ 1 - \frac{2.7 \frac{1.87}{3}}{\sqrt{20}} \right] = 4.677523195 \text{ MPa}$$

$f_{ki}$  = Valor característico en la sollicitación  $i$

$f_{0.05i}$  = Valor correspondiente al percentil 5 de los datos de pruebas de laboratorio en la sollicitación  $i$

$m$  = Valor promedio de datos de pruebas de laboratorio

$s$  = Desviación estándar de datos de pruebas de laboratorio

$n$  = Número de ensayos (mínimo 20)

$i$  = Subíndice, depende del tipo de sollicitación (b flexión, t tracción paralela a las fibras, c compresión paralela a las fibras, p compresión a las fibras, v cortante paralelo a las fibras)

Los valores experimentales aplicados en el diseño deben estar relacionados con el cálculo estructural que se establezca para solicitud de la licencia de construcción. La licencia de construcción y sus modalidades son una autorización previa que permite realizar construcciones, y a su vez constará con una serie de especificaciones de la construcción, como la aprobación técnica de la edificación que se va a realizar.

Por otra parte, se debe definir factores de reducción de resistencia (Ver tabla 7), según el tipo de solicitud de carga que se va a aplicar. Un cuerpo al no romperse por la acción de resistir determinadas cargas puede producir ciertas deformaciones en los elementos afectando directamente su desempeño dentro de una estructura.

Una vez determinado el valor característico de la solicitud, se realiza el cálculo de los esfuerzos admisibles mediante la siguiente fórmula:

### Ecuación 3:

$$f_i = \frac{F_c}{F_s \times FDC} f_{k_i} \quad f_i = \frac{-}{2,0 \times 1,5} 4,68 = 1,56$$

$f_i$  = Esfuerzo admisible de la solicitud  $i$

$f_{k_i}$  = Valor característico del esfuerzo en la solicitud  $i$

FC = Factor de reducción por calidad, considerar las diferencias entre condiciones de los ensayos en el laboratorio y condiciones reales de cargas aplicadas a la estructura

Fs = Factor de servicio y seguridad, considerar las inseguridades con respecto a defectos no detectados, como variaciones en el material, etc.

FDC = Factor de duración de la carga, considerar esfuerzos de rotura GaK

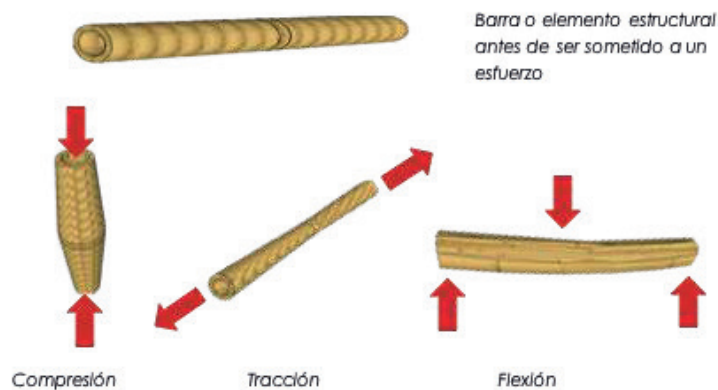
**TABLA 7**  
**FACTORES DE REDUCCIÓN DE RESISTENCIA**

Factor	Flexión	Tracción	Compresión II	Compresión I	Corte
Fc	-	0.5	-	-	0.6
Fs	2.0	2.0	1.5	1.8	1.8
FDC	1.5	1.5	1.2	1.2	1.1

### Tipos de esfuerzos

El elemento estructural puede deformarse al ser sometido a los siguientes tipos de esfuerzos.

**FIGURA 30**  
**DEFORMACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES**



## 2.3.3 Coeficiente de modificación

De acuerdo a los esfuerzos admisibles: Flexión, tracción, compresión y corte contemplados en la Tabla 4, los módulos de elasticidad de la Tabla 6, y coeficientes que modifican la estructura del bambú en cuanto a tamaño, grietas, nudos, contenido de humedad, duración de carga y esbeltez, se determinan y se combinan de la mejor manera para que el elemento estructural que se quiera utilizar tenga un equilibrio en todos los esfuerzos admisibles modificados necesarios.

### Ecuación 4:

$$F_i' = F_i C_d C_m C_t C_l C_f C_r C_p C_c$$

$F_i'$  = Esfuerzo admisible modificado por la sollicitación de (i).

i = Subíndice que depende del tipo de sollicitación, donde: b para flexión, t para tracción paralela a las fibras, c para compresión paralela a las fibras, p para compresión perpendicular a las fibras, v para cortante paralelo a las fibras.

$C_d$  = Coeficiente de modificación por duración de carga (Permanente = 0.90) 2.3.3.1. Tabla 8. Coeficientes de modificación por duración de carga

$C_m$  = Coeficiente de modificación por contenido de humedad. | 2.3.3.2. Tabla 9. Por contenido de humedad (CH 14% = 0.91)

$C_t$  = Coeficiente de modificación por temperatura | 2.3.3.3. Tabla 10. Coeficiente de modificación por temperatura (condiciones de servicio Húmedo = 0.60)

$C_l$  = Coeficiente de modificación por estabilidad lateral de vigas 2.4.5.2. Tabla 15: Coeficientes CL para relación (d/b = 2, CL = 0.98) (d: alto, b: ancho)

$C_f$  = Coeficiente de modificación por forma  $C_f = 1$

$C_r$  = Coeficiente de modificación por redistribución de cargas, acción conjunta 2.3.3.4. Por acción conjunta ( $C_r = 1,1$ )

$C_p$  = Coeficiente de modificación por estabilidad de columnas  $C_p = 1.0$

$C_c$  = Coeficiente de modificación por cortante 2.4.4 Tabla 13.  $C_c = 0.75$

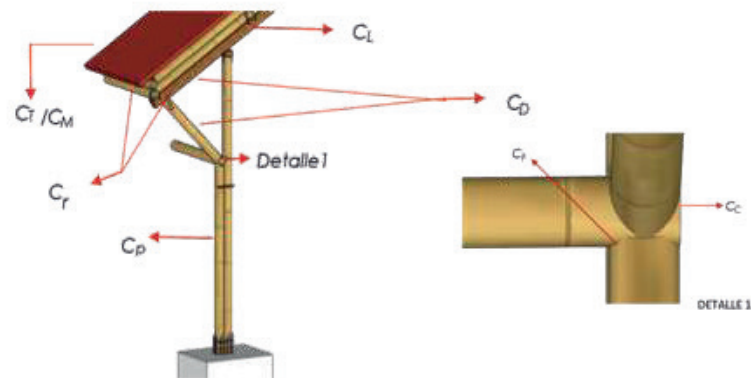
$F_i$  = Esfuerzo admisible en la sollicitación de flexión 2.3.1. Tabla 4: Esfuerzos admisibles,  $F_i = 1.56$  (Mpa)

$$F^*b = (1.56)(0.90)(0.91)(0.60)(0.98)(1)(1.1)(1.0)(0.75)$$

$$F^*b = 03972969 \text{ Mpa}$$

Los coeficientes de modificación dependen de la clase de sollicitación, o requerimiento y se determinan por las secciones correspondientes a cada caso específico dentro del capítulo. Los coeficientes de modificación que se aplicarán de manera general se indican en los siguientes items.

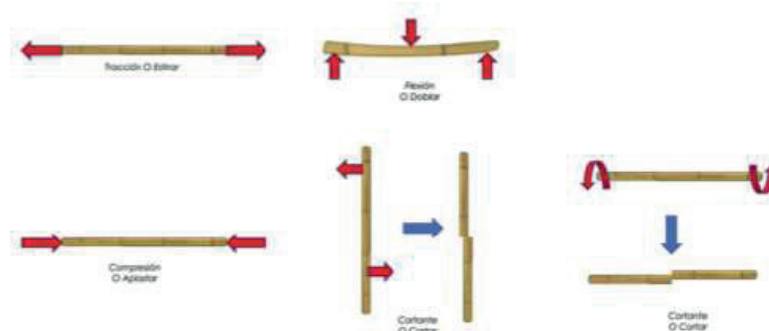
**FIGURA 31**  
**COEFICIENTES DE MODIFICACIÓN**



## 2.3.3.1 Por duración de la carga (CD)

Se considera que la duración normal de una carga son diez años, cuando un elemento estructural está sometido a duraciones de carga diferentes y considerando los esfuerzos admisibles tales como: flexión, tracción, compresión paralela, compresión perpendicular y cortante. Se debe multiplicar los valores de las cargas de los esfuerzos admisibles de la Tabla 4 por los coeficientes de modificación por duración de carga de la Tabla 8.

**FIGURA 32**  
**ESFUERZOS ADMISIBLES EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES**



## TIPOS DE CARGAS:

**Carga muerta:** Es el peso de todo objeto fijo o permanente, tales como los elementos los elementos que componen el sanitario, el mesón, y otros que constituyen el propio peso de la construcción como columnas, vigas, paredes y pisos.

**Carga viva:** El peso de muebles y personas, es decir todo lo que se pueda mover o cambiar de lugar.

**Carga de construcción:** El peso que ha de soportar la edificación mientras se construye.

**Carga de viento:** Es la fuerza con la que el viento o una masa de aire provoca presión en la edificación.

**Carga de sismo:** Es lo mismo que puede soportar la edificación a un sismo o temblor.

**Carga de impacto:** Es la carga aplicada en un lapso corto de tiempo y se presenta súbitamente. Por ejemplo, cuando la gente salta en las gradas de un estadio o al pasar un tren sobre un puente.

**TABLA 8**  
**COEFICIENTES DE MODIFICACIÓN POR DURACIÓN DE CARGA**

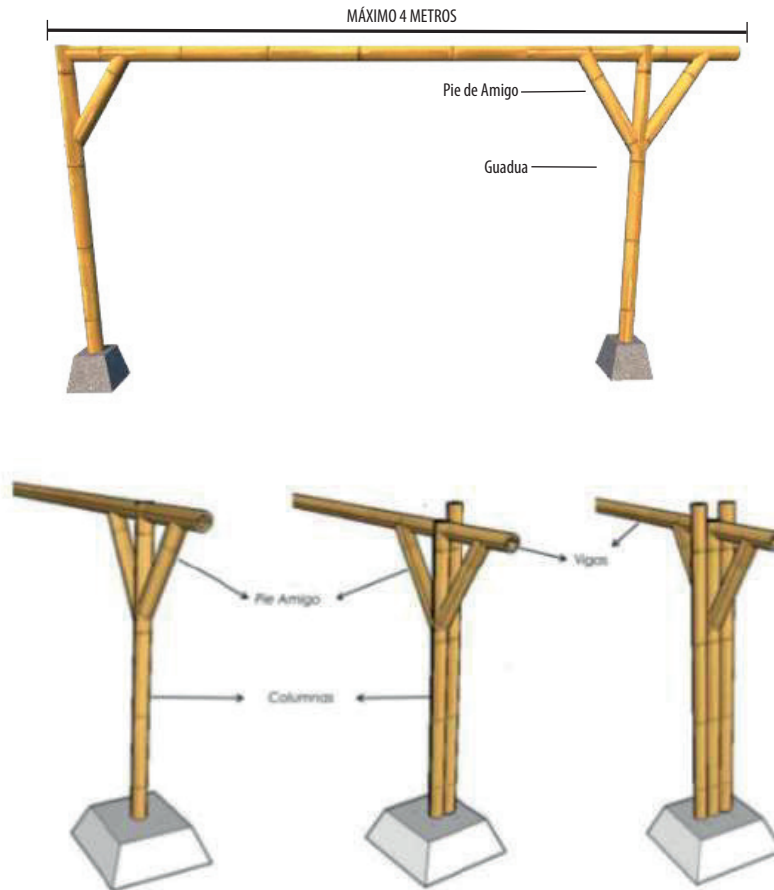
Duración de carga	Flexión	Tracción	Compresión II	Compresión I	Corte	Carga de diseño
Permanente	0.90	0.90	0.9	0.9	0.90	Muerta
Diez años	1.00	1.00	1.0	0.9	1.00	Viva
Dos meses	1.15	1.15	1.15	0.9	1.15	Construcción
Siete días	1.25	1.25	1.25	0.9	1.25	Construcción
Diez minutos	1.60	1.60	1.6	0.9	1.60	Viento y sismo
Impacto	2.00	2.00	2.0	0.9	2.00	Impacto

**TABLA 9**  
**ESFUERZOS ADMISIBLES,  $F_i$  (MPa), CH=12%**

$F_b$ Flexión	$F_t$ Flexión	$F_c$ Compresión II	$F_{p^*}$ Compresión I	$F_v$ Corte
15	19	14	1.4	1.2

Si existiese alguna combinación de dichas cargas, el dimensionamiento de los elementos debe hacerse para el estado más desfavorable, ya que debe tener un rendimiento adecuado frente a los tipos de cargas y esfuerzos.

**FIGURA 33**  
**DIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS**



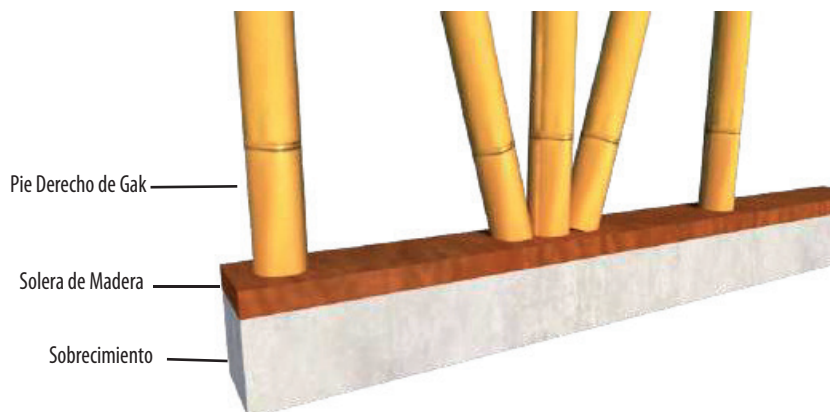
En los gráficos que se muestran anteriormente se destaca que, para un rendimiento adecuado frente al peso sobre la edificación, se puede conformar columnas con uno o más culmos de bambú.

## 2.3.3.2 Por contenido de humedad (CH)

La GaK u otros tipos de bambú al igual que la madera pierde resistencia y rigidez a medida que aumenta la humedad en su interior, dicho esto; el objetivo de extraer el contenido de agua para protegerla de elementos que contribuyan a su pudrición se toma en cuenta los valores de esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad que se indican en la Tabla 4 y la Tabla 6 que fueron calculados para un contenido de humedad  $CH = 12\%$  (Contenido de agua o humedad).

Si las condiciones climáticas en el sitio de construcción hacen variar el contenido de humedad de la GaK por encima del 12%, se deben ajustar los valores de la Tablas 4 y la Tabla 6, multiplicándolos por los valores de la Tabla 9.

**FIGURA 34**  
**CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA GAK**



**TABLA 10**  
**COEFICIENTES DE MODIFICACIÓN POR CONTENIDO DE HUMEDAD**

Esfuerzos		CH=12%	CH=13%	CH=14%	CH=15%	CH=16%	CH=17%	CH=18%	CH=19%
Flexión	Fb	1.0	0.96	0.91	0.87	0.83	0.79	0.74	0.70
Tracción	Ft	1.0	0.97	0.94	0.81	0.89	0.86	0.83	0.80
Compresión II	Fs	1.0	0.96	0.91	0.87	0.83	0.79	0.74	0.70
Compresión I	Fp	1.0	0.97	0.94	0.81	0.89	0.86	0.83	0.80
Corte	Fy	1.0	0.97	0.94	0.81	0.89	0.86	0.83	0.80
Módulo de Elasticidad	E0.5								
	E0.05	1.0	0.99	0.97	0.96	0.94	0.93	0.91	0.90
	Emin								

Una vez ha sido cosechada, la (GaK) guadúa tiende a secarse hasta alcanzar un contenido de humedad igual a la humedad de equilibrio del lugar en donde se encuentra.

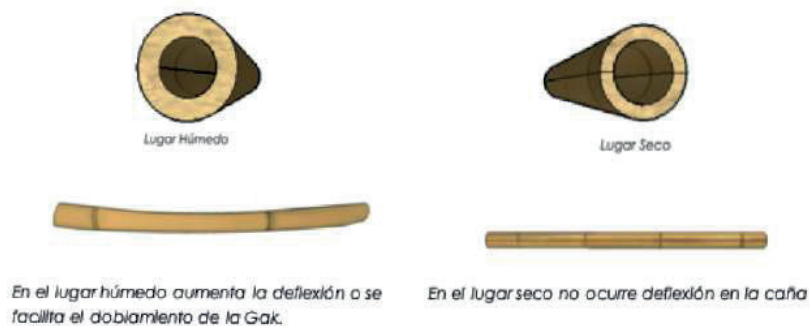
Si el secado se lo hace por instinto y se logra bajar el contenido de humedad de la (GaK) guadúa por debajo del 12%, ésta podrá ganar humedad si el sitio final de la edificación tiene una humedad del ambiente muy alta acompañada de una temperatura baja.

Es importante tener en cuenta la humedad de equilibrio del lugar donde se encuentra la (GaK). (Referirse al Apéndice 3 de la Norma Ecuatoriana de construcción NEC-SE-GUADUA donde se muestra la humedad de equilibrio en varias localidades del Ecuador.

## 2.3.3.3 Por temperatura (CT)

Cuando los elementos estructurales de la guadúa estén sometidos a altas temperaturas, los valores de esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad de las tablas 4, 5 y 6 respectivamente, deben ser multiplicados por los valores de la tabla 10, por la condición de temperatura a la cual estén expuestos.

**FIGURA 35**  
**MODIFICACIÓN DE LA GaK POR TEMPERATURA**



**TABLA 11**  
**COEFICIENTES DE MODIFICACIÓN POR TEMPERATURA (CT)**

Esfuerzos		Condiciones de servicio	$T \leq 37C$	$37C < T \leq 52C$	$52C \leq T \leq 65C$
Flexión	Fb	Húmedo	1.0	0.60	0.40
		Seco		0.85	0.60
Tracción	Ft	Húmedo		0.85	0.80
		Seco		0.90	
Compresión II	Fs	Húmedo		0.65	0.40
		Seco		0.80	0.60
Compresión I	Fp	Húmedo		0.80	0.50
		Seco		0.90	0.70
Corte	Fy	Húmedo		0.65	0.40
		Seco		0.80	0.60
Módulo de elasticidad	E0.5	Húmedo		0.80	0.80
		Seco		0.90	

**Condición de servicio húmedo**

Si la estructura de guadúa se encuentra trabajando a una temperatura de 40°C en una condición de servicio húmedo, bajo el esfuerzo de flexión se tomará el valor de 0.60 asignado en la tabla 10 junto con los valores de los esfuerzos admisibles y los módulos de elasticidad que en este caso corresponden a flexión y los cuales se encuentran dados en las tablas 4(Fb=15), 5(Fb=45) y en el caso de los módulos de elasticidad determinado en la tabla 6, si es un elemento estructural se usará E0.5= 12000 y si es para el cálculo de vigas y columnas se tomará Emin=4000.

El coeficiente de modificación para la temperatura será igual al producto de los datos obtenidos en las tablas 4, 5 y 6 por el valor de la temperatura correspondiente en la tabla 10.

**FIGURA 36**  
**EJEMPLO DE ESTRUCTURA EN CONDICIÓN DE SERVICIO HÚMEDO**



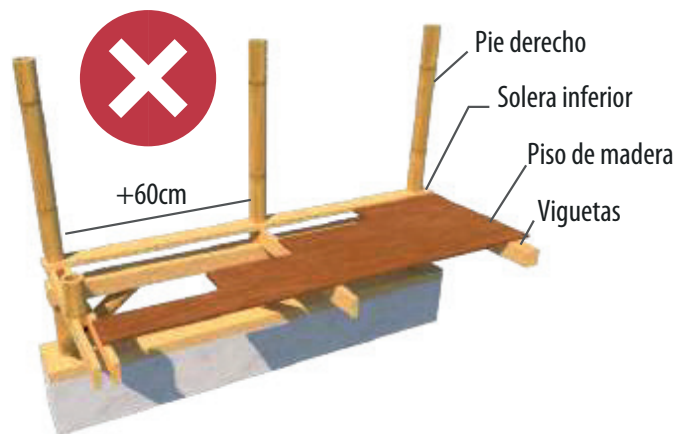
**FIGURA 37**  
**EJEMPLO DE ESTRUCTURA EN CONDICIÓN DE SERVICIO SECO**

Cuando los elementos estructurales de la guadúa estén sometidos a altas temperaturas, los valores de esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad de las tablas 4, 5 y 6 respectivamente, deben ser multiplicados por los valores de la Tabla 10, por la condición de temperatura a la cual estén expuestos.

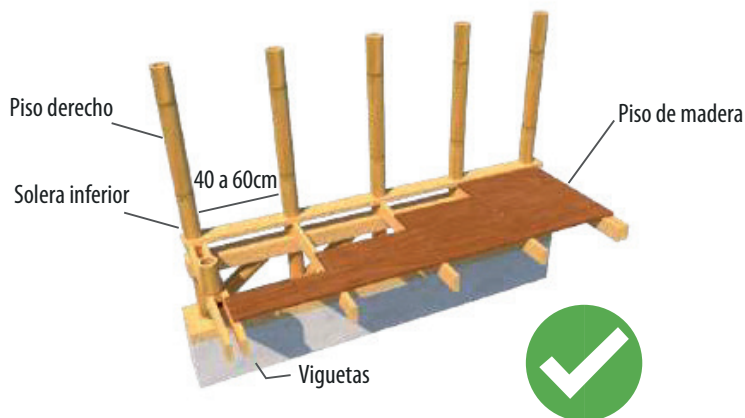


## 2.3.3.4 Por acción conjunta (Cr)

**FIGURA 38**  
**ACCIÓN CONJUNTA INCORRECTA**



**FIGURA 39**  
**ACCIÓN CONJUNTA CORRECTA**



Los esfuerzos admisibles podrán incrementarse en un 10% cuando exista una acción de conjunto garantizada de cuatro o más elementos de igual rigidez, como en el caso de viguetas y pies derechos en entramados ( $C_r=1.1$ ), siempre y cuando la separación entre elementos no sea superior a 0.6 m.

## 2.4 Diseño de elementos sometidos a flexión

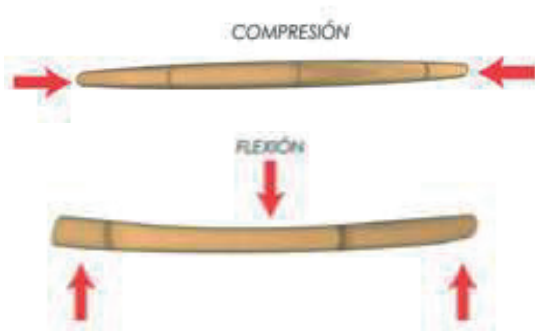
Para el diseño de elementos a flexión en bambú se realizará los mismos procedimientos usados en el diseño de vigas de otros materiales estructurales.

**FIGURA 40**  
**ELEMENTOS SOMETIDOS A FLEXIÓN**



a) La GaK presenta una alta resistencia a la ruptura (Valor del módulo de ruptura 88 000 Mpa) gracias a su capacidad elástica, lo que la convierte en un material muy flexible.

## FIGURA 41 ESFUERZO A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN



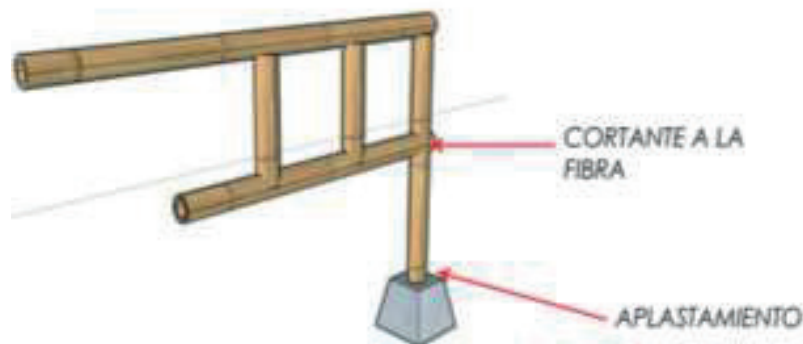
b) A continuación, se describe los efectos de la caña guadúa sometida a flexión los cuales en ningún caso deben sobrepasar los esfuerzos admisibles.

\* Deflexión, (Deformación que ocurre cuando se aplica una fuerza)

\* Flexión, incluye estabilidad lateral en vigas compuestas.

\* Cortante paralelo a la fibra, (resultado de la tensión que se genera en un elemento estructural a lo largo de su eje longitudinal.)

## FIGURA 42 CORTE PARALELO A LA FIBRA



c) Se recomienda que los apoyos de un elemento de GaK sometido a flexión terminen en nudos que provean la suficiente resistencia con el fin de evitar un fallo por aplastamiento, caso contrario se rellenará los entre nudos de apoyo con mortero de cemento.

d) Toda la carga concentrada debe ser aplicada sobre un nudo. Adicionalmente para proveer mayor seguridad se recomienda rellenar los entre nudos o canutos contiguos a la carga con un mortero de cemento para así evitar las fallas por corte paralelo a la fibra y/o aplastamiento en el punto de aplicación.

e) Se recomienda que los apoyos por más de un culmo (viga de sección compuesta), estas deberán ser unidas entre si mediante el uso de pernos o varillas roscadas y zunchos o cintas metálicas que garanticen el trabajo en conjunto y así poder resistir las fuerzas que se generan en las uniones.

**FIGURA 43**  
**VIGA DE SECCIÓN COMPUESTA**



## 2.4.1 Perforaciones

Se debe evitar realizar perforaciones en las vigas donde las cargas aplicadas son principalmente perpendiculares, es decir, que forman un ángulo de 90 grados con el elemento. De ser necesarias las perforaciones, deben encontrarse consignadas en los planos y cumplir con las siguientes limitaciones.

**FIGURA 44**  
**CARGAS PUNUALES APLICADAS A 90°**



a) Se deben evitar las perforaciones a la altura del eje neutro de la viga (en secciones donde se tengan cargas “puntuales”, es decir que actúan sobre un área pequeña determinada o cerca de los elementos de “apoyo” que generalmente se encuentran en los extremos, debido a que proporcionan estabilidad a la viga y transmiten los esfuerzos.

**FIGURA 45**  
**PERFORACIÓN EN ZONAS DE TENSIÓN**

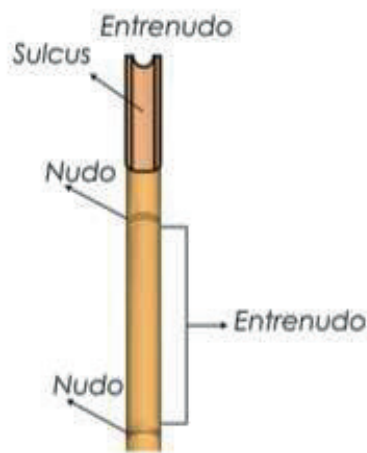


b) En otros casos (elementos que no sean vigas) las perforaciones deben localizarse a la altura del eje neutro y en ningún caso serán permitidas en la zona de tensión de los elementos.

c) Las perforaciones deben tener un diámetro máximo de 32mm.

d) En otros casos en los apoyos y en lugares de aplicación de cargas puntuales, siempre y cuando estas sean realizadas para rellenar los entrenudos (que son la parte del culmo comprendida entre dos nudos) con mortero de cemento, siendo una mezcla de aglutinante o elemento adhesivo como cemento o cal, agua, arena y aditivos; todo en proporciones que puedan asegurar la manejabilidad y la resistencia mecánica.

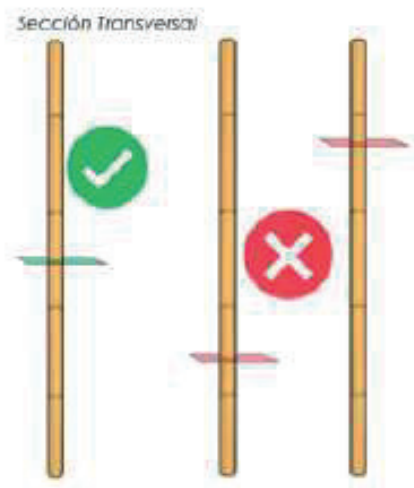
**FIGURA 46**  
**PERFORACIÓN PARA RELLENO EN ENTRENUDOS**



## 2.4.2 Área neta

El área de la sección transversal generado por un corte en la parte central de la GaK y otros bambúes constituidos por un solo culmo se calculará mediante la siguiente fórmula.

**FIGURA 47**  
**CORTE EN LA SECCIÓN TRANSVERSAL**



S. Transversal: Se realiza un corte a la mitad de la guadúa.

### Ecuación 5:

$$A = \frac{\pi}{4} (D_e^2 - (D_e - 2t)^2)$$

A Área neta de la sección transversal de la guadúa en mm<sup>2</sup>

Área neta es la cantidad de sección en una posible línea de ruptura cuando se restan las perforaciones. Se obtiene sumando los productos del grosor de cada una de las partes que lo componen por su ancho neto.

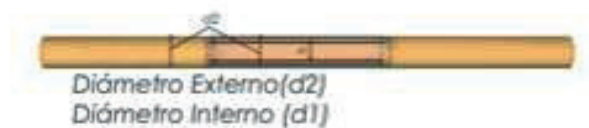
**FIGURA 48**  
**ÁREA NETA**



$D_e$  Diámetro exterior de la guadua, mm

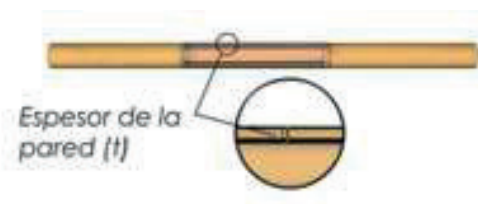
El diámetro es la longitud de la línea recta que pasa por el centro de la circunferencia uniendo dos puntos opuestos

**FIGURA 49**  
**DIÁMETRO EXTERNO E INTERNO**



t Espesor de la pared de la guadua, mm

**FIGURA 50**  
**ESPESOR DE LA PARED DE LA GaK**



**Ejemplo:**

$$D_e = 100\text{mm}$$

$$t = 15$$

$$A = \frac{\pi}{4} (D_e^2 - (D_e - 2t)^2) \quad A = \frac{\pi}{4} (100^2 - (100 - 2(15))^2) = 4005,530633 \text{ mm}^2$$

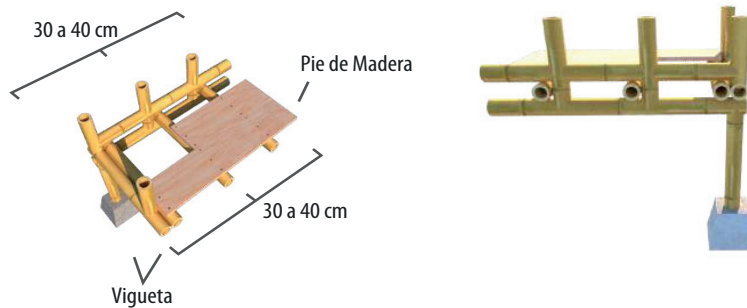
Durante el proceso de construcción se deberán respetar los parámetros correspondientes al diseño de la estructura poniendo especial atención a aquellos que correspondan al diámetro exterior y al espesor mínimo de la pared. Los elementos utilizados en obra deben tener mínimo las mismas medidas del diseño en su parte superior, parte más estrecha del bambú.

## 2.4.3 Luz de diseño

La luz de diseño que corresponde a la distancia existente entre columnas debe superar en longitud a más de la mitad del alto de columna.

En el caso de vigas continuas la luz de diseño considerada será la distancia centro a centro de los apoyos o columnas.

**FIGURA 51  
DISTANCIA ENTRE COLUMNAS**

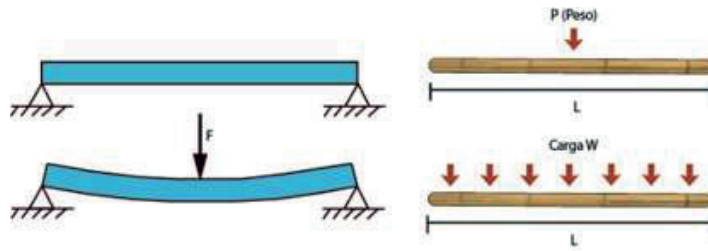


## 2.4.4 Deflexiones

La GaK presenta una relación MOR/MOE<sup>1</sup> muy alta lo que obliga a que el diseño de elementos a flexión o sometidos a doblamientos, este regido por las deflexiones admisibles esto quiere decir que no exceda los límites establecidos. En esta sección se establece los requisitos y limitaciones de las deflexiones admisibles, obtención de la sección requerida y deflexiones inmediatas y aplazadas.

<sup>1</sup>Relación MOR/MOE. Relación entre la medida del módulo de elasticidad en flexión estática y la resistencia a la flexión estática.

**FIGURA 52  
DEFLEXIONES**



a) Las deflexiones en elementos GaK y otros babúes ese deben calcular de acueo a las fórmulas de la teoría elástica tradicional considerando la deflexión producida por la flexión<sup>2</sup>. En casos excepcionales se deben realizar una corrección del módulo de elasticidad  $E_{0.05}$  por cortante.

b) Para el cálculo de la deflexión en vigas se utilizarán fórmulas contempladas en la Tabla 12.

**TABLA 12  
FÓRMULAS PARA EL CÁLCULO DE DEFLEXIONES**

Condición de carga	Deflexión
Carga concentrada en el centro de la longitud	$\Delta = \frac{PL^3}{48EI}$
Carga uniformemente distribuida	$\Delta = \frac{5qL^4}{384EI}$

c) Para otras condiciones de carga se calculará mediante fórmulas de la teoría de la elasticidad.

d) Las deflexiones admisibles estarán contempladas en la Tabla 13.

**TABLA 13**  
**DEFLEXIONES ADMISIBLES 5(mm) NOTA 3**

Condición de servicio	Cargas vivas (l/k)	Viento o granizo (l/k)	Cargas totales (l/k) Nota 2
<b>Elementos de Techo / Cubiertas</b>			
<b>Cubiertas inclinadas</b>			
Cielo raso de pañete o yeso	l/360	l/360	l/240
Otros cielo raso	l/240	l/240	l/180
Sin cielo raso	l/240	l/240	l/180
Techos planos	Nota1	Nota1	l/300
Techos industriales	-	-	l/200
<b>Entrepisos</b>			
Elementos de entrepisos	l/360	-	l/240
Entrepisos rígidos	-	-	l/360
<b>Muros exteriores</b>			
Con acabados frágiles	-	l/240	-
Con acabados flexibles	-	l/120	-

1) De acuerdo al tipo de cielo raso.

2) A largo plazo estas no deben tener pendientes de drenaje en techos.

3) Considerando únicamente la deflexión inicial, considerada en el literal g.

e) Las deflexiones de vigas, viguetas, entrablados y pies derechos, se calcularán con el módulo de elasticidad del percentil E0.05, o el módulo de elasticidad mínimo,  $E_{\min}$ .

f) Para los elementos con relación de momento de inercia sobre deflexión menor o igual a 15, se debe realizar una corrección por cortante (Cc), en la tabla 14 se relacionan los valores de Cc para el módulo de elasticidad E 0.05.

**TABLA 14  
VALORES DE CC**

I/De	Cc
5	0.70
7	0.75
8	0.81
11	0.86
13	0.91
15	0.93

Nota: El bambú tiene una relación de  $E/G = 28$ .

Donde

I = momento de inercia

De = deflexión

E = módulo de elasticidad

G = módulo de rigidez

El módulo de rigidez es el cambio de deformación producida en un elemento al ser sometida a una carga.

g) Para calcular la sección transversal mínima requerida y solo para ese caso, se debe igualar la deflexión calculada con las cargas de la tabla 15, con deflexión admisible de la tabla 12 permitiendo determinar el momento de inercia I requerido. De igual forma, en la tabla 15 se presentan las combinaciones de carga para el cálculo de las deflexiones inmediatas y a plazo de 30 años.

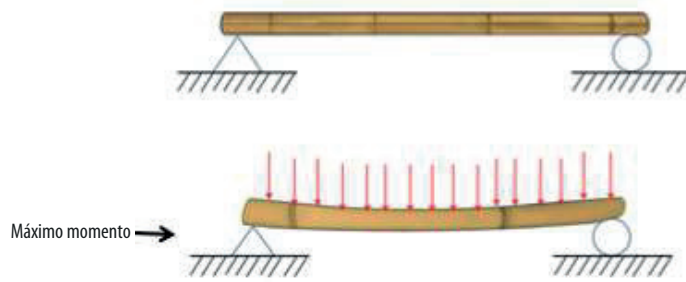
## 2.4.5 Flexión

Las piezas sometidas a flexión (vigas, viguetas y correas) son elementos horizontales que soportan cargas perpendiculares a su eje.

Los esfuerzos máximos de tensión (rigidez) y compresión (aplastamiento) producidos por flexión serán calculados para la sección o tramo de máximo momento. Estos esfuerzos no deben superar al máximo esfuerzo admisible o aceptable por flexión  $F_b$  de la Tabla 4, establecida para los culmos de GaK y otros bambúes, transformado o producido por los coeficientes o factores de duración de carga y redistribución de carga, según el caso.

**Máximo momento: Distribución por las cargas sobre toda la viga.**

**FIGURA 53**  
**MOMENTO MÁXIMO**



- Ejemplo de sección de máximo momento

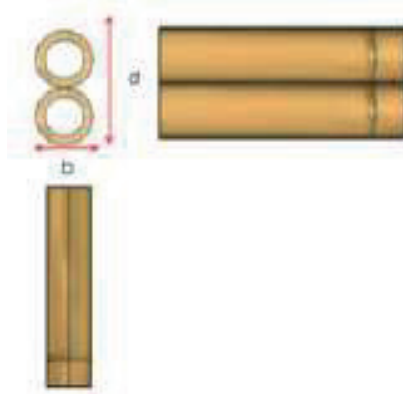
Los factores de modificación específicos para flexión son los que se indican a continuación

## 2.4.5.1 Estabilidad lateral y factor de modificación (CL)

En vigas o viguetas el factor de modificación a considerar será  $CL = 1$ , tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) Si la viga está conformada por dos o más culmos (viga de tramo compuesta), se debe verificar si se requiere o no de un soporte lateral en la zona de aplastamiento.

**FIGURA 54**  
**EJEMPLO DE SECCIÓN COMPUESTA**



b) El factor de modificación o transformación por estabilidad lateral (CL), tiene que ver con la reducción de la capacidad de soportar peso en un elemento sometido a flexión a causa de la inestabilidad lateral, curvatura o pandeo que se presenta cuando la zona de compresión (aplastamiento) elemento que actúa como columna.

**FIGURA 55**  
**EJEMPLO DE PANDEO EN UNA COLUMNA**

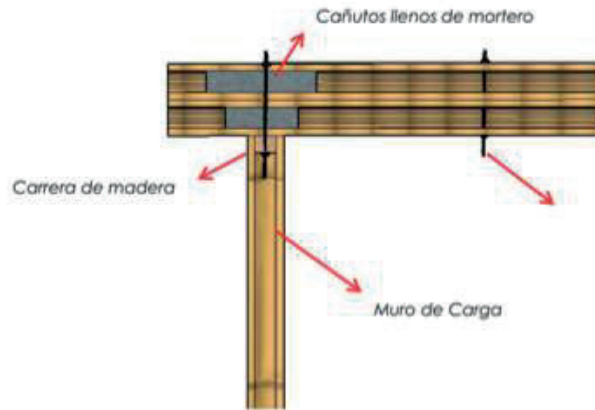


c) Si la viga de sección o tramo compuesta esta soportada a lo largo de la misma (zona de compresión) o aplastamiento y además está limitada en los apoyos a la rotación, el factor de modificación por estabilidad lateral será  $CL = 1$ .

**FIGURA 56**  
**VIGA DE SECCIÓN COMPUESTA**



**FIGURA 57**  
**DETALLE DE VIGA DE SECCIÓN COMPUESTA**



d) En caso de que la sección o tramo de viga compuesta (dos o más culmos de GaK u otros bambúes), cuya relación alto ( $d$ ) ancho ( $b$ ) sea mayor que 1 ( $d/b > 1$ ), se debe incluir apoyos laterales conocidos como riostras que eviten el pandeo o la rotación.

**FIGURA 58**  
**RIOSTRA ANGULAR**



**FIGURA 59  
RIOSTRA EN K**



## 2.4.5.2 Estabilidad lateral de vigas compuestas

Para la vigas compuestas por dos o más culmos de GaK y otros bambúes se debe reducir el esfuerzo admisible a flexión ( $F_b$ ), por el valor de CL de la tabla 15.

**FIGURA 60  
RIOSTRA EN CRUZ**



**TABLA 15**  
**COEFICIENTES (FACTORES) CL PARA DIFERENTES**  
**RELACIONES d/b**

d/b	CL
1	1.00
2	0.98
3	0.95
4	0.91
5	0.87

Donde:

d = Altura de sección compuesta

b = Ancho de sección compuesta

CL = Factor de modificación por estabilidad lateral de viga

## 2.4.5.3 Estabilidad lateral

Viga: Elemento arquitectónico rígido, generalmente horizontal, proyectado para soportar y transmitir las cargas transversales a que está sometido hacia los elementos de apoyo.

Viga compuesta: Viga conformada por más de un culmo unidos entre sí por zunchos, tarugos de madera preservada, o pernos espaciados como mínimo de un cuarto de la longitud de la viga, como se detalla más adelante en 3.8.2. Vigas.

Flexión: Esfuerzo que tiene a doblar el objeto. Las fuerzas que actúan son paralelas a las superficies que sostienen el objeto y perpendiculares al mismo. Siempre que existe flexión también hay un esfuerzo de tracción y compresión.

En vigas compuestas por más de un culmo de GaK y otros bambúes donde la altura sea mayor que su ancho, se debe comprobar estructuralmente en caso de necesitar un soporte lateral para la zona comprimida del elemento.

Relación d/b donde, d:largo y b:ancho.

a) Si  $d/b = 2$ . No se requiere soporte lateral

b) Si  $d/b = 3$ . No se debe permitir el desplazamiento lateral de los apoyos.

c) Si  $d/b = 4$ . No se debe permitir el desplazamiento lateral de los apoyos y del borde de compresión mediante los elementos, correas o viguetas.

d) Si  $d/b = 5$ . No se debe permitir el desplazamiento lateral de los apoyos y proveer soporte continuo del borde en compresión mediante un entablado.

## 2.4.5.4 Momento resistente

El esfuerzo a flexión actuante ( $f_b$ ) sobre cualquier sección de GaK y otros bambúes no puede exceder el valor de esfuerzo a flexión admisible ( $F'$ ) modificado por los coeficientes  $b$  correspondientes, de acuerdo con la siguiente fórmula:

### Ecuación 6:

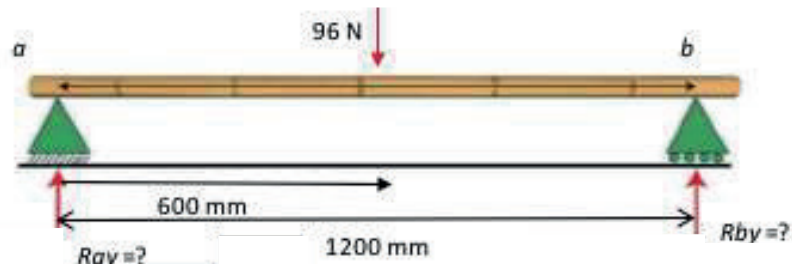
$$f_b = \frac{M}{S} \leq F'b$$

Donde:

$f_b$  Esfuerzo a flexión actuante, en MPa  
 $M$  Momento actuante sobre el elemento en N/mm  
 $F'b$  Esfuerzo admisible modificado, en MPa  
 $S$  Módulo de sección en mm<sup>3</sup>

### Ejemplo:

Para hallar  $M$  se realiza un diagrama de cuerpo libre en base a la viga de ejemplo.



Para puntualizar la carga:

$$0,08 \times 1200 = 96 \text{ N}$$

Para el centroide de la viga:

$$1200\text{mm} \div 2 = 600\text{mm}$$

Sumatoria de fuerzas en b para encontrar  $R_{by}$ :

$$\uparrow + \sum F_y = 0$$

$$R_{ay} - 96\text{N} + R_{by} = 0$$

$$R_{ay} - 96\text{N} + 48\text{N} = 0$$

$$R_{ay} = 48\text{N}$$

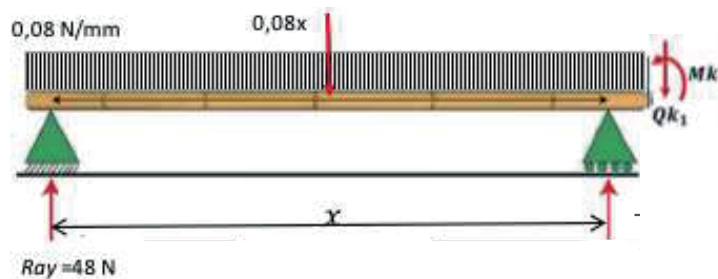
Sumatoria de momentos en el punto a para encontrar  $R_{by}$

$$(+)\sum M_a = 0$$

$$- 96\text{N}(600\text{mm}) + R_{by}(1200\text{mm}) = 0$$

$$- 57600\text{N mm} + R_{by}(1200\text{mm}) = 0$$

$$R_{by} = \frac{57600\text{N mm}}{1200\text{mm}} = 48\text{N}$$



## Ecuaciones de equilibrio

$$\uparrow +\Sigma F_y=0$$

$$48N-0,08x-Qk1=0$$

$$Qk1=-0,08x+48N$$

## Ecuación para el cortante en la estructura completa

### Evaluando: $0 \leq x \leq 1200$

$$x=0, Qk1=48N$$

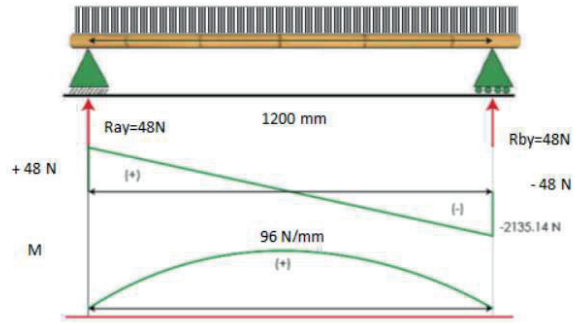
$$X=1200, Qk1=-48N$$

$$+\Sigma M_i=0$$

$$-48(x)+0,08(x)\left(\frac{x}{2}\right)+Mk1=0$$

$$-48N+0,04x^2 +Mk1=0$$

$$Mk1=-0,04x^2 +48x$$



### Evaluando: $0 \leq x \leq 1200$

$$x=0, Mk1=0 N$$

$$X=1200, Mk1=-0 N$$

### Para el momento máximo $Qk1=0$

$$Qk1=-0,08x+48$$

$$x = \frac{48}{0,08} = 600$$

$$0=-0,08x+48$$

### Momento

$$Mk1=-0,04x^2 +48x$$

$$Mk1=-0,04(600)^2+48(600)$$

$$Mk1=14400 Nmm$$

El módulo de sección S, para un culmo de GaK y otros bambúes se expresa con la siguiente fórmula:

### Ecuación 7:

$$S = \frac{\pi(D_e^4 - [D_e - 2t]^4)}{32D_e}$$

S Módulo de sección en mm<sup>3</sup>

D Diámetro promedio exterior del culmo en mm

T Espesor promedio de la pared del culmo en mm

Utilizando un bambú con las mismas dimensiones que el ejercicio anterior, la fórmula del módulo de la sección se calcula de la siguiente forma:

$$S = \frac{\pi(100^4 - [100 - 2(15)]^4)}{32(100)}$$

$$S = 23746,875 \text{ mm}^3$$

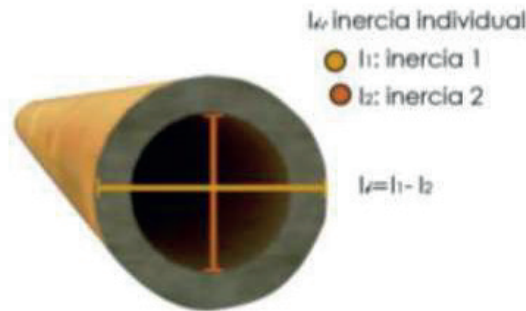
Cuando se empleen varios culmos para conformar un elemento a flexión, la inercia del conjunto se calcula como la suma de las inercias individuales de cada uno de los culmos, con la siguiente fórmula:

$$I = \Sigma I_i$$

I Inercia de la sección compuesta, en mm<sup>4</sup>

I<sub>i</sub> Inercia individual de cada culmo referida a su propio centroide, en mm<sup>4</sup>

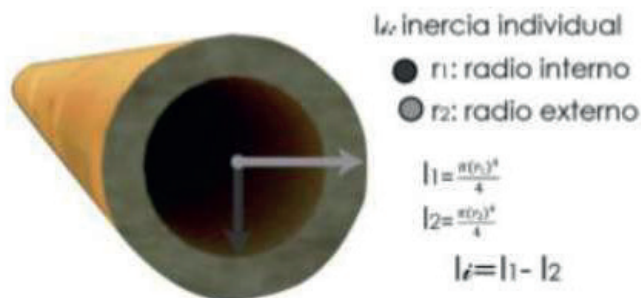
## FIGURA 61 INERCIA INDIVIDUAL



$$I = \frac{\pi r^4}{4} \quad I_i = I_1 - I_2$$

La sección transversal de la Gak y otros bambúes posee dos diámetros; un interno y un externo, la inercia individual de cada culmo será la diferencia entre la inercia obtenida del diámetro exterior y la inercia obtenida del diámetro interior respectivamente.

## FIGURA 62 INERCIA INDIVIDUAL



Para una viga compuesta por dos o más culmos se puede presentar dos casos:

a) Cuando la viga conformada por los culmos de GaK y otros bambúes tienen el mismo valor en el diámetro interior como el exterior, se calcula la inercia individual de uno de los culmos y se multiplica por la cantidad de culmos o tallos que constituyan la viga.

b) Debido a la singularidad del material, los culmos que conforman la viga pueden variar en sus diámetros. De ser este el caso, la Inercia Total será igual a la sumatoria de la Inercia Individual ( $I_i$ ) de cada uno de los culmos.

$$I_{\text{total}} = \sum I_i$$

$$a) I_i = I_A * 4$$

$$b) I_{\text{total}} = \sum (I_{\text{CULMO A}} + I_{\text{CULMO B}} + \dots + I_{\text{CULMO n}})$$

Para un culmo:

$$I_{\text{CULMO 1}} = I_1 \cdot I_2$$

$$b) I_{\text{total}} = \Sigma(I_{\text{CULMO A}} + I_{\text{CULMO B}} + \dots I_{\text{CULMO n}})$$

$$D_{\text{exterior}} = 100\text{mm}$$

$$r_{\text{exterior}} = 50\text{mm}$$

$$D_{\text{interior}} = 70\text{mm}$$

$$r_{\text{interior}} = 35\text{mm}$$

$$I_1 = \frac{\pi(50\text{mm})^4}{4} = 4908738,521\text{mm}^4$$

$$I_2 = \frac{\pi(35\text{mm})^4}{4} = 1178588,119\text{mm}^4$$

$$I_{\text{CULMO 1}} = 3730150,402$$

$$I_{\text{total}} = 7460300,804\text{mm}^4$$

Tomando el caso A como ejemplo, considerando que todos los culmos midieran lo mismo, se multiplicaría el resultado obtenido de uno de los culmos por el número de culmos a usar como viga. En este caso se sumará una viga más. En caso de tener culmos con diferentes diámetros, se debe calcular cada culmo individualmente.

NOTA: Si se trata de un caso "B", primero se calcula la inercia individual de cada culmo y posteriormente se suman estos resultados para obtener la inercia total.

## 2.4.6 Cortante

Los esfuerzos máximos de corte se deben calcular a una distancia del apoyo igual a la altura (h) del elemento, tomando en cuenta los siguientes elementos.

- Para las vigas conformadas por un solo culmo, la altura será igual al diámetro exterior ( $D_e$ ) de la misma, en los voladizos el esfuerzo máximo será calculado en la cara de apoyo.
- Para las vigas con dos culmos (compuestas), la altura será igual a la altura original del elemento.
- Para determinar el máximo esfuerzo cortante se debe tomar en cuenta la distribución de los esfuerzos en la sección, y debe ser menor al máximo esfuerzo admisible para corte paralelo a la fibra  $F'v$ . (tabla 4)

### 2.4.6.1 Esfuerzo cortante paralelo a las fibras

Los esfuerzos cortantes paralelos a las fibras de cualquier sección de GaK y otros bambúes no pueden exceder al esfuerzo cortante paralelo a las fibras admisibles ( $f'v$ )

## Ecuación 8:

$$f_v = \frac{2V}{3A} \frac{(3D_e^2 - 6D_e t + 4t^2)}{(D_e^2 + 2D_e^2 t + 2t)} \leq F'v$$

Fv = Esfuerzo cortante paralelo a las fibras actuante, en MPa. (Este valor se obtiene aplicando la fórmula ya mencionada).

A = Área de la sección transversal del elemento de GaK y otros bambúes, en mm<sup>2</sup> (A = πr<sup>2</sup>).

De = Diámetro externo promedio de la sección de GaK y otros bambúes, en mm. (Medir el diámetro de la caña guadúa en dos direcciones, como se muestra en el gráfico)

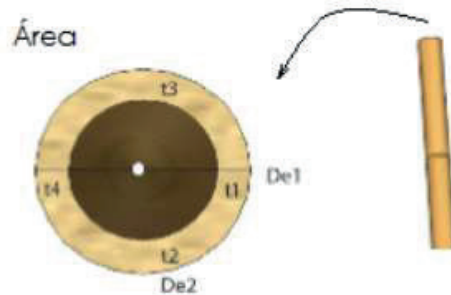
t = Espesor promedio de la sección de GaK y otros bambúes, en mm (Para obtener el espesor de la caña se deberá medir más de una sección así como se muestra en la imagen, y se sacará un promedio).

f'v = Esfuerzo admisible para corte paralelo a las fibras modificado por los coeficientes que correspondan, en MPa (de acuerdo con la normativa es igual a 1.2).

V = Fuerza cortante en la sección considerada, en N. (Es la resultante de la suma de todas las fuerzas perpendiculares al eje de la viga).

## Ejemplo:

**FIGURA 63**  
**SECCIÓN TRANSVERSAL DE UN CULMO DE BAMBÚ**



$$f_v = \frac{2V}{3A} \frac{(3D_e^2 - 6D_e t + 4t^2)}{(D_e^2 + 2D_e^2 t + 2t)} F'v$$

### Datos:

$$V = 48\text{N}$$

$$A = 4005,530633\text{mm}^2$$

### Para:

$$F'v = F_v C_D C_m C_t C_L C_F C_r C_p C_c$$

Donde:

F'v = Esfuerzo admisible modificado por la sollicitación de Flexión.

i = Subíndice que depende del tipo de sollicitación, donde: v para corte.

CD = Coeficiente de modificación por duración de carga (Permanente = 0.90) 2.3.3.1. Tabla 8. Coeficientes de modificación por duración de carga.

Cm = Coeficiente de modificación por contenido de humedad. 2.3.3.2. Tabla 9. Por contenido de humedad (CH 14% = 0.94).

CL = Coeficiente de modificación por estabilidad lateral de vigas 2.4.5.2. Tabla 15: Coeficientes CL para la relación (d/b = 2, CL = 0.98) (d:alto, b:ancho)

CF = Coeficiente de modificación por forma Cf = 1.

Cr = Coeficiente de modificación por redistribución de cargas, acción conjunta 2.3.3.3 Por acción conjunta (Cr) = 1,1.

Cp = Coeficiente de modificación por estabilidad de columnas Cp = 1.0.

Cc = Coeficiente de modificación por cortante 2.4.4 Tabla 13. Cc = 0.75.

Fv = Esfuerzo admisible en la sollicitación de corte 2.3.1 Tabla 4: Esfuerzos admisibles, Fv = 1,415151515 (Mpa).

$$F_v = \frac{FC}{FS * FDC} \quad f_{kv} = \frac{0,6}{1,8 \times 1,1} \quad 4,67 = 1,415151515$$

$$F'_v = (1,415151515) (0,90)(0,94)(0,65)(0,98)(1)(1,1)(1,0)(0,75)$$

$$F'_v = 0,629168084 \text{ Mpa}$$

$$F_v = \frac{96N}{12016,59\text{mm}^2} (4,681504221) \leq 0,629168984 \text{ Mpa}$$

$$F_v = 0,037400327 \text{ N/mm}^2 \leq 0,629168084 \text{ Mpa}$$

## 2.4.6.2 Conectores en vigas de sección compuesta

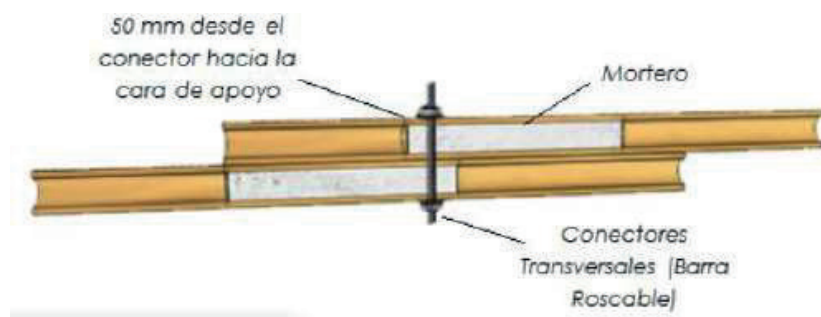
Cuando se construyen vigas con dos o más culmos de GaK y otros bambúes, se debe garantizar su estabilidad por medio de conectores transversales, que garanticen el trabajo en conjunto.

El espacio de separación de los conectores estará justificado de acuerdo al diseño estructural.

Todas las secciones de GaK y otros bambúes que estén atravesados por el conector para las vigas de sección compuesta, deben estar rellenos de mortero de cemento.

El primer conector se ubicará a 50mm midiéndose a partir de la cara de apoyo.

**FIGURA 64**  
**DETALLE DE CONECTOR TRANSVERSAL PARA VIGA DE SECCIÓN COMPUESTA**



## 2.4.7 Aplastamiento

Los esfuerzos de compresión perpendicular a las fibras, deben verificarse especialmente en los apoyos y lugares en los que haya cargas concentradas en áreas pequeñas.

El esfuerzo de compresión perpendicular a las fibras no debe exceder al esfuerzo admisible de compresión perpendicular modificado por los coeficientes que correspondan.

El esfuerzo a compresión perpendicular a la fibra actuante se calcula con la siguiente fórmula:

**Ecuación 9:**

$$f_p = \frac{3R.D}{2t^2L} \leq F_p$$

Donde:

$F_p$  Esfuerzo admisible en compresión perpendicular a la fibra, modificado por los coeficientes que correspondan, en MPa.

$f_p$  Esfuerzo actuante en compresión perpendicular a la fibra, en MPa.

D Diámetro externo promedio de la sección de GaK, en mm.

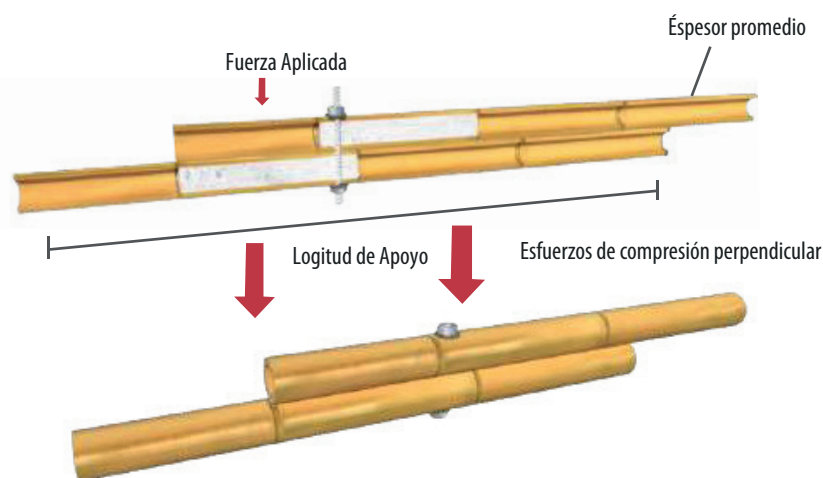
t Espesor promedio de la sección de GaK, en mm.

L Longitud de apoyo, en mm.

R Fuerza aplicada en el sentido perpendicular a las fibras, en Newtons.

Todas las secciones de GaK y otros bambúes que estén sometidas a esfuerzos de compresión perpendicular a la fibra, deben estar rellenos de mortero de cemento, en el caso en que esto no se cumpla el valor del esfuerzo admisible se debe reducir a la cuarta parte ( $F_p/4$ ).

**FIGURA 65**  
**ESFUERZO A COMPRESIÓN**



**Ecuación 10:**

$$f_p = \frac{3R.D_e}{2t^2L} \leq F_p$$

$$f_p = \frac{FC}{FS * FDC} F_{kp} = \frac{-}{1.8 * 1.2} 4,67 = 2,162037037\text{Mpa}$$

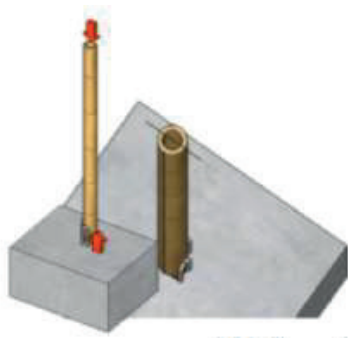
$$f_p = \frac{28800\text{Nmm}}{1080000\text{mm}^3} \leq 2,162037037\text{Mpa}$$

$$f_p = 0,026666666\text{N/mm}^2 \leq 2,162037037\text{Mpa}$$

## 2.5 Diseño de elementos solicitados por fuerza axial

Los elementos diseñados por la fuerza que actúa en dirección del eje longitudinal (fuerza axial), son aquellos que pasan en la misma dirección del eje longitudinal el cual coincide con el centro de su transversal.

**FIGURA 66**  
**ESFUERZO A FUERZA AXIAL**

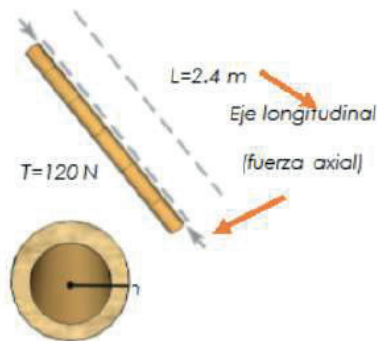


Centro de sección transversal.

# 2.5.1 Elementos solicitados a tensión axial

El esfuerzo de tensión longitudinal que actúan ( $f_t$ ) para cualquier sección de GaK y otros bambúes no debe exceder el valor del esfuerzo admisible a la tensión longitudinal ( $F't$ ), que varía de acuerdo a los coeficientes de modificación.

**Ecuación 11:**



Donde:  
 $f_t$  Esfuerzo a tensión actuante, en MPa.  
 $T$  Fuerza de tensión axial aplicada, en N.  
 $F't$  Esfuerzo de tensión admisible, modificado por los coeficientes a que haya lugar, en MPa.  
 $A_n$  Área neta del elemento, en mm<sup>2</sup>

MPa: El Mega pascal (MPa = 10<sup>6</sup> N/mm<sup>2</sup>) se utiliza para el cálculo de cimentaciones y secciones resistentes en estructuras.

Considerando un elemento GaK y otros bambúes de:

**Ecuación 11:**

$$f_t = \frac{T}{A_n} \leq F't$$

$$f_t = \frac{FC}{FS * FDC} F't = \frac{0,5}{2,0 * 1,5} * 4,67 = 0,778333333 \text{ Mpa}$$

**Datos:**

T = 120N  
 A = 4005,530633mm<sup>2</sup>

**Reemplazando:**

$$f_t = \frac{120N}{4005,530633} \leq 0,778333333 \text{ Mpa}$$

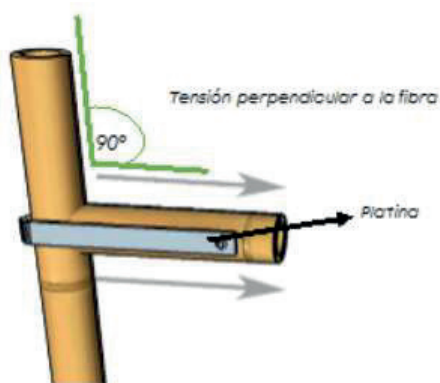
$$f_t = 0,029958577 \text{ N/mm}^2 \leq 0,778333333 \text{ Mpa}$$

Todos los elementos requeridos por la tensión longitudinal y momento de flexión deben ser diseñados de acuerdo a lo mencionado en la sección 4.6.

## 2.5.2 Tensión perpendicular a la fibra

Se debe procurar evitar cualquier tipo de daño que afecte estructuralmente a la GaK y otros bambúes de acuerdo al tipo de diseño. Es decir, la GaK y otros bambúes no pueden estar sometidos a esfuerzos de tensión perpendicular a la fibra, de ser el caso se debe garantizar la resistencia del elemento proporcionado por medio de zunchos metálicos o platinas.

**FIGURA 67**  
**TENSIÓN PERPENDICULAR A LA FIBRA**



## 2.5.3 Elementos solicitados a compresión axial

Dentro del diseño a compresión axial que es una fuerza que actúa directamente en el centro del elemento y en el sentido más largo del objeto de manera longitudinal, se tomarán en cuenta los siguientes aspectos:

### 2.5.3.1 Longitud efectiva

Se refiere a la longitud de la columna dada por todas las articulaciones en los extremos. Se calcula con la siguiente fórmula:

## Ecuación 12:

$$l_e = l_u k$$

Donde:

$l_e$  es la longitud efectiva en milímetros.

$l_u$  es la longitud no soportada del elemento en milímetros

$k$  es coeficiente de longitud efectiva.

**TABLA 16**  
**COEFICIENTE DE LONGITUD EFECTIVA (\*)**

Condición de los apoyos	k
Ambos extremos articulados (Ambos extremos del elemento deben estar restringidos al desplazamiento perpendicular a su eje longitudinal)	1.0
Un extremo con restricción a la rotación y al desplazamiento y el otro libre	2.1

Cuando los resultados se justifican de manera próxima, se puede utilizar los valores de k estipulados en la Tabla 16.

$$\begin{aligned} l_e &= l_u k \\ l_u &= 2400\text{mm} \\ k &= 1 \text{ (Debido a que ambos extremos son articulados)} \\ l_e &= l_u k = 2400\text{mm} * 1.0 = 2400\text{mm} \end{aligned}$$

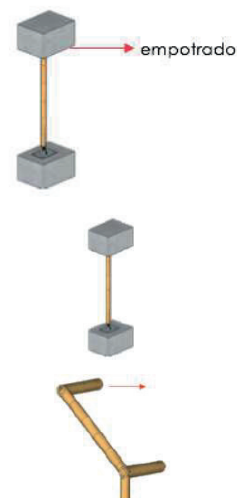
### Condición de apoyos

Empotrados en ambos extremos

Impedido de desplazarse en ambos extremos y uno de ellos impedido de rotar

Articulado en ambos extremos

### Gráficos

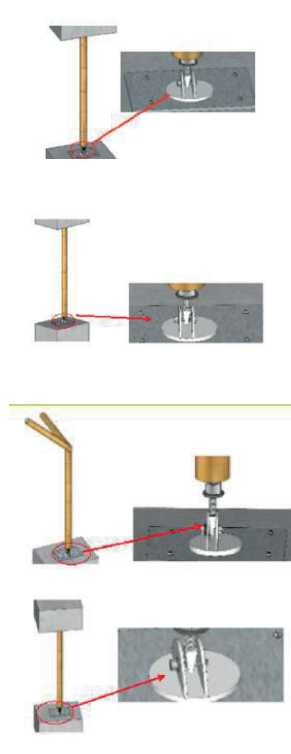


Empotrado en un extremo y el otro impedido de rotar pero libre de desplazamiento

Empotrado en un extremo el otro parcialmente libre de rotar y libre de desplazamiento

Articulado en un extremo y el otro privado de rotación pero libre de desplazamiento

Empotrado en un extremo y el otro libre de rotar y libre de desplazamiento



## 2.5.3.2 Esbeltez

Es el resultado del cociente entre la base del elemento y su altura. Está dado por la siguiente fórmula:

### Ecuación 13:

$$y = \frac{le}{r} = 134,4268881$$

Donde:  
 y Relación esbeltez del elemento.  
 le longitud efectiva del elemento, en mm.  
 r Radio de giro de la sección, en mm.  
 El radio de giro de la sección de un el culmo, se calcula con la fórmula:

### Ecuación 14:

$$r = \frac{\sqrt{(De^2 + (De - 2t)^2)}}{4}$$

$$r = \frac{\sqrt{(100^2 + (100 - 2(15))^2)}}{4}$$

$$r = 17,85357107\text{mm}$$

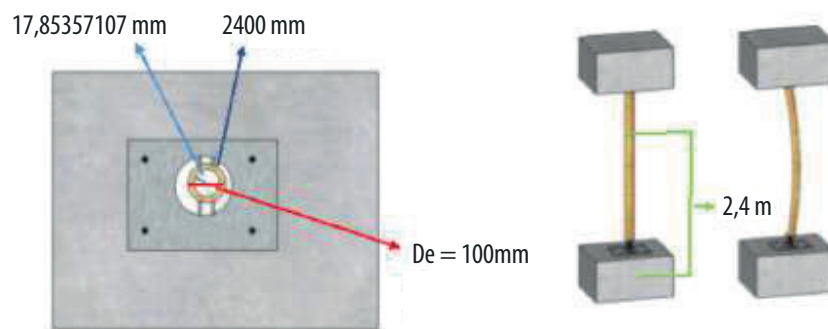
Donde:  
 De Diámetro externo promedio de la sección de GaK y otros bambúes en mm  
 t Espesor promedio de la sección de GaK y otros bambúes en mm  
 r Radio de giro de la sección

### Ecuación 13:

$$y = \frac{l_e}{r} = 134,4268881 \quad l_e = 2400\text{mm} \quad r = 17,85357107\text{mm}$$

$$y = \frac{2400\text{mm}}{17,85357101\text{mm}} = 134,4268881$$

**FIGURA 68**  
**EJERCICIO DE ESBELTEZ**



## 2.5.3.3 Elementos constituidos por dos o más culmos

En el diseño de elementos a compresión constituidos por dos o más culmos, la esbeltez, será calculada con la Ecuación 13, en donde el radio de giro  $r$  se obtendrá mediante la siguiente fórmula:

### Ecuación 15:

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$r = \sqrt{\frac{7460300,804\text{mm}^4}{4005,530633\text{mm}^2}}$$

$$r = 43,15669467\text{mm}$$

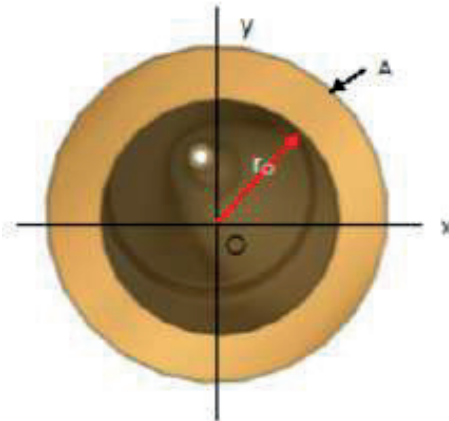
Donde:

$I$  Inercia de la sección

$A$  Área neta de la sección transversal de GaK y otros bambúes.

$r$  Radio de giro de la sección

**FIGURA 69  
RADIO DE GIRO**



Al momento de utilizar varios culmos para conformar un elemento a compresión, la inercia (inmovilidad) del conjunto en total se calcula sumando las inercias individuales de cada uno de los culmos, para lo cual se hace uso de la Ecuación 8.

## 2.5.3.4 Clasificación de columnas

Por su relación entre ancho y alto (esbeltez) del culmo, las columnas de GaK rolliza pueden estar clasificadas de la siguiente manera:

**TABLA 17  
CLASIFICACIÓN DE COLUMNAS POR ESBELTEZ**

Columna	Esbeltez
Corta	$y < 30$
Intermedia	$30 < y < C_k$
Larga	$C_k < y < 150$

La esbeltez  $C_k$  representa el límite entre columnas inmediatas y las columnas largas, y está dada por la siguiente fórmula:

**Ecuación 16:**

$$C_k = 2.565 \sqrt{\frac{E_{0,05}}{f_c}}$$

Donde:

F'e Esfuerzo admisible modificado por la sollicitación de Flexión

i Subíndice que depende del tipo de sollicitación, donde: c para compresión paralela.

CD Coeficiente de modificación por duración de carga (Permanente = 0.90) 2.3.3.3. Tabla 8. Coeficientes de modificación por duración de carga.

Cm Coeficiente de modificación por contenido de humedad. 2.3.3.2. Tabla 9. Por contenido de humedad (CH 14% = 0.91).

Cr Coeficiente de modificación por temperatura 2.3.3.3 Tabla 10. Coeficientes de modificación por temperatura )condiciones de servicio Húmedo = 0.65.

CL Coeficientes de modificación por estabilidad lateral de vigas 2.4.5.2. Tabla 15: Coeficientes CL para leación (d/b = 2, CL = 0.98) (d:alto, b:ancho)

CF Coeficiente de modificación por forma Cf = 1.

Cr Coeficiente de modificación por redistribución de cargas, acción conjunta 2.3.3.4. Por acción conjunta (Cr) = 1,1.

Cp Coeficiente de modificación por estabilidad de columnas Cp = 1.0.

Cc Coeficiente de modificación por cortante 2.4.4 Tabla 13. Cc = 0.75.

Fc Esfuerzo admisible en la sollicitación de compresión paralela. 2.3.1. Tabla 4: Esfuerzos admisibles, Fc = 2,594444444 (Mpa).

$$F_c = \frac{F_c}{FS * FDC} \quad F_{kc} = \frac{4,67}{1,5 * 1,2} = 2,594444444 \text{ Mpa}$$

$$F'c = (2,594444444)(0,90)(0,91)(0,65)(0,98)(1)(1,1)(1,0)(0,75)$$

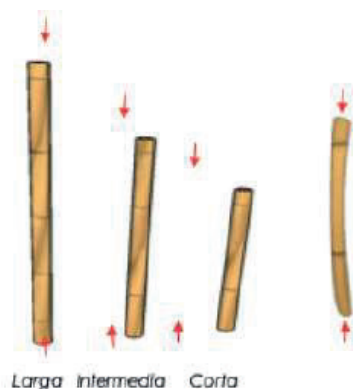
$$F'c = 1,116661796 \text{ Mpa}$$

**Reemplazando:**

$$C_k = 2,565 \sqrt{\frac{7,500 \text{ Mpa}}{1,116661796 \text{ Mpa}}} \quad E = 6,647482032$$

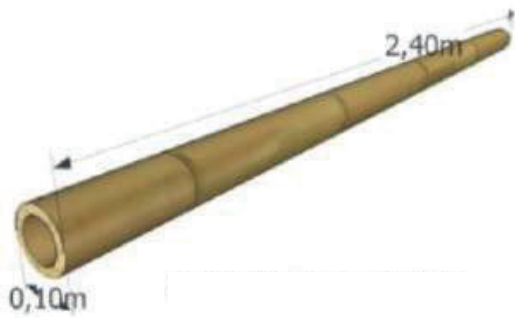
$$E = 150$$

**FIGURA 70  
TIPOS DE COLUMNAS**



Depende la altura, se da el pandeo y el aplastamiento. A mayor altura, mayor probabilidad de pandeo.

## 2.5.3.5 Esfuerzos máximos

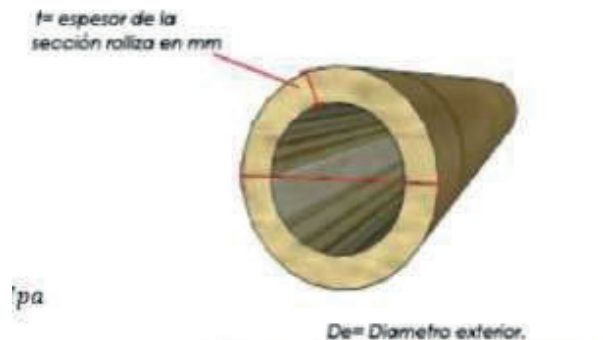


a) Columnas cortas ( $\lambda < 30$ ) En el siguiente ejercicio hipotético, se tiene que existe una fuerza en Newtons de 100 que crea compresión sobre la columna corta.

**FIGURA 71**  
**ESPESOR Y DIÁMETRO EXTERIOR**

**Ecuación 17:**

$$f_c = \frac{N}{A_n} \leq F'_c$$



Donde:

$f_c$  Esfuerzo de compresión paralelo a la fibra actuante, en MPa

N Fuerza de compresión paralela a la fibra actuante, en N

$A_n$  Área neta de la sección transversal, en mm<sup>2</sup>

$F'_c$  Esfuerzo de compresión paralela a la fibra admisible, modificado, en MPa

b) Columnas intermedias ( $30 < \lambda < C_k$ )

**Ecuación 18:**

$$f_c = \frac{N}{A_n \left(1 - \frac{2}{5} \left[\frac{\lambda}{C_k}\right]^3\right)} \leq F'_c$$

Donde:

$f_c$  Esfuerzo de compresión paralelo a la fibra actuante, en MPa

N Fuerza de compresión paralela a la fibra actuante, en N

$A_n$  Área neta de la sección transversal, en mm<sup>2</sup>

$F'_c$  Esfuerzo de compresión paralela a la fibra admisible, modificado, en MPa y Esbeltez, Ecuación 13

$C_k$  Esbeltez que marca al límite entre columnas intermedias y columnas largas, Ecuación 16

c) Columnas largas ( $Ck < y < 150$ )

**Ecuación 19:**

$$f_c = 3.3 \frac{E 0.05}{y^2} \leq F'_c$$

Donde:

$f_c$  Esfuerzo de compresión paralelo a la fibra actuante, en MPa

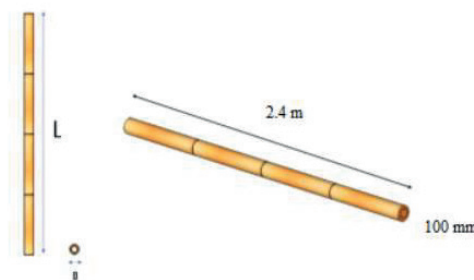
$F'_c$  Esfuerzo de compresión paralela a la fibra admisible, modificado, en MPa y Esbeltez, Ecuación 13

$E 0.05$  Módulo de elasticidad del percentil 5, en Mpa

## 2.6 Diseño de elementos solicitados por flexión y carga axial

Para diseñar los elementos solicitados por flexión y carga axial, se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

**FIGURA 72**  
**ELEMENTOS A FLEXIÓN Y CARGA AXIAL**



### 2.6.1 Elementos solicitados a flexión con tensión axial

Los elementos de la estructura que se encuentran sometidos simultáneamente a las fuerzas de tensión axial y flexión deben ser diseñados para cumplir la siguiente fórmula:

### Ecuación 20:

$$\frac{f_t}{F'_t} + \frac{f_b}{F'_b} \leq 1.0$$

Donde:

$f_t$  Esfuerzo a tensión actuante, MPa

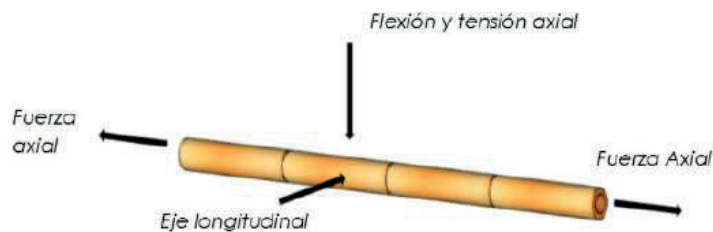
$F'_t$  Esfuerzo con tensión admisible, modificado por los coeficientes que correspondan, en MPa

$f_b$  Esfuerzo a flexión actuante, en MPa

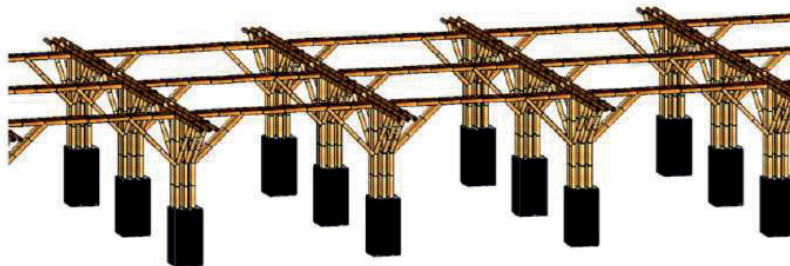
$F'_b$  Esfuerzo a flexión admisible modificado, en MPa

- Se empleará un signo positivo para indicar un esfuerzo de tensión
- Los ejemplos ilustran la correcta aplicación del código empleado en el diseño de los elementos solicitados a flexión.
- Los esfuerzos de la resistencia deben ser mayor o igual a la resistencia del esfuerzo requerido a 1.
- Los subíndices indican los ejes sobre los cuales se produce la flexión.
- Existen casos cuando el chequeo al pandeo se efectuará separadamente.

**FIGURA 73**  
**ELEMENTO A FLEXIÓN CON TENSIÓN AXIAL**



**FIGURA 74**  
**FLEXIÓN CON TENSIÓN AXIAL**



Columnas en Gak articuladas

$$F'_t = (0,778333333) (0,90)(0,94)(0,85)(0,98)(1)(1,1)(1,0)(0,75)$$

$$F'_t = 0,452517045 \text{ Mpa}$$

## Reemplazando:

$$\frac{f_t}{f'_t} + \frac{fb}{F'_b} \leq 1.0$$
$$\frac{0,029958577 \text{ N/mm}^2}{0,452517045 \text{ MPa}} + \frac{4,0426637189 \times 10^{-3} \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{0,3972969 \text{ MPa}} \leq 1.0$$
$$0,076379661 \leq 1.0$$

- a) Se empleará un signo positivo para indicar un esfuerzo de tensión.
- b) Los ejemplos ilustran la correcta aplicación del código empleado en el diseño de los elementos solicitados a flexión.
- c) Los esfuerzos de la resistencia deben ser mayor o igual a la resistencia del esfuerzo requerido a 1.
- d) Los subíndices indican los ejes sobre los cuales se produce la flexión.
- e) Existen casos cuando el chequeo al pandeo se efectuará separadamente.

## 2.6.2 Elementos solicitados a flexo compresión

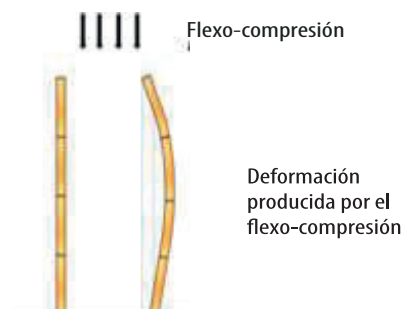
Los cálculos y verificaciones a flexo-compresión permiten mantener estable la estructura. Se debe toma en cuenta el efecto de la deformación en elementos esbeltos.

Existen casos de elementos esbeltos, donde sus formulaciones datan para el cálculo de los esfuerzos y ayudan a tener presente los efectos desestabilizadores.

La presencia cargas axiales mayores, disminuye considerablemente la capacidad de resistencia a la flexión de las columnas.

Los cálculos permiten hallar la esbeltez adecuada para cada dirección.

**FIGURA 75**  
**ELEMENTOS A FLEXO-COMPRESIÓN**



Los elementos de la estructura que se encuentren sometidos simultáneamente a las fuerzas de compresión y flexión deben ser diseñados para cumplir la siguiente fórmula:

**Ecuación 21:**

$$\frac{f_c}{F'_c} + \frac{K_{mfb}}{F'_b} \leq 1.0$$

$$\frac{1,369628906 \times 10^{-3} \text{ N/mm}^2}{1,116661796 \text{ MPa}} + \frac{4,015999977 * (4,042637189 \times 10^{-3} \text{ N/mm}^2)}{0,3972969 \text{ MPa}} \leq 1.0$$

$$0,042090764 \leq 1.0$$

Donde:

$f_c$  Esfuerzo de compresión paralela a la fibra actuante en MPa

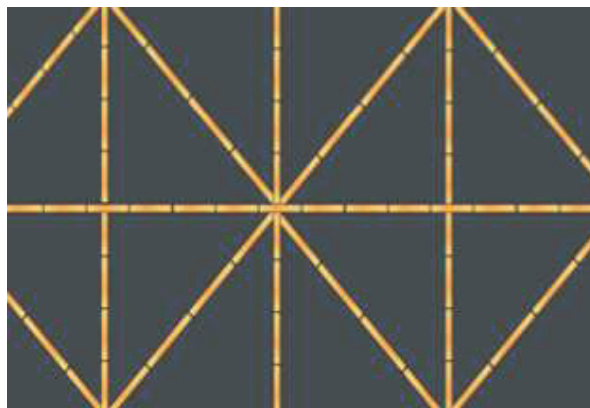
$F'_c$  Esfuerzo de compresión paralela a la fibra admisible, modificado en MPa

$F_b$  Esfuerzo a flexión actuante, en MPa

$F'_b$  Esfuerzo a flexión admisible modificado, en MPa

$K_m$  Coeficiente de magnificación de momentos donde ambos extremos se encuentran articulados

## FIGURA 76 MUROS EN GAK Y OTROS BAMBÚES ENCEMENTADO



**Ecuación 22:**

$$K_m + \frac{1}{1 - 1,5 (N_a/N_{er})} = 4,015999977$$

Donde:

$N_a$  Carga de compresión actuante, en N

$N_{er}$  Carga crítica de Euler, calculada con la Ecuación 23

**Datos:**  $N_a = 48\text{N}$

### Ecuación 23:

$$N_{er} = \frac{\pi^2 E_{0.05} I}{l_e^2} = 95,87267923N$$

Donde:

$N_{er}$  Carga crítica de Euler, en N

$E_{0.05}$  Módulo de elasticidad del percentil 5, en MPa

$I$  Momento de inercia de la sección, en mm<sup>4</sup>

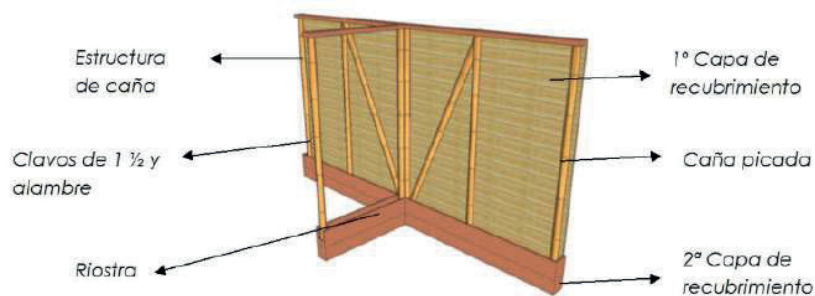
$l_e$  Longitud efectiva del elemento, en mm

## 2.7 Muros de corte, carga lateral, sismo o viento

### 2.7.1 Requisitos de resistencia y rigidez

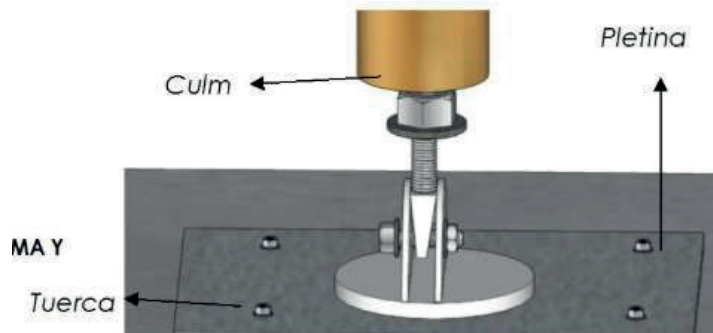
El diseño de los diafragmas y muros de corte deben resistir el 100 % de las cargas laterales (vigas, viguetas y correas), que actúan como, acciones de viento o sismo y empuje de suelos, que se especifican en el capítulo NEC-SE-CG y el capítulo NEC-SE-DS. Los diafragmas y muros de corte deben ser suficientemente rígidos para:

**FIGURA 77**  
**MURO DE CORTE**

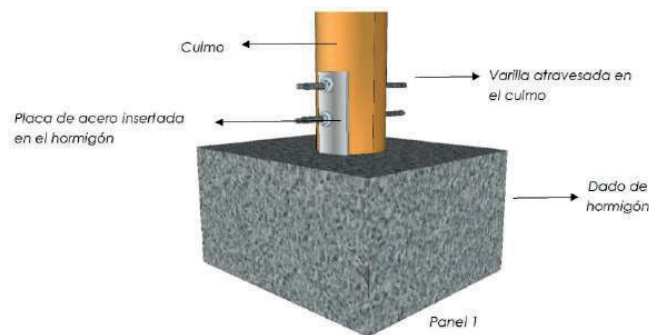


- Limitar los desplazamientos laterales, evitando posibles daños a otros elementos no estructurales.
- Proporcionar riostras o piezas diagonales a otros elementos para impedir su curvatura lateral.
- Las uniones de los diafragmas y muros de corte, entre sí y con otros elementos, deben ser adecuadas para transmitir y resistir las fuerzas cortantes de sismo o vientos.

**FIGURA 78**  
**UNIÓN DE DIAFRAGMA Y MURO DE CORTE**



**FIGURA 79**  
**DETALLE DE PANEL CONECTADO A LA CIMENTACIÓN**




### Observaciones:

- Los paneles deben estar conectados a la cimentación como mínimo en dos puntos y la distancia entre ellos no debe ser mayor a 2 m.
- No se consideran como elementos de resistencia a aquellos muros en donde su relación entre la altura y la longitud en planta sea mayor a 2m.
- Se debe verificar que las deformaciones en los muros causadas por vientos excesivos o sismos no excedan de  $h/1200$  (siendo "h" la altura del muro).
- Los muros de corte deben ser capaz de resistir la carga lateral generada por la masa o el peso que se apoya sobre él.
- Para calcular la fuerza cortante actuante por sismo o viento en edificaciones de hasta dos pisos de altura, se puede utilizar lo dispuesto en el capítulo NEC-SE-DS.
- Los muros de corte de una edificación debe estar dispuestos en dos direcciones ortogonales ( $90^\circ$ ), con una distancia menor a 4 m en cada dirección.

## 2.8 Diseño de uniones

La correcta selección de los distintos tipos de uniones y elementos a utilizar permitirá obtener una buena resistencia. Se deben realizar como mínimo cinco ensayos para determinar los valores admisibles y así poder determinar un factor de seguridad tipo 3. (Factor de la duración de la carga tomando en cuenta los factores de ruptura)

The background of the page is a solid light green color with a pattern of darker green bamboo stalks and leaves. The stalks are vertical and slightly curved, while the leaves are long and narrow, pointing in various directions.

**03**  
**DISEÑO**  
**ARQUITECTÓNICO**  
**CON GaK Y OTROS**  
**BAMBÚES**

Determinar de manera adecuada el diseño estructural que debe poseer una construcción realizada en base a GaK y otros bambúes. El objetivo es seleccionar el sistema constructivo apropiado que será aplicado en obra. Y de esta manera garantizar al futuro propietario seguridad y confort.

Para el diseño en GaK y otros bambúes, existen varios fundamentos que se deben tomar en cuenta para la construcción.

La selección del material junto con las especificaciones del mismo, asegurarán la estabilidad y durabilidad de la edificación.

Si se utiliza un método constructivo diferente al mostrado en la normativa, deberá ser calculado técnicamente junto con los resultados de laboratorio respectivos los cuales estarán a cargo de un profesional responsable.

Para realizar las labores relativas de la estructura de GaK y otros bambúes, estas deberán regirse a las prácticas establecidas y aceptadas por la ingeniería y arquitectura.

## 3.1 Consideraciones generales

Se debe contar con los diseños arquitectónicos, estructurales, presupuestos, planos de detalles constructivos entre otros, y además debe contar con los requerimientos de los GAD's municipales.

Para iniciar la construcción con el reconocimiento del sitio, limpieza del lote, seguridad de las edificaciones, mano de obra calificada, etc.

## 3.2 Adquisición de los culmos de GaK u otros bambúes

Se debe contar con los diseños arquitectónicos, estructurales, presupuestos, planos de detalles constructivos entre otros, y además debe contar con los requerimientos de los GAD's municipales.

Para iniciar la construcción con el reconocimiento del sitio, limpieza del lote, seguridad de las edificaciones, mano de obra calificada, etc.

a) La adquisición de los culmos de GaK y otros bambúes deben ser realizado con una anterioridad a la construcción de al menos dos meses. Se debe constatar las medidas y la calidad del producto para su posterior uso dentro de la construcción. Como medida cautelar se realiza la recomendación al constructor de adquirir un 20% adicional del producto en caso de que existan imperfecciones, curvaturas pronunciadas, rajaduras, etc.

b) El constructor exigirá al proveedor del material garantía de calidad del producto, donde, además del número de culmos, longitudes, diámetros, fechas (madurez y corte); sean especificados: las características de los culmos, el % de contenido de humedad del material a pie de obra, el tipo de preservante y el método utilizado para la preservación y secado de los culmos de GaK.

c) El constructor constatará las características de calidad indicadas en la sección 1.4.3 del presente manual (prueba de cúrcuma), así como el % de contenido de humedad del material a pie de obra.

d) En el sitio de la obra los culmos deben ser almacenados de acuerdo a lo indicado en la sección 1.4.

e) Se recomienda que los culmos en la obra, sean almacenados bajo cubierta provisional.

**FIGURA 80**  
**CUBIERTA PROVISIONAL EN OBRA**

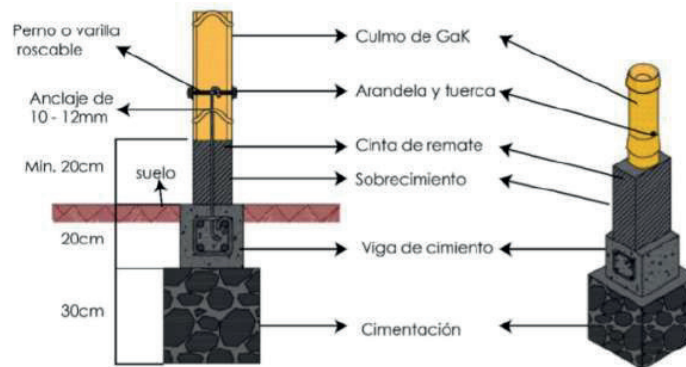


## 3.3 Protección por diseño

La GaK y otros bambúes son materiales porosos e higroscópicos, absorben la humedad del medio circundante. La humedad puede afectar las propiedades físico-mecánicas y será propensa al ataque de hongos y posterior putrefacción.

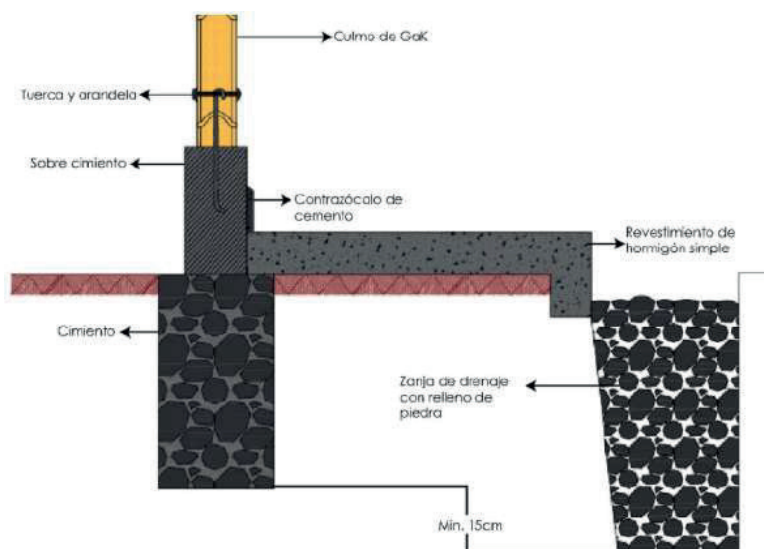
La humedad se transmite por capilaridad, mientras más delgado el capilar más líquido asciende a la columna. Para protección de la GaK y otros tipos de bambúes se deberán tomar en cuenta las siguientes indicaciones:

**FIGURA 81**  
**DETALLE DE APOYO DE COLUMNAS DE GAK EN SOBRECRECIMIENTO**



- Las columnas de GaK y otros bambúes no pueden estar en contacto directo con el suelo natural. Deben apoyarse sobre zócalos, pedestales o pilaretes impermeabilizados en la superficie de contacto.
- Los culmos no deben estar enterrados o inmersos en la cimentación o en cualquier otro componente de hormigón.
- Las edificaciones deben estar protegidas de los depósitos o corrientes de agua mediante: drenajes, cunetas, sumideros, plataformas u otros elementos.

## FIGURA 82 PROTECCIÓN DE LAS EDIFICACIONES DE LAS ESCORRENTÍAS



d) Se debe evitar la exposición directa de los elementos estructurales de GaK y otros bambúes a las condiciones climáticas del lugar (lluvia, sol, salinidad, entre otros). Se recomienda usar aleros que estén ubicados en la parte inferior del tejado y sobresalgan evitando el ingreso del agua de lluvia. En caso de no ser posible, debe considerarse el recubrimiento de cada elemento estructural con sustancias hidrófugas que eviten la humedad o las filtraciones de agua.

e) En ambientes en donde los elementos estructurales estén expuestos al vapor, como baños y cocinas, se debe procurar la ventilación e impermeabilización de los mismos.

f) En caso de evidenciar presencia de termitas, se debe colocar sobre la capa anticapilar una plancha metálica de 2 mm de espesor, que cubra la cabeza del sobrecimiento y sobresalga 2 mm de sus bordes. Esta plancha metálica será protegida con anticorrosivos. En ambientes salinos o costeros, se puede reemplazar la plancha metálica por planchas de neopreno de 6 u 8 mm.

g) Para evitar el ingreso de roedores e insectos a entresijos y cubiertas se deberá sellar todo tipo de abertura que facilite su acceso y perjudique a la estructura.

h) El armado de andamios no debe anclarse o conectarse a la estructura de la edificación.

i) Las instalaciones hidrosanitarias, eléctricas, electrónicas y mecánicas no pueden atravesar ni comprometer los culmos del sistema estructural.

j) Los culmos, deben ser limpiados cuidadosamente evitando causar daños en su epidermis. Se pueden usar telas, esponjas, cepillos, entre otros.

k) Prevenir todo tipo de impactos, aplastamientos o caídas que afecten sus propiedades físico-mecánicas.

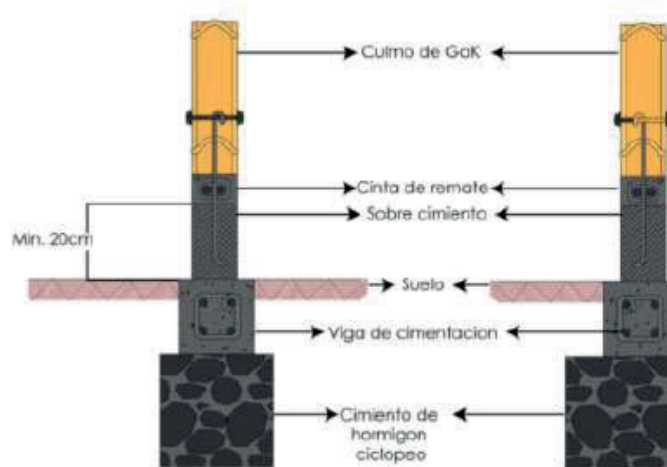
l) Los culmos para uso estructural no deben ser usados previamente para la construcción de andamios u otras actividades que puedan comprometer la integridad de los mismos.

## 3.4 Cimentación y sobrecimiento

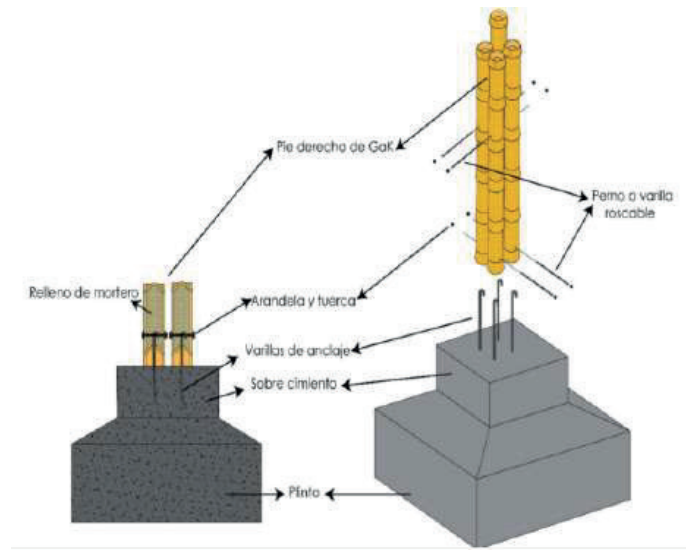
La cimentación se ejecutará de acuerdo a los capítulos correspondientes a la NEC según el sistema constructivo a utilizar.

La cimentación es la parte comprendida entre el sobrecimiento y el terreno sobre el cual se apoya la edificación. Transmite al terreno las cargas provenientes de los techos, muros, vigas, columnas o acabados de una altura mínima de 200 mm sobre el nivel del terreno natural para recibir todos los elementos estructurales verticales de GaK u otros bambúes (sean columnas o muros estructurales).

**FIGURA 83**  
**DETALLE DE CIMIENTO Y SOBRECIMIENTO**



**FIGURA 84**  
**DETALLE DE CIMENTO Y SOBRECIMIENTO (PLINTO)**



## 3.5 Anclaje de los culmos a los sobrecimientos

Los culmos se pueden anclar a los sobrecimientos, por medio de: varillas corrugadas, pletinas, tubos de acero, elementos articuladores de acero, entre otros, de acuerdo a los requerimientos del diseño estructural que tenga el proyecto a construirse.

A continuación, se detallan dos de los sistemas de anclaje o amarre más usuales:

### 3.5.1 Mediante varillas de acero

- Las varillas inician en el cimiento y sobresalen en la cabeza del sobrecimiento, para cumplir las funciones de anclaje o amarre entre el sobrecimiento y los culmos. (Figura 83, sección 3.4)
- El sistema hace posible el apoyo de, uno o más culmos, en la parte superior del sobrecimiento.
- Los culmos deben apoyarse a 20 o 30 mm por abajo del nudo de la GaK y otros bambúes.
- Con la ayuda de una varilla se debe atravesar todo el largo del culmo con el objetivo de eliminar el

diafragma interior de los nudos.

e) Realizar una abertura de 25 mm de diámetro en el entrenudo del culmo a 30 cm del sobrecimiento.

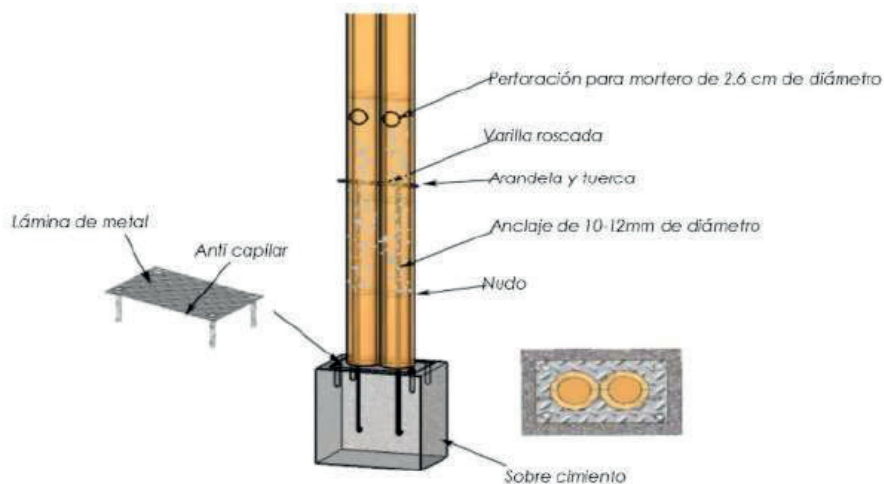
f) El diámetro de los anclajes que penetran en los culmos de GaK y otros bambúes, está en función de la altura de las columnas, no deben ser menores a 10 mm (3/8”), ni mayores a 18 mm (3/4”).

g) Los anclajes que sobresalen del zócalo o pedestal deben ser de no menos de 30 cm de longitud.

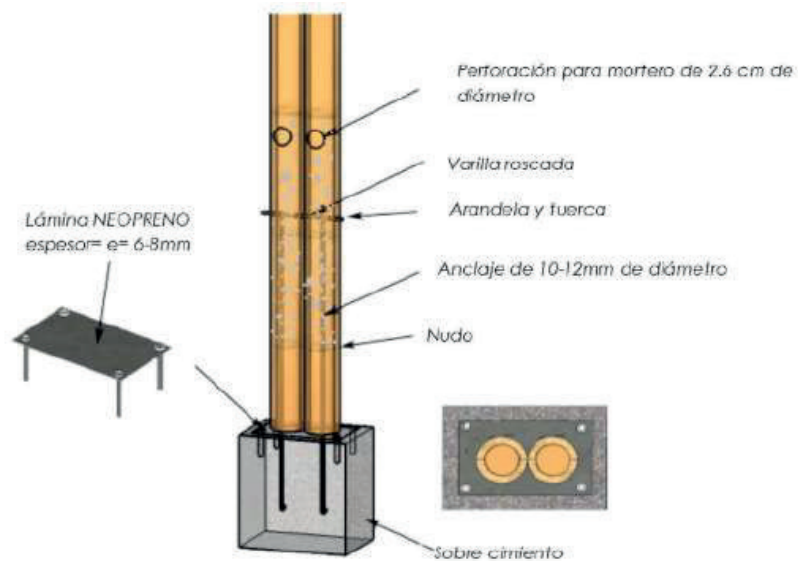
### Recomendaciones:

- La base del culmo se debe colocar sobre el zócalo o pedestal.
- No realizar el relleno del mortero o mezcla de arena - cemento, hasta que se hayan concluido todos los soportes. Los componentes del mortero arena/cemento son de 1:3 (preferiblemente con un aditivo plastificante, el cual es un aditivo que, sin modificar la consistencia, permite reducir el contenido de agua de dicho hormigón, o que, sin modificar el contenido en agua que garantiza la fluidez de la mezcla).
- Para una mayor resistencia del mortero, se puede reemplazar la proporción anterior, una parte de arena por una parte de residuo de piedra triturada.
- Para que el mortero penetre y se reparta de manera uniforme en su interior, se debe golpear el culmo con un mazo de caucho.

**FIGURA 85**  
**ANCLAJE MEDIANTE VARILLAS DE ACERO**  
**(LA CABEZA DEL SOBRECIMIENTO SE CUBRE MEDIANTE PLANCHA METÁLICA)**



**FIGURA 86**  
**ANCLAJE MEDIANTE VARILLAS DE ACERO**  
**(LA CABEZA DEL SOBRECIMIENTO SE CUBRE MEDIANTE LÁMINA DE NEOPRENO)**



## 3.5.2 Mediante pletinas de acero

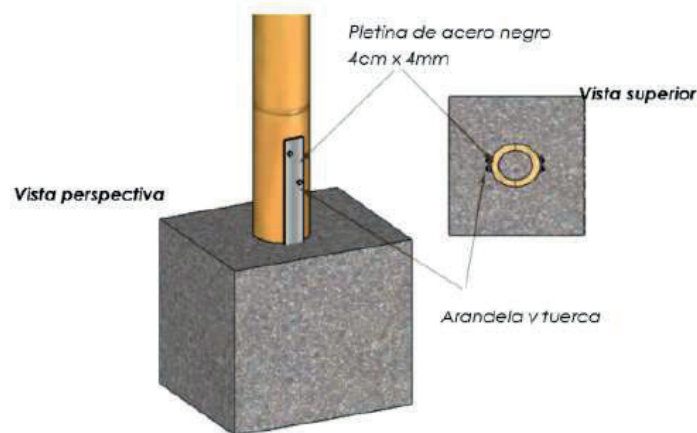
- a) Este sistema permite asegurar uno o más culmos al sobrecimiento, sin necesidad de introducir morteros al interior del culmo.
- b) Las dos pletinas metálicas de 40 mm de ancho y 5 mm de espesor deben sobresalir de sobrecimiento.
- c) Las dos pletinas se pueden anclar desde el cemento o desde el sobrecimiento y sobresalir no menos de 250 mm de la cabeza del pedestal o zócalo.
- d) Para asegurar la alineación de las pletinas pueden estar previamente perforadas y atravesadas con dos pernos de 10 mm asegurados con tuercas y arandelas, mientras dure el endurecimiento del cemento y sobrecimiento. Es recomendable colocar un taco de madera entre las pletinas para evitar desplazamientos.
- e) Las pletinas deben ser lo suficientemente anchas para colocar los pernos para que no se encuentren alineados en la misma cara, sino, opuestos, para minimizar el efecto de corte a las fibras paralelas de la GaK y otros bambúes.
- f) La separación entre las dos pletinas será de acuerdo al diámetro de los culmos disponibles.
- g) Cuando el secado ha finalizado, se extraen las tuercas, se coloca el culmo y se lo perfora en dirección de los agujeros de las dos pletinas y se colocan con los pernos y arandelas.
- h) Todos los elementos metálicos deben ser limpiados de óxido, grasa, cemento, polvo, entre otros, antes de empezar la instalación. Finalizada la construcción deberán ser revisados y si fuera el caso repintados de acuerdo al esquema del literal i.

i) Pintar con anticorrosivo las pletinas y los elementos metálicos vistos como tuercas, anillos, extremos de los pernos. En zonas costeras se recomienda usar elementos metálicos de acero inoxidable, o acero negro estructural utilizando el sistema de pintura de protección por capas indicado a continuación:

- 1era Capa: un imprimante epóxico de dos componentes con endurecedor tipo poliamida de 100 micrones.
- 2da Capa: pintura epóxica de dos componentes con endurecedor poliamida de 100 micrones.
- 3ra Capa: pintura anticorrosiva de 100 micrones.
- 4ta Capa: pintura de acabado tipo automotriz o de aceite de 100 micrones.

**FIGURA 87**  
**EJEMPLO DE UN ANCLAJE CON PLETINAS**

*\* Las capas deben ser medidas en espesor de película seca (EPS).*



## 3.6 Cortes para uniones entre culmos de GaK y otros bambúes

Las piezas de bambú deben ser cortadas de tal forma que quede un nudo entero en cada extremo o próximo a él, a una distancia máxima  $D=60$  mm del nudo. La mayoría de las uniones parten de tres tipos de cortes, los cortes hechos en el extremo de las maderas o piezas de piedra para ensamblarlas.

- a) Corte recto: plano y perpendicular al eje del culmo.
- b) Corte boca de pez: cóncavo transversal al eje del culmo.
- c) Corte pico de flauta: a diversos ángulos respecto al eje del culmo.

Para las uniones boca de pescado y pico de flauta, requiere mano de obra calificada para su elaboración, cada una de ellas debe acoplarse a la pieza estructural colindante, y ese es un proceso que llevará tiempo, lo que debe ser considerado en el cronograma de obra

**FIGURA 88  
BOCA DE PESCADO**



**FIGURA 89  
BOCA DE FLAUTA**



**FIGURA 90  
RECTO CON OREJAS**



**FIGURA 91  
A BISEL**



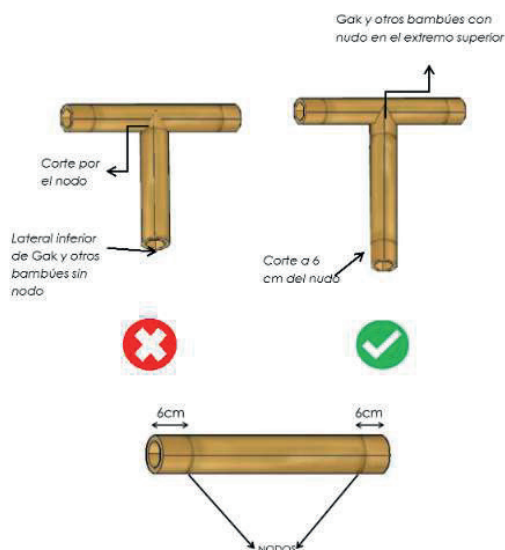
## 3.7 Uniones entre piezas estructurales de GaK y otros bambúes

La estructura de una edificación realizada con culmos de GaK y otros bambúes, requiere diversos tipos de uniones, herramientas eficientes y elementos metálicos de anclaje como pernos, tuercas, varillas roscadas, pletinas (placas) y otros que facilitan su ejecución.

No se permite el uso de clavos o elementos que produzcan rajaduras a los culmos de GaK y otros bambúes que actúen como elementos estructurales.

Deben ser cortadas a una distancia máxima de 6 centímetros del nudo como se indica en el gráfico.

**FIGURA 92  
UNIONES DE PIEZAS ESTRUCTURALES**



# 3.7.1 Requisitos generales para la realización de las uniones

a) Los culmos de GaK y otros bambúes a ser usados en uniones deben cumplir todas las condiciones mencionadas en la sección 3; calidad, maduración, preservación, secado y conicidad.

Conicidad: Forma de la caña, en la parte más baja es más ancha y en la parte de arriba es más angosta

b) Las uniones deben resistir las cargas externas a las que están sometidas.

c) Se debe tomar en cuenta de forma especial a aquellas uniones que sean sometidas a tensión o fuerza perpendicular a la fibra y corte paralelo a la fibra.

**FIGURA 93**  
**FUERZA PERPENDICULAR A LAS FIBRAS**

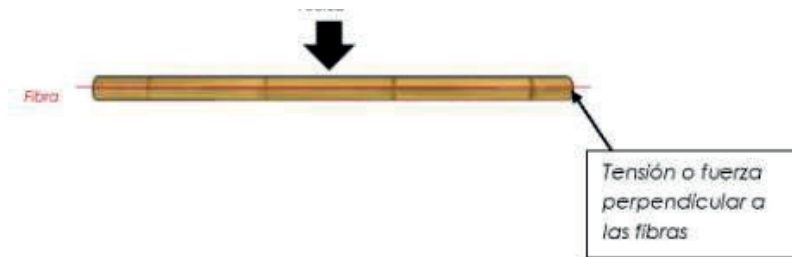
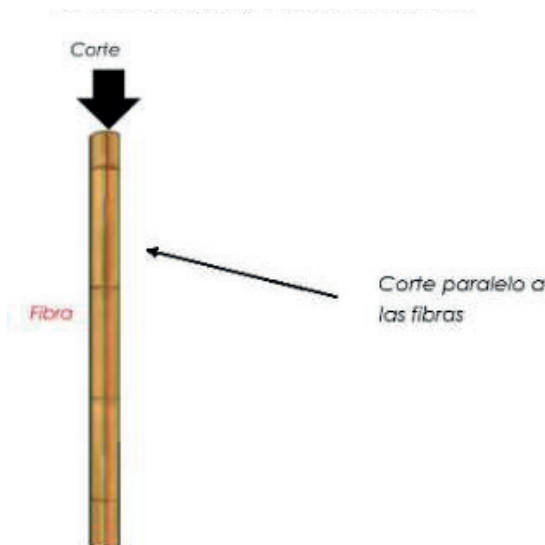


FIGURA 93: FUERZA PERPENDICULAR A LAS FIBRAS

**FIGURA 94**  
**CORTE PARALELO A LAS FIBRAS**



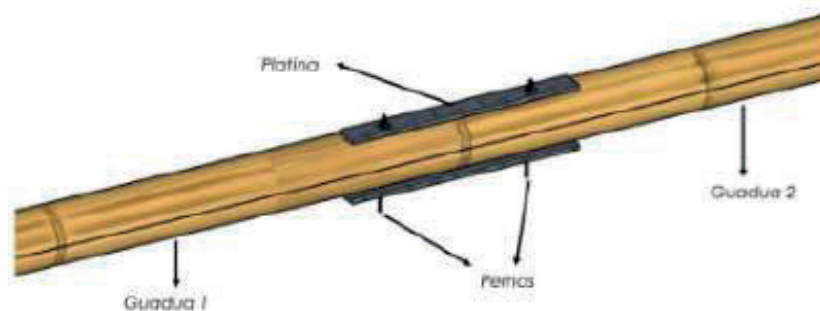
d) Las uniones realizadas con clavos o elementos que provoquen rajaduras a lo largo de las fibras del culmo no están permitidas.

## 3.7.2 Uniones con pernos y con pletinas

### Platina: Pieza metálica de forma rectangular y poco espesor

Se debe procurar evitar cualquier tipo de daño que afecte estructuralmente a la GaK y otros bambúes de acuerdo al tipo de diseño. Es decir, la GaK y otros bambúes no pueden estar sometidos a esfuerzos de tensión perpendicular a la fibra, de ser el caso se debe garantizar la resistencia del elemento proporcionado por medio de zunchos metálicos o platinas.

**FIGURA 95**  
**UNIÓN CON PERNOS Y PLETINA**



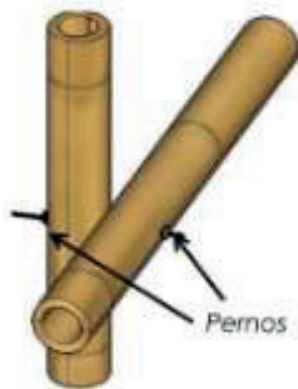
Los puntos mencionados anteriormente se aplican de uniones empernadas de dos o más culmos a uniones de elementos de GaK y otros bambúes con pletinas metálicas lo a la fijación de los culmos a los elementos de hormigón por medio de pletinas y varillas.

a) Las uniones con pernos se utilizan cuando las uniones se realizan con elementos relativamente grandes, por lo que es necesario el uso de pernos, acompañados de pletinas de acero.

b) Los pernos y pletinas usados para las uniones con pernos deben ser de acero estructural con refuerzo de fluencia (deformación) no menor a 240 MPa (Unidad de presión); el diámetro mínimo permitido para los pernos es de 9,5 mm y el espesor mínimo de las pletinas (placas) será de 5 mm (3/16"). Fig. 95

Mpa (mega pascales = libra por pulgada cuadrada)

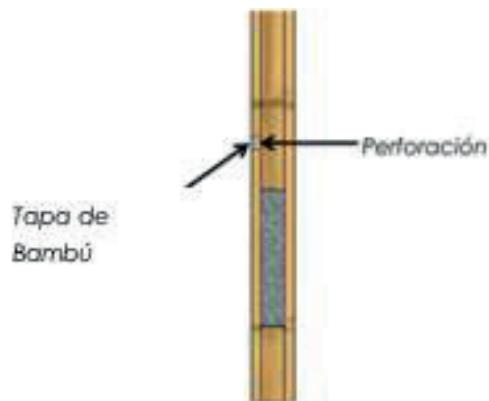
**FIGURA 96  
UNIÓN CON PERNOS**



c) Los agujeros hechos para el relleno de los entrenudos deben tener un diámetro máximo de 26mm. Luego de que el mortero sea vaciado dentro del culmo, se debe reponer la tapa que fue extraída por el sacabocados.

**Sacabocados: Herramienta de metal para taladrar o hacer huecos**

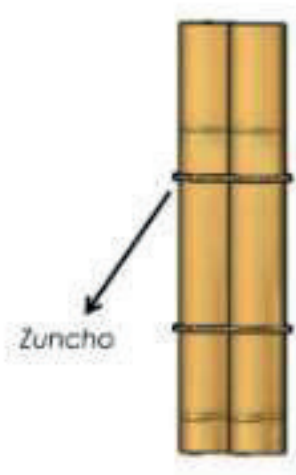
**FIGURA 97  
VACIADO DEL MORTERO**



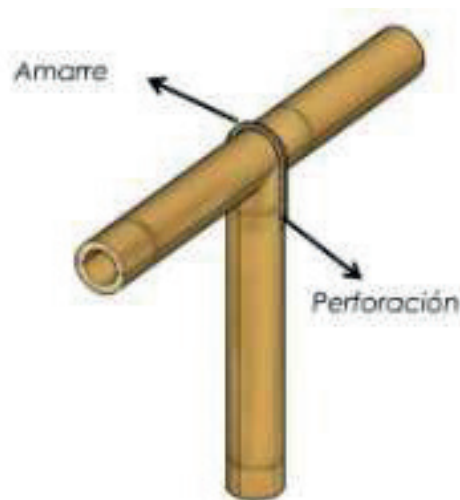
d) Todos los pernos y demás elementos metálicos de la unión deben estar diseñados de acuerdo a los requisitos mencionados en las normativas de acero, y todos deben tener tratamiento con pintura de acuerdo al esquema indicado en 3.5.2. Literal i.

e) Se puede hacer uso de abrazaderas o zunchos metálicos para el diseño de las conexiones, tomando en cuenta las precauciones pertinentes para evitar cualquier problema de aplastamiento y falla por compresión perpendicular a la fibra en GaK y otros bambúes individuales, así como la separación y el deslizamiento entre GaK y otros bambúes conectados.

**FIGURA 98  
UNIÓN ZUNCHADA**



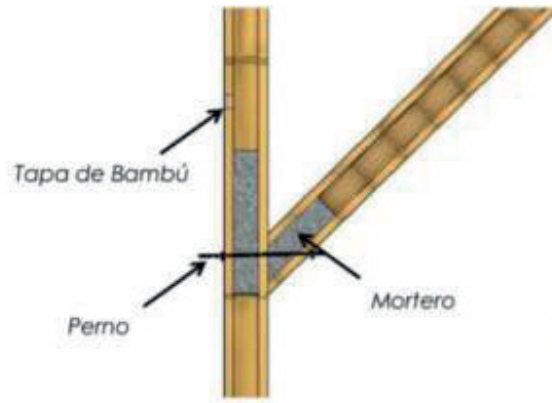
**FIGURA 99  
UNIÓN AMARRADA**



f) Si las uniones en las cuales los culmos de GaK y otros bambúes están sometidos a cargas de aplastamiento, se debe rellenar los entrenudos cercanos a la unión y por donde pasen los pernos, con una mezcla de mortero de cemento en relación 1:3 en caso de ser posible. (puede ser también mezcla de mortero de cemento con arena y cisco (carbón), como se ha indicado anteriormente, con un aditivo moldeable que garantice la fluidez de la mezcla.

**Mortero de cemento: Se refiere a la mezcla de agua y cemento, una porción de agua y tres porciones de cemento.**

**FIGURA 100**  
**UNIÓN CON MORTERO**



Los elementos estructurales (columnas, vigas, estructuras de cubierta, etc.) se colocarán de acuerdo al diseño del proyecto, con uniones diversas que se adapten a cada uno de las necesidades estructurales.

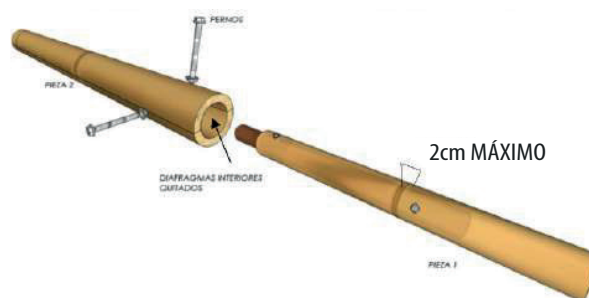
## 3.7.2.1 Uniones longitudinales

Se hará uso de las uniones longitudinales cuando se requiera aumentar la longitud de los culmos en la estructura.

Para la unión longitudinal entre dos culmos se debe seleccionar piezas con diámetros similares que estén unidas por elementos de conexión, según el caso 1, 2 y 3.

\* Caso 1: Con pieza de madera: Los culmos se unirán perpendicularmente a las piezas de madera con dos pernos de 9mm como mínimo, ubicados a 30mm de los nudos como distancia máxima.  $\Delta$ (DELTA) = Distancia entre perno y el borde de la pieza de madera que conecta los dos culmos. La distancia será de cinco diámetros del perno como mínimo.

**FIGURA 101**  
**CULMOS CONECTADOS CON PIEZA DE MADERA**



\* Caso 2: Con dos piezas metálicas: Los culmos se conectarán con dos elementos metálicos de forma paralela al eje longitudinal del culmo, los cuales estarán sujetos con pernos de 9mm como mínimo, ubicados a 30mm de los nudos como distancia máxima.

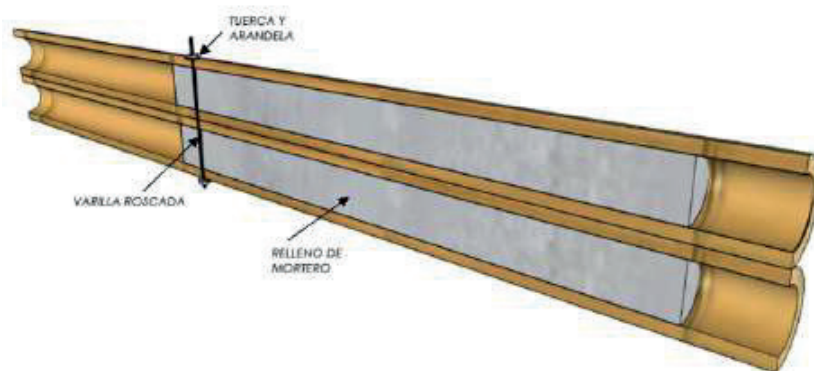
### FIGURA 102 CULMOS CONECTADOS CON PIEZA METÁLICA



FIGURA 102: CULMOS CONECTADOS CON PIEZA METÁLICA

\* Caso 3: Con dos culmos: Dos piezas de GaK u otros bambúes se conectan con dos culmos paralelos al eje longitudinal del culmo, sujetos con pernos de 9mm como mínimo, ubicados a 30mm de los nudos como distancia máxima.

### FIGURA 103 CULMOS CONECTADOS EN FORMA PARALELA MEDIANTE PERNOS

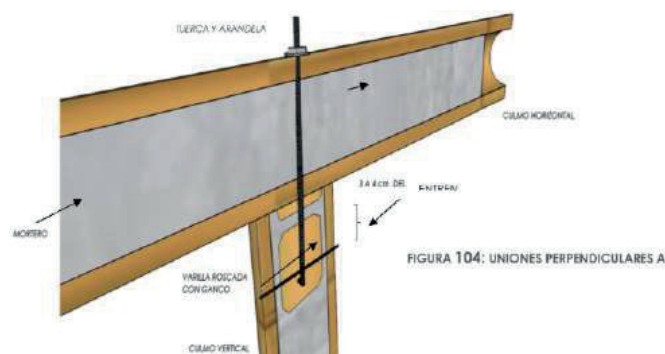


## 3.7.2.2 Uniones perpendiculares

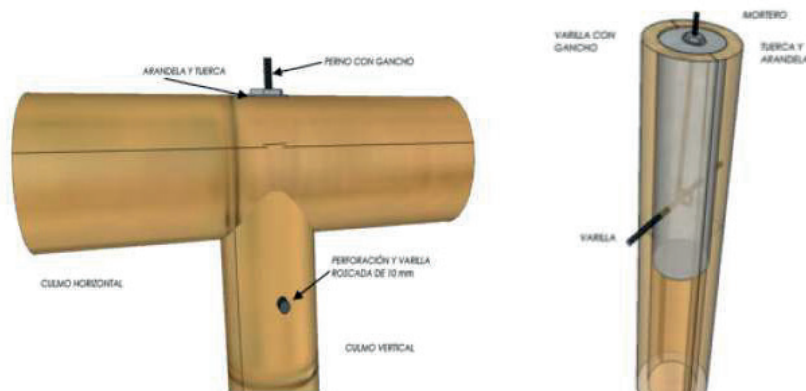
Dos elementos estructurales dispuestos perpendicularmente uno del otro genera mayor seguridad en la estructura. Los siguientes puntos son algunos de los requerimientos a seguir:

- Los culmos que se apoyan sobre la boca de pez, deben tener un diámetro similar para que encajen en su totalidad.
- El culmo con forma de boca de pez no debe disponer de su diafragma inmediato e interior.
- El tipo de unión debe de lograr un mayor contacto entre culmos.
- La distancia entre nudo y parte inferior del corte de boca de pez deberá ser de entre 40 y 60mm.
- Dentro del culmo con forma de boca de pez se introducirá una varilla roscada de 10 mm, la cual deberá estar por debajo del nudo a 30 o 40 mm, asegurada con arandelas y tuercas.
- Se hará una perforación transversal perpendicular a las fibras del culmo que va a acoplarse.
- Se prepara el perno tensor, el cual posee un gancho en un extremo y en el otro, hilo o rosca para la tuerca.
- Se debe comprobar que el perno tensor disponga de una medida que satisfaga con su gancho el perno de anclaje y que en el otro sobresalga por la superficie del culmo.
- Finalmente, se debe enganchar el perno tensor con el perno de anclaje, el cual será introducido por medio de las perforaciones que se le realizaron al culmo de boca de pez. El lugar donde se esté situado el perno de anclaje será rellenado con mortero de cemento para que este no actúe como elemento cortante y de igual forma se rellenará con mortero el lugar donde se emplee el perno tensor para evitar hundimiento por aplastamiento en la superficie de la GaK y otros bambúes. El mortero no será empleado en elementos tensores durante obras provisionales o temporales.

**FIGURA 104**  
**UNIONES PERPENDICULARES A**



**FIGURA 105**  
**UNIONES PERPENDICULARES B**



### 3.7.2.3 Uniones perpendiculares con disco y media caña metálica

Son una variación de la unión boca de pescado, a pesar que de igual forma sirven para asegurar dos elementos estructurales perpendiculares, esos facilitan el proceso y reducen el tiempo de ejecución.

a) El proyecto deberá contar con el diseño de las piezas metálicas y el diámetro de los culmos.

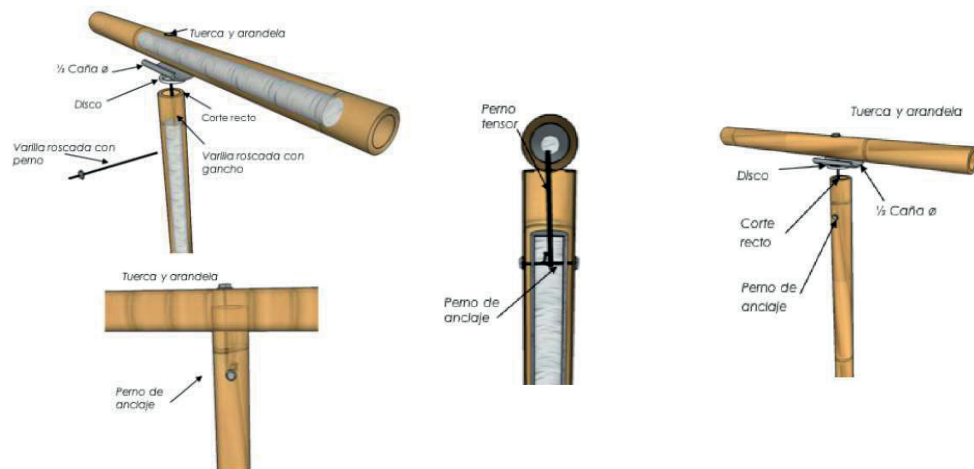
b) Se realizará el mismo procedimiento indicado en la sección 3.7.2.2. excepto por las siguientes indicaciones:

\* Se realiza un corte plano en el culmo que se va a asentar y en lugar de la boca de pez se ubicará el disco metálico de 2mm de espesor con la perforación central de 10mm, sobre este va la media caña metálica de 150mm de longitud, con perforación de 10mm, originando un tubo metálico de 10mm (4") de diámetro y 2mm de espesor.

\* El disco debe poseer el diámetro dispuesto en función de los culmos a disposición: (100, 110, 120, 130) mm, las medias cañas metálicas se acoplarán a los culmos bien sea abriendo o cerrando los lados de la media caña.

c) El perno de anclaje y perno tensor tienen las características de colocación y aseguramiento explicadas en la sección 3.7.2.2.

**FIGURA 106**  
**UNIONES PERPENDICULARES CON DISCO Y MEDIA CAÑA METÁLICA**



**FIGURA 107**  
**TIPOS DE CORTE PARA UNIONES DE GAK**



### 3.7.2.4 Uniones diagonales

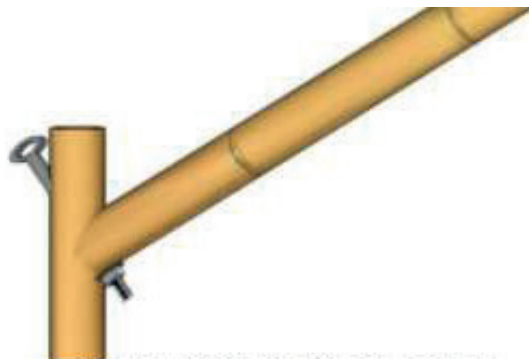
Por medio del corte pico de flauta, se realizan estas uniones entre una pieza vertical u horizontal con otra que no sea paralela ni perpendicular. En este corte se debe tomar en cuenta que las piezas deben estar en contacto.

**FIGURA 108  
PICO DE FLAUTA**



a) La unión diagonal se la puede asegurar de dos formas: Se puede poner un perno tensor y uno de anclaje y/o colocando varilla roscada en el ángulo que forma el culmo (es el tallo falso de cualquier planta) y la otra pieza diagonal.

**FIGURA 109  
UNIÓN DIAGONAL**



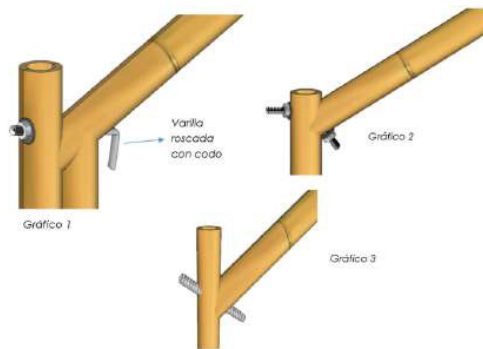
b) Colocar los pernos de forma diagonal provoca que las tuercas y arandelas no quedan a 90 grados de la fibra del culmo, provocando agujeros en la pieza del GaK y otros bambúes. Para evitar este problema, es preferible, utilizar pequeños prismas de madera esta tiene que estar preservada es decir que haya sido tratada para utilizar en la construcción, puede ser neopreno<sup>3</sup> o metálico, para que tenga un empalme óptimo. (ver gráfico 1).

c) El ajuste del corte pico de flauta con culmos en verticales u horizontales, deben estar ajustados de manera adecuada, ajuste que corresponde a la entalladura que tiene el corte pico de flauta (ver gráfico 2).

d) La varilla roscada que atraviesa y une los culmos, debe pasar por la parte de atrás en los nudos del culmo que tiene el corte pico de flauta para evitar agujeros (ver gráfico 3).

<sup>3</sup>Neopreno: Caucho sintético que resiste a temperaturas altas.

**FIGURA 110  
UNIÓN DIAGONAL (VARIACIONES)**



### 3.7.2.5 Uniones zunchadas

Las uniones zunchadas se realizan siempre y cuando sean para garantizar que dos elementos de Gak y otros bambúes se acoplen correctamente entre ellos, la transmisión de cargas no depende del zuncho<sup>4</sup>. Es recomendado zunchar las puntas del Gak y otros bambúes para evitar que estas tengan grietas.

El zuncho puede ser de:

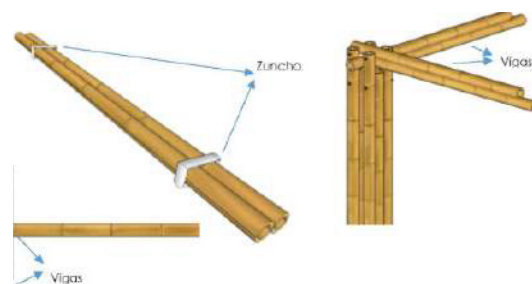
- Plástico
- Fibras vegetales
- Fajas
- Metal
- Cuero
- Caucho
- Nailon

Es necesario que se permita acoplar los culmos. Esta unión no necesita de pernos u otro tipo de anclajes.

### 3.7.2.6 Otras uniones

Se permitirán otro tipo de uniones siempre y cuando sean verificadas por un estudio técnico, estas no deben tener menos de 30 ensayos lo que permitirá verificar que la capacidad de unión propuesta es equivalente o superior a las expuestas en la presente norma.

**FIGURA 111  
OTRAS UNIONES**



<sup>4</sup>Zuncho: Es una abrazadera o pieza de metal que rodea alguna cosa y sirve para apretar, asegurar o reforzar

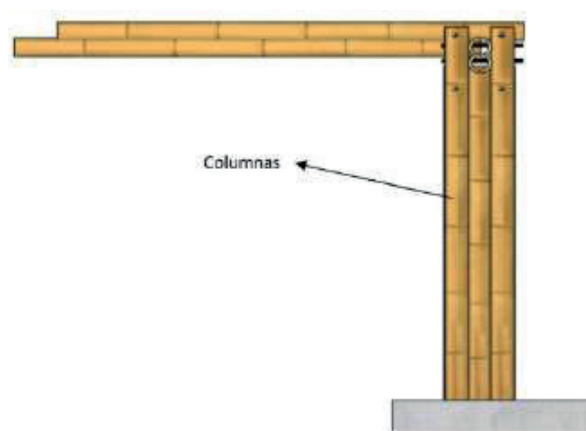
# 3.8 Elementos constructivos de GaK

## 3.8.1 Columnas

Las columnas están conformadas por un culmo o por la unión de dos o más piezas de GaK y otros bambúes, colocadas de forma vertical con las bases orientadas hacia abajo.

- a) Las columnas que tienen más de una pieza de bambú deben unirse con pernos o zunchos, con espacios que no sobrepasen un tercio de la altura de la columna.
- b) La construcción de columnas exige su apoyo en zócalos, pedestales o columnas de hormigón armado de diferente altura, eso depende del diseño.
- c) La altura de las columnas y la carga axial<sup>5</sup> que soportan, requiere el análisis estructural de la esbeltez que tengan, para que no exista posibles pandeos o flexiones. Un procedimiento para disminuir la esbeltez de las columnas es aumentar el ancho de estas, añadiendo dos o más culmos para evitar las posibles flexiones laterales o pandeos.
- d) La suma de culmos con diferentes alturas, permite asegurar vigas superiores atravesadas, sean estas dobles o triples, evitando la flexión lateral.

**FIGURA 112**  
**COLUMNA COMPUESTA POR 5 CULMOS Y QUE SOPORTAN VIGAS DOBLES TRANSVERSALES**



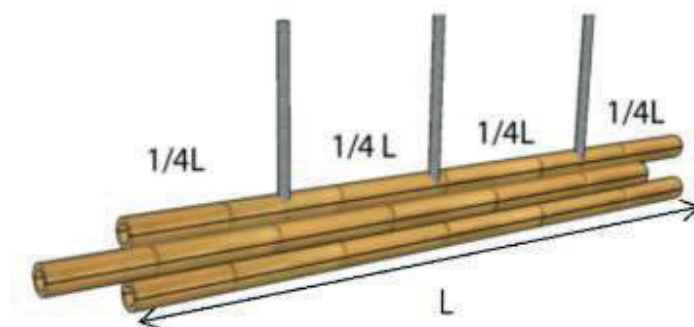
<sup>5</sup>Carga axial: Es la fuerza que actúa a todo lo largo de la sección de un objeto estructural, aplicada al centroide la sección atravesada del mismo produciendo un esfuerzo uniforme.

## 3.8.2 Vigas

En el caso de las vigas compuestas por uno o la unión de varios culmos, deberá estar respaldados por el diseño estructural.

- Las vigas compuestas de más de un culmo se unirán con zunchos, tarugos de madera tipo A, o pernos con espacio mínimo de un cuarto de la longitud de la viga.
- Cuando queremos obtener longitudes mayores a las piezas de caña guadúa se unirá dos culmos, según lo establecido en la sección 3.7.2.
- Para la unión de los culmos las uniones deben ser alternadas para que las estas se traslapen.
- Las uniones no deben coincidir con los entre nudos del culmo.
- Se debe considerar que los pernos serán de 10mm y se ubicarán a 3mm de los nudos.
- Para las puntas de los culmos que queden expuestas deben ser rellenas con mortero, para que impidan el paso de insectos y animales que puedan afectar los culmos.

**FIGURA 113**  
**VIGAS COMPUESTAS**



La construcción de paneles o muros se puede realizar de varias formas según el tipo de estructura del panel. Esta puede ser de culmos, listones de madera tipo A o B preservada o mixto entre GaK y madera.

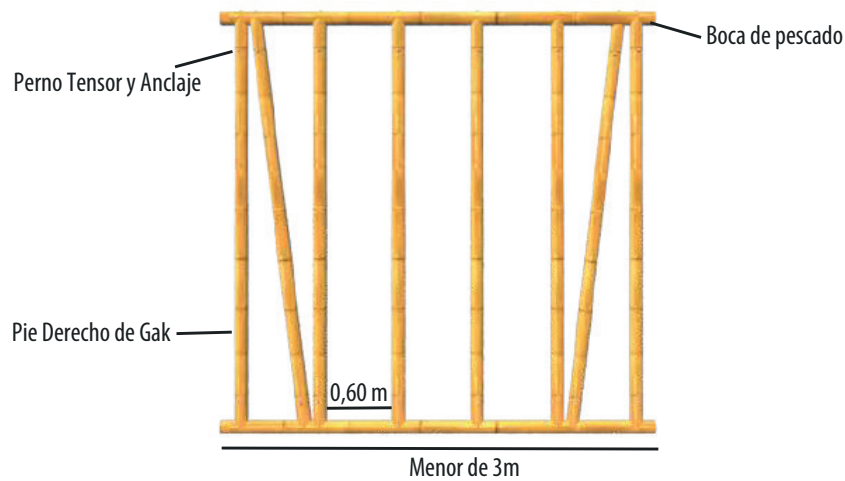
### 3.8.2.1 Paneles con estructura de GaK

Para construir un panel usando los tallos de GaK y otros bambúes para su estructura se debe hacer las siguientes consideraciones:

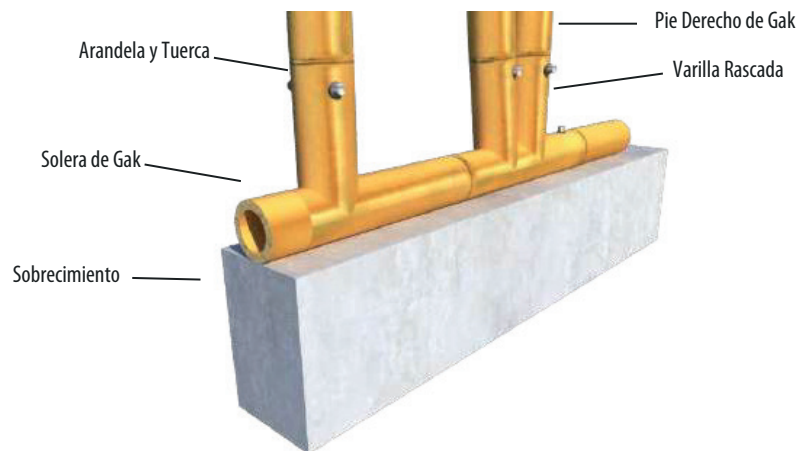
- Los paneles deben ser prefabricados con una longitud de 3 m, siendo 3.5 m su punto más alto. Si se requiere paneles de mayor longitud, se fabricarán dos paneles cuya longitud sume la deseada, evitando sobrepasar los 3 m cada uno. De requerir paneles con dimensiones mayores, se construirán en base al diseño estructural respectivo.
- Los culmos intermedios y los laterales, serán asegurados a los culmos de la solera superior e inferior, mediante la unión boca de pez, y asegurados con pernos de anclaje y tensores, como se indica en la sección 3.7.

- c) Los culmos intermedios deben mantener una separación de no más de 0.6 m entre ejes.
- d) Para mantener la rigidez, los culmos serán colocados en los extremos junto con uno que se encuentre de forma diagonal con el fin de asegurar al panel. Estos dos culmos deben ser asegurados con la unión pico de flauta, como se indica en la sec
- e) La estructura puede ser modificada en función a la necesidad de colocar puertas o ventanas, para lo cual se colocará dinteles y alféizar correspondiente.

**FIGURA 114**  
**PANEL CON ESTRUCTURA DE CULMOS DE GAK**



**FIGURA 115**  
**DETALLE UNIONES EN PANEL CON ESTRUCTURA DE CULMOS DE GAK**



**FIGURA 116**  
**PANELES ESTRUCTURALES CON GaK**

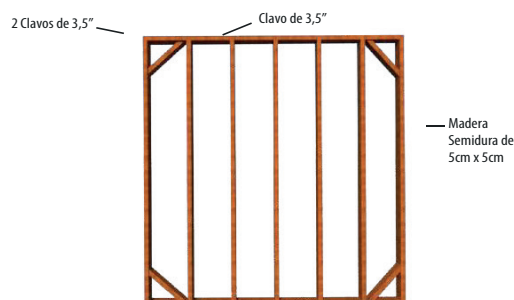


## 3.8.2.2 Paneles con estructura de madera

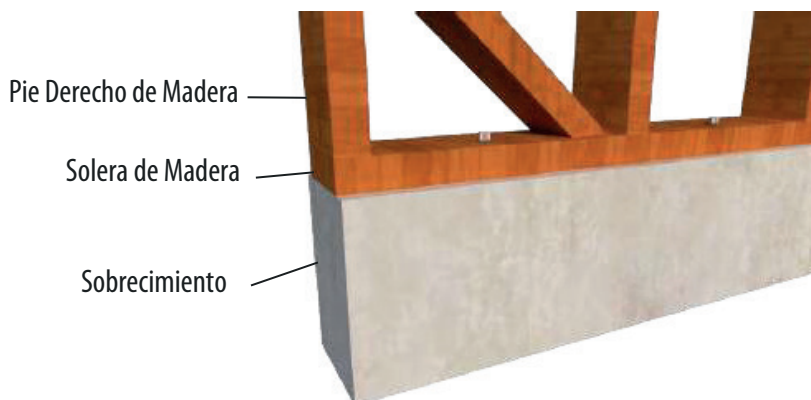
Para la estructura del panel se puede sustituir los culmos por listones de madera tipo A o B preservada y de sección 50 x 50 mm. El procedimiento es similar al utilizado en la sección 3.8.3.1.

- La madera debe estar seca y protegida contra el ataque de insectos. No debe presentar rajaduras, nudos o defectos, debe ser recta, con aristas labradas cuidadosamente y de la sección solicitada.
- Las medidas de los paneles son similares a las expresadas en los paneles con estructura de culmos: máximo 3 metros de largo y 3 metros en su máxima altura.
- Si se requiere paneles de mayor longitud, se fabricarán dos paneles cuya longitud sume la deseada, siempre y cuando no sobrepasen los 3 m cada uno.
- Los listones de división vertical estarán espaciados 400 a 600 mm entre ejes.
- Las uniones entre listones son a tope, mediante clavos de acero de 3" o tornillos para madera.
- En los 4 vértices del panel se recomienda ubicar dos clavos (o tornillos), para evitar el giro de los listones. Se pueden usar clavos dirigidos en ángulo que atraviesen la madera para brindar mayor seguridad.
- En cada espacio lateral se colocará un listón en diagonal para dar mayor rigidez al panel.
- La estructura del panel puede ser modificada en función de la necesidad de colocar puertas o ventanas, para lo cual se colocará dinteles y alféizares correspondientes.

**FIGURA 117**  
**PLANES CON ESTRUCTURAS DE MADERA (SEMIDURA) DE SECCIÓN 5X5**



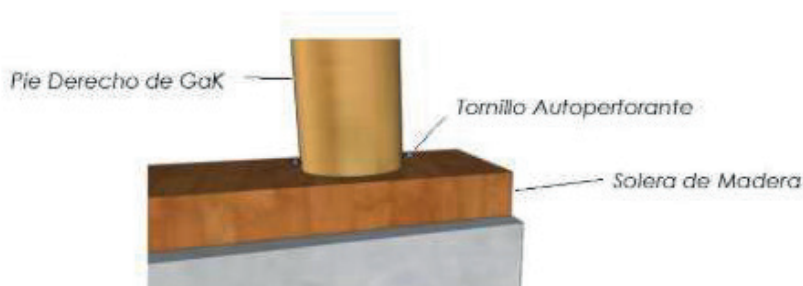
**FIGURA 118**  
**DETALLE DE UNIONES DE PANELES CON ESTRUCTURAS DE MADERA (SEMIDURA)**



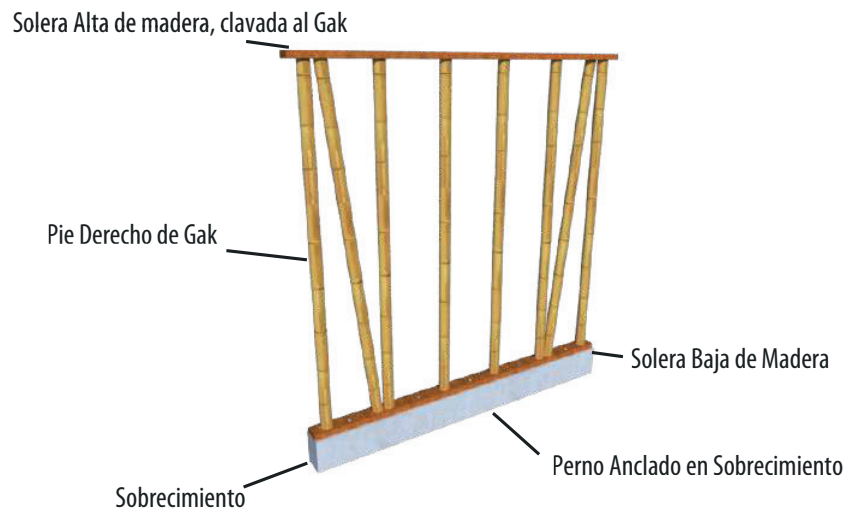
### 3.8.2.3 Paneles con estructura de GaK y Madera

- a) Los paneles mixtos de GaK u otros bambúes y madera, están constituidos por elementos horizontales llamados soleras, elementos verticales llamados pies derechos y recubrimientos.
- b) Los culmos no deben tener un diámetro inferior a 80 mm.
- c) La distancia entre los pies derechos y el número de diagonales estará definida según el diseño estructural.
- d) En caso de soleras de madera, estas tendrán un ancho mínimo igual al diámetro de los bambúes usados como pies derechos. El espesor mínimo de la solera superior e inferior será de 35 mm y 25 mm respectivamente.
- e) El corte de los culmos se lo realizara de acuerdo a la sección 3.6.
- f) Las uniones se realizarán de acuerdo a la sección 3.7.

**FIGURA 119**  
**DETALLES DE UNIÓN DE LA COLUMNA DE GAK A LA SOLERA DE MADERA**



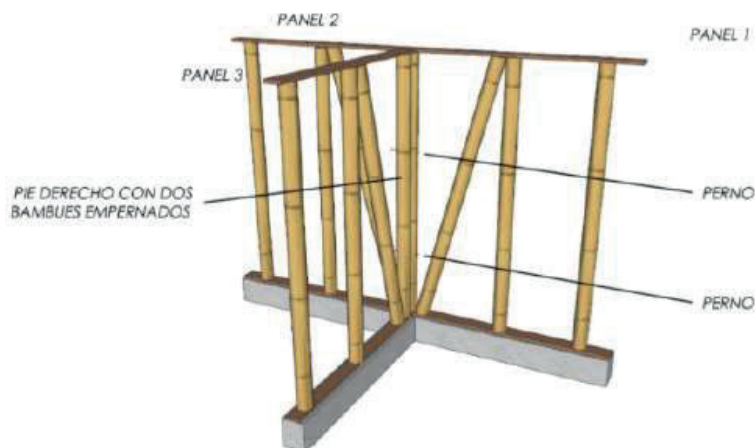
**FIGURA 120**  
**PANELES CON ESTRUCTURA DE GAK Y MADERA**



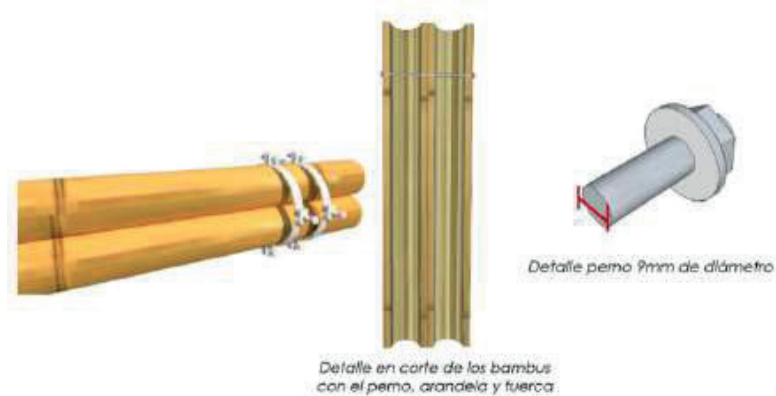
### 3.8.2.3.1 Uniones entre muros

Su unión se realiza mediante pernos o zunchos y debe tener como mínimo tres conexiones por unión, colocadas a cada tercio de la altura del muro. El perno debe tener por lo menos 9 mm de diámetro.

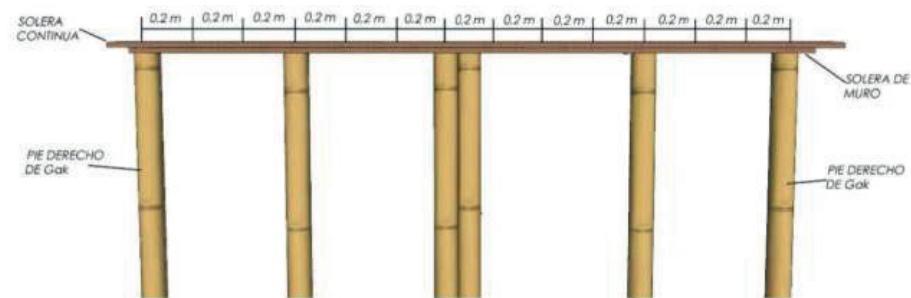
**FIGURA 121**  
**UNIONES ENTRE MUROS**



**FIGURA 122**  
**UNIONES CON ZUNCHOS**



**FIGURA 123**  
**DETALLES DE LA VISTA SUPERIOR DE LA UNIÓN DE DOS MUROS DE BAMBÚ**



## 3.8.2.4 Recubrimiento y aseguramiento de los paneles

Los paneles detallados en esta sección podrán ser recubiertos o cubiertos de distintas maneras:

### 3.8.2.4.1 Recubrimiento con latillas de culmos de GaK

a) Los paneles pueden ser recubiertos por una o por ambas caras, con latillas extraídas de los culmos.

**FIGURA 124  
RECUBRIMIENTO DE PANEL CON LATILLAS**

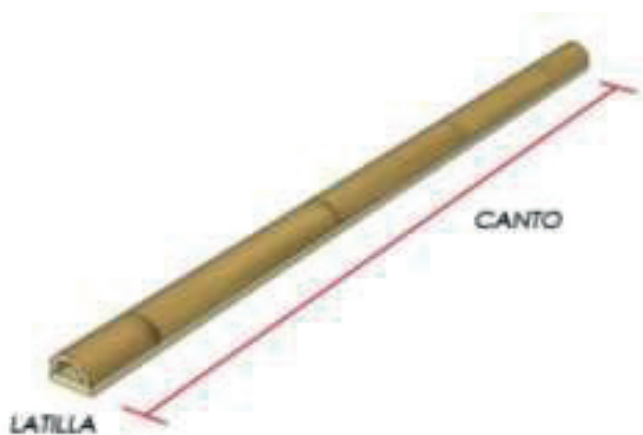


b) Las latillas deben estar secas y preservadas, de anchos y espesores uniformes y cantos rectos.

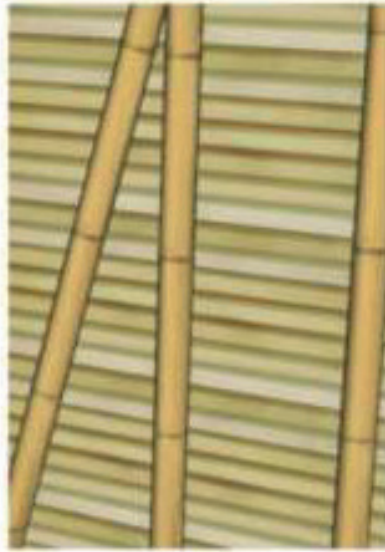
c) Las latillas se colocarán con su epidermis es decir su parte verde hacia el exterior.

d) Pueden asegurarse de manera ortogonal a la estructura del panel, sean estos de culmos enteros o de madera. Otra forma de asegurarlos es en diagonales o formando figuras geométricas

**FIGURA 125  
LATILLA**



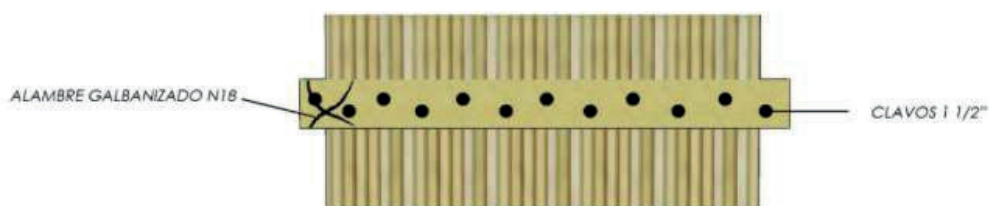
**FIGURA 126**  
**DETALLE DE PANEL CON LATILLAS**



e) Antes de su recubrimiento se debe realizar la instalación sanitaria hasta 50 mm (2") y la eléctrica, dejando las cajas de toma corrientes y las de interruptores. Ver figura 127

f) Para asegurar la latilla a la estructura de los paneles de bambú, se utilizan clavos de 38 mm (1 ½"), enlazados por alambre galvanizado No 18. Este alambre puede ser recubierto posteriormente con latillas del culmo de bambú.

**FIGURA 127**  
**ANCLAJE DE LATILLAS AL PANEL DE BAMBÚ**



g) Para no provocar fisuras en latillas, antes del clavado se recomienda realizar en la epidermis de la latilla, una pequeña incisión en forma de cruz.

**FIGURA 128**  
**INCISIÓN EN CRUZ EN LAS LATILLAS**



## 3.8.2.4.2 Recubrimientos con caña picada

Recubrimientos con Caña Picada

- a) Los paneles descritos en esta sección pueden ser recubiertos con caña picada, colocada de forma ortogonal a la estructura.
- b) La caña picada de manera previa ha sido desprovista de la dermis o parte blanda denominada "tripa".
- c) La caña picada puede ser ubicada sobre una o las dos caras del panel, con la epidermis hacia el exterior del panel.

**FIGURA 129**  
**PANEL CON RECUBRIMIENTO**



d) La caña picada será asegurada de tal manera que no queden aberturas por donde entren insectos.

**FIGURA 130**  
**RECUBRIMIENTO CON CAÑA PICADA**

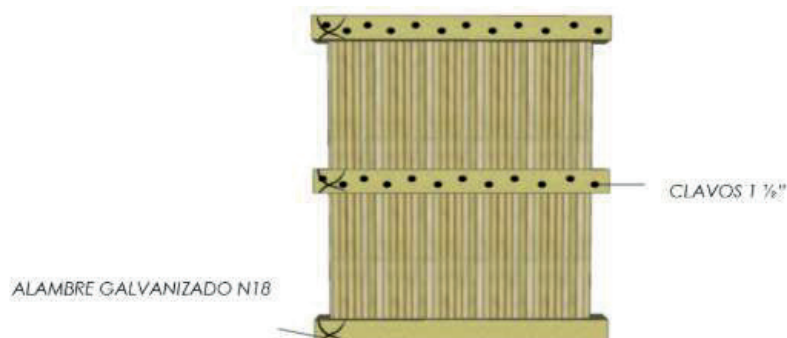


e) Antes de colocar la caña picada ubicar las tuberías sanitarias hasta 50 mm (2"), los conductores eléctricos y las cajas de toma corrientes e interruptores.

f) La caña picada se coloca alternando: una parte ancha con una parte de delgada para compensar la diferencia de conicidad.

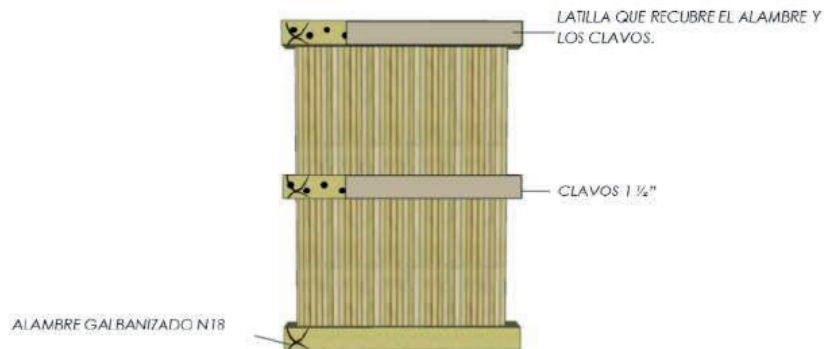
g) El aseguramiento a la estructura de los paneles de la caña picada se hace con clavos de 38 mm (1½"), pre clavado primero, luego enlazados por alambre galvanizado No 18, para finalmente realizar el clavado definitivo.

**FIGURA 131**  
**DETALLE DE PANEL CON CAÑA PICADA**



h) Para recubrir el alambre galvanizado, se puede clavar una latilla de guadua en toda su longitud. Para no provocar fisuras en las latillas, antes del clavado se recomienda realizar en la epidermis de la latilla, una pequeña incisión en forma de cruz.

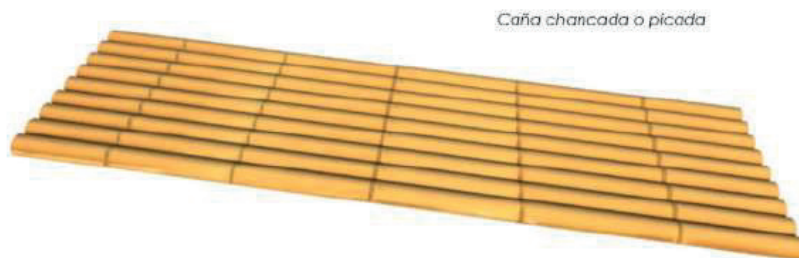
**FIGURA 132**  
**DETALLE ANCLAJE DE CAÑA PICADA AL PANEL DE BAMBÚ**



### 3.8.2.4.3 Recubrimientos con mortero de arena - cemento

a) Los paneles son recubiertos con caña chancada, colocada de forma ortogonal a la estructura.

**FIGURA 133**  
**PANEL RECUBIERTO CON CAÑA CHANCADA O PICADA**



b) La Gak chancada de manera previa ha sido despojada de la dermis, es decir, la parte blanda denominada "tripa".

c) La Gak chancada puede ser ubicada sobre una o las dos caras con la parte interna o dermis hacia el exterior del panel.

d) La Gak chancada será asegurada de tal manera que no quede completamente cerrada, sino dejando aberturas por donde se fije el mortero de arena-cemento

e) Antes de colocar la Gak chancada ubicar las tuberías sanitarias hasta 50 mm (2"), los conductores eléctricos y las cajas de toma corrientes e interruptores.

f) La Gak chancada se coloca alternando: una parte ancha con una parte delgada para compensar la diferencia de conicidad (relación del diámetro de la base con la altura).

g) El aseguramiento a la estructura de la Gak chancada se hace con clavos de 38 mm (1 1/2"), pre clavado primero, luego enlazados por alambre galvanizado No 18, para finalmente realizar el clavado definitivo.

h) El recubrimiento con mortero de arena-cemento se realiza en dos capas:

### 1era. Capa:

- Humedecer el recubrimiento de caña chancada.
- Colocar una lechada de cemento (agua: cemento 3:1)
- Colocar la primera capa de mortero en relación Cemento-Arena. 1:3.
- Procurar que el espesor de la primera capa de mortero sea uniforme.
- Hidratar este recubrimiento durante 8 días.
- Si hay fisuras no resanarlas.

### 2da. Capa:

- Hidratar la superficie
- Colocar la segunda capa de mortero: Cemento-Cal-Arena 1:1:3.
- Hidratar el recubrimiento.

**FIGURA 134**  
**RECUBRIMIENTO DE PAREDES CON MORTERO DE ARENA CEMENTO**



## 3.8.2.4.4 Recubrimientos con tableros prensados de GaK o Bambú

- Los tableros de Gak y otros bambúes se colocarán de acuerdo a los requerimientos del constructor.
- Estarán anclados a la estructura del panel con tornillos avellanados o tirafondos que permitan fijarse a estructuras de madera, o autoperforantes para anclarse a estructuras metálicas, cada 250 a 300 mm.
- Se recomienda la utilización de tableros de 15 mm mínimo de espesor, para paneles cuya cara se oriente hacia el exterior. En el lado interior, se pueden colocar tableros más ligeros de 4 a 8 mm de espesor, generando un panel tipo sánduche, de ancho variable según el espesor de madera y espesor de tablero de guadúa, esto considerando que la estructura de soporte será en madera. En cambio, si la estructura de soporte es de Gak o bambú, se recomienda colocar tiras de madera en los cantos hacia donde se instalarán los tableros, con el fin de que las tiras hagan el papel de niveladores de superficie, y poder instalar los tableros en una superficie uniforme y recta.

**FIGURA 135**  
**RECUBRIMIENTOS CON TABLEROS PENSADOS**



## 3.8.3 Entrepiso

El entrepiso debe ser liviano, para evitar sobrecargar la estructura portante de GaK y otros bambúes.

a) El recubrimiento debe ser con materiales livianos, con un peso máximo de 120 Kg/m<sup>2</sup>.

b) En los entrepisos se debe evitar el aplastamiento de las vigas de GaK y otros bambúes en los puntos de apoyo, con las dos alternativas siguientes:

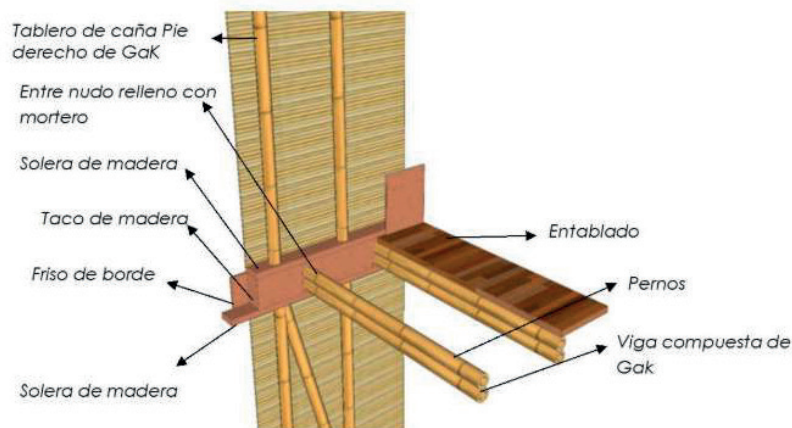
1. Colocando tacos de madera, de peralte igual al de la viga de GaK y otros bambúes.
2. Rellenando con mortero los entrenudos de apoyo de las vigas.

c) En caso de vigas compuestas, conformadas por culmos superpuestos, se tendrá que prever el arriostramiento (impedimento de la deformación o desplazamiento de la estructura por medio de elementos rectangulares) para evitar la curvatura lateral.

d) Si se construye cielo raso, debajo de la estructura de entrepiso, debe facilitarse la ventilación de los espacios interiores.

Los aleros de las cubiertas deberán cubrir las paredes de fachada con un ángulo respecto a la radiación solar, que esté entre 20 y 30 grados con el fin de cubrir la superficie de la GaK y otros bambúes de los rayos UV y lluvias acompañadas de fuertes vientos.

**FIGURA 136**  
**DETALLE DE ENTREPISO DE CONCRETO**



## 3.8.4 Cubierta

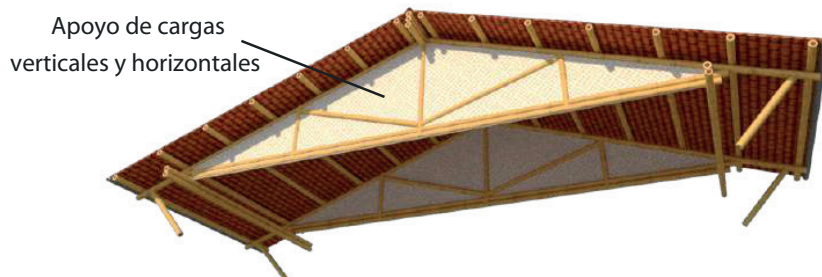
La cubierta debe ser liviana, impermeable y con aleros que cubran las paredes de las fachadas con un ángulo entre 20 y 30 grados, con la finalidad de cubrir las superficies de los culmos de los tayos UV y lluvias con viento.

### 3.8.4.1 Estructura de la cubierta

Cuando la GaK y otros bambúes son utilizados como elementos estructurales deben tomarse en cuenta criterios de resistencia, rigidez y estabilidad. Los anclajes y riostras junto con los elementos portantes de la cubierta deben conformar un conjunto estable para cargas verticales y laterales. La estructura de GaK y otros bambúes, deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Los aleros mayores a 0,6 m deben contar con un apoyo adicional, a menos que esté justificado estructuralmente.
- Las uniones se realizarán de acuerdo a la sección 3.7.
- Los elementos estructurales de la parte superior deben estar totalmente alineados y en la misma altura, considerando la conicidad de la GaK y otros bambúes.

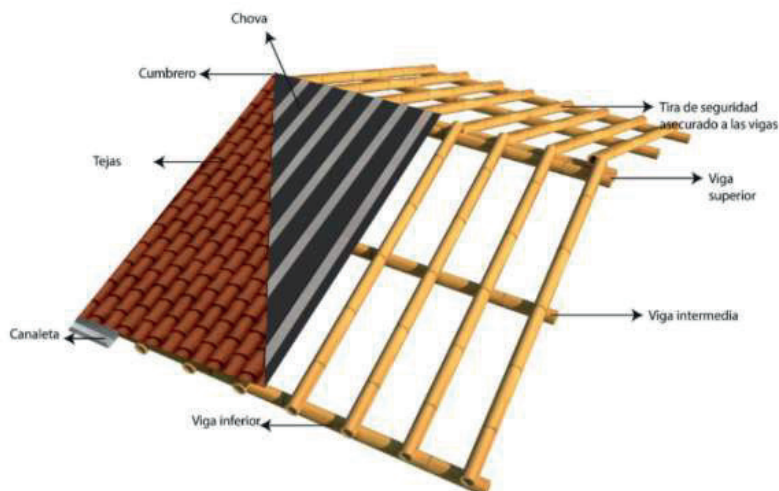
**FIGURA 137**  
**ESTRUCTURA DE CUBIERTA**



## 3.8.4.2 Recubrimiento de la cubierta

- a) Los materiales a usar deben ser impermeables para proteger la estructura contra la humedad.
- b) Si los materiales usados de barro, se debe evitar su contacto directo con la estructura de la cubierta a fin de prevenir su pudrición.
- c) El recubrimiento debe proteger contra la radiación solar.
- d) El material que se va a utilizar debe garantizar una buena durabilidad.

**FIGURA 138**  
**DETALLE DE RECUBRIMIENTO DE CUBIERTA**



### 3.8.4.3 Cielo raso de la cubierta

- a) En el caso de colocar cielo raso, los materiales que se encuentren anclados a la cubierta deben ser livianos y deben permitir la ventilación hacia la misma.
- b) Para el cielo raso se puede utilizar caña picada, latillas o tableros de Gak y otros bambúes.
- c) Si se coloca el cielo raso sobre la estructura de guadúa, se debe mantener un vacío entre el cielo raso y la cubierta con una separación mínima de 20mm.

**FIGURA 139**  
**CIELO RASO**



## 3.9 Acabado y mantenimiento

Toda estructura de GaK y otros bambúes requiere de un buen acabado para mantener su valor estético y aumentar su durabilidad. El acabado de los culmos se realiza con ceras, lacas, barnices o pinturas esto permitirá tener una mayor estabilidad. Necesita mantenimiento, con el fin de garantizar el acabado de la edificación. Se debe tomar en cuenta el grado de exposición solar y del desgaste por fricción de la capa. Para garantizar la durabilidad de la construcción con GaK y otros bambúes se debe llevar a cabo las siguientes consideraciones:

- Sellar los vacíos en los extremos de los culmos.
- Cortar y lijar sobrantes de pernos y protegerlos con anticorrosivos y pintura esmalte.
- Reajustar los pernos de la estructura seis meses después de la construcción.
- Verificar visualmente la estructura con el fin de evitar cualquier tipo de afectación a causa de hongos, termitas, humedad, aplastamiento, fosuras, entre otros.
- De ser el caso los elementos estructurales que estén afectados deberán ser reemplazados.

- Para los elementos metálicos se deberá usar pintura anticorrosiva.
- El propietario debe realizar cada año la revisión de los puntos antes mencionados.

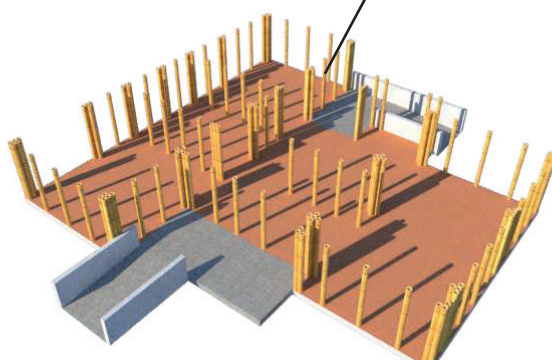
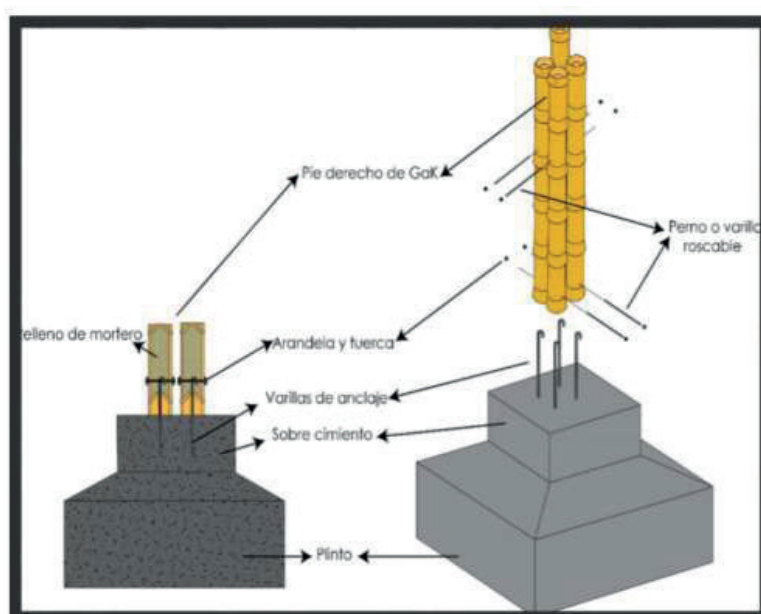
**FIGURA 140**  
**PINTURA ESMALTE PARA ACABADOS**

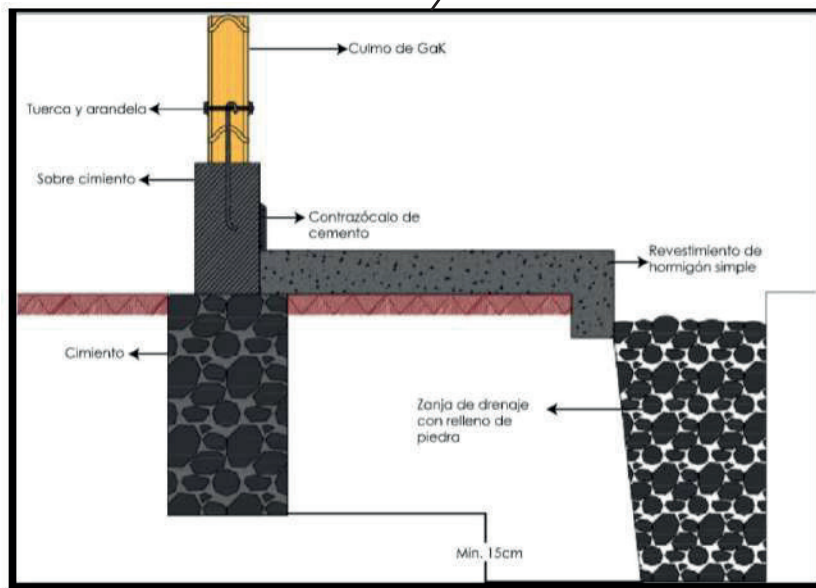
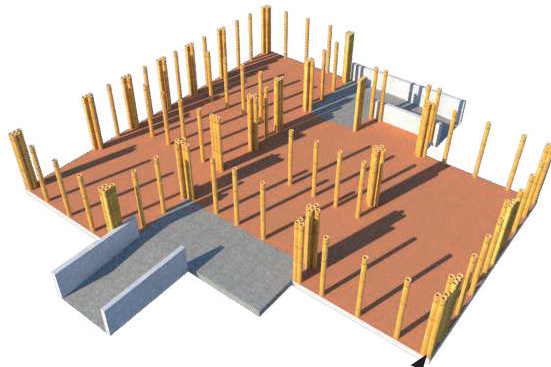


# 3.9.1 Ejercicio de Aplicación

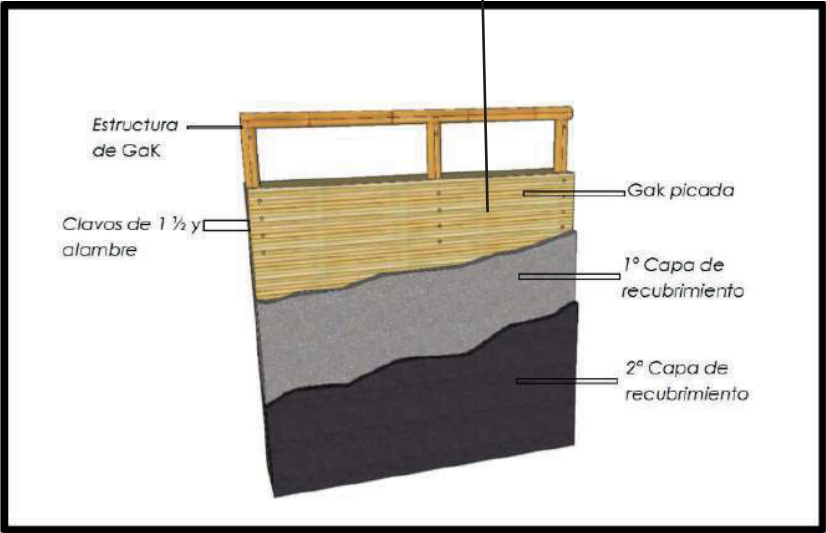
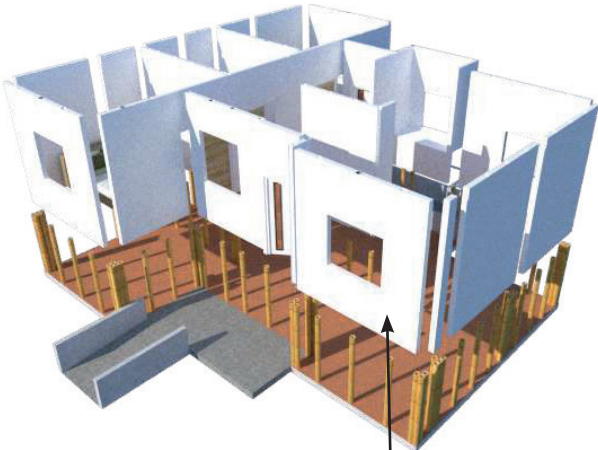
## Prototipo de vivienda Santa Ana

### Cimentación y sobrecimiento

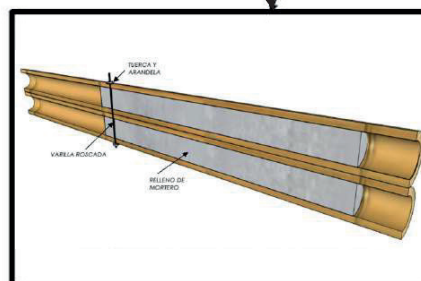
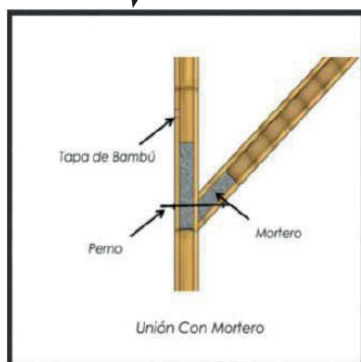
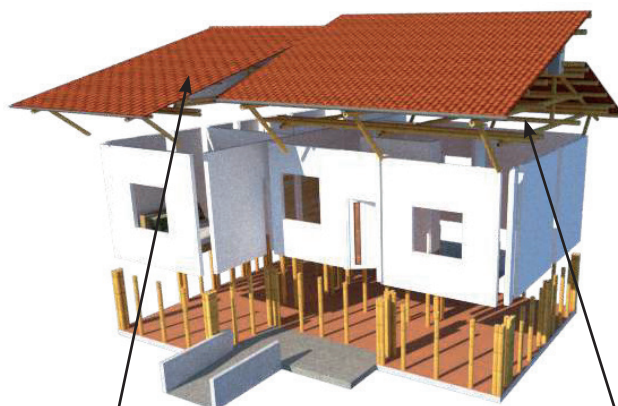




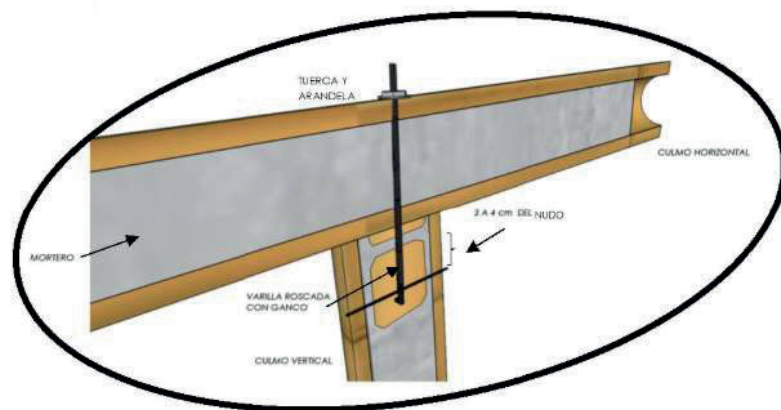
# Recubrimiento con mortero de arena-cemento



# Uniones longitudinales y diagonales



# Uniones perpendiculares



## 3.9.2 Modelado 3D casa bioclimática

### Perspectivas



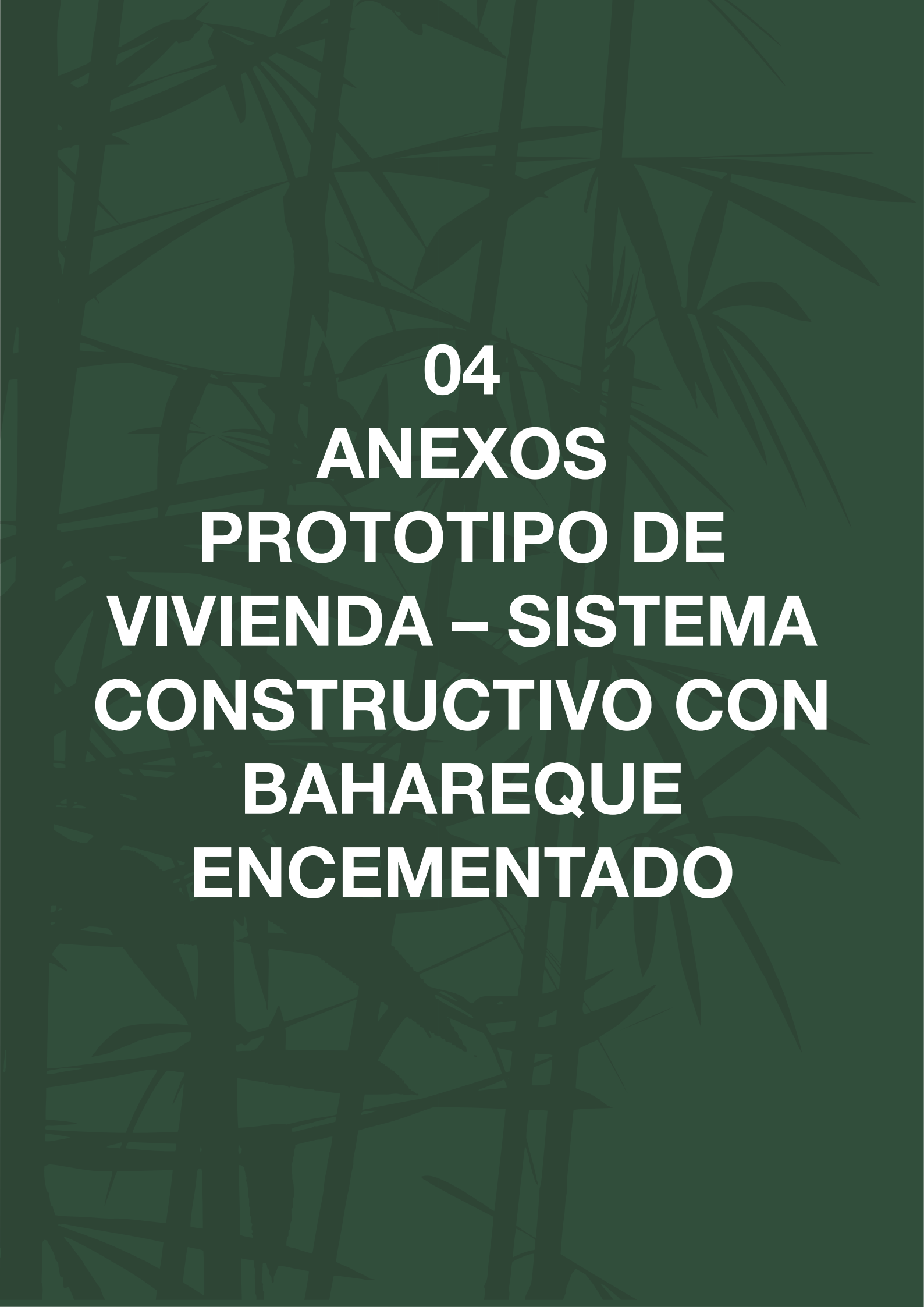


# Cortes



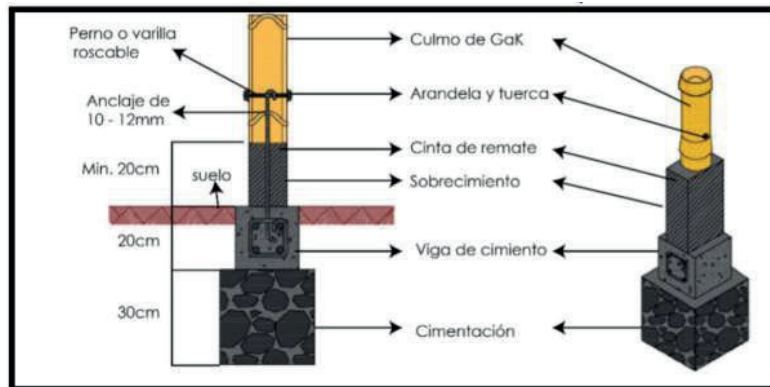
# Boceto



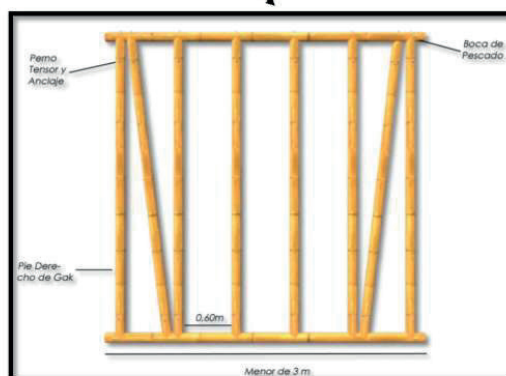


**04**  
**ANEXOS**  
**PROTOTIPO DE**  
**VIVIENDA – SISTEMA**  
**CONSTRUCTIVO CON**  
**BAHAREQUE**  
**ENCEMENTADO**

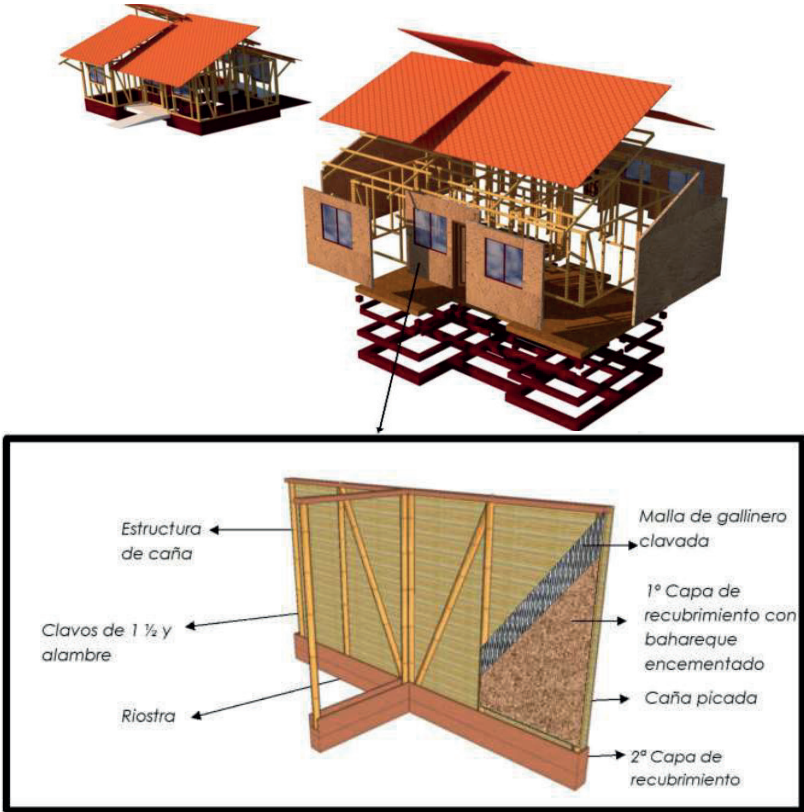
# Cimentación



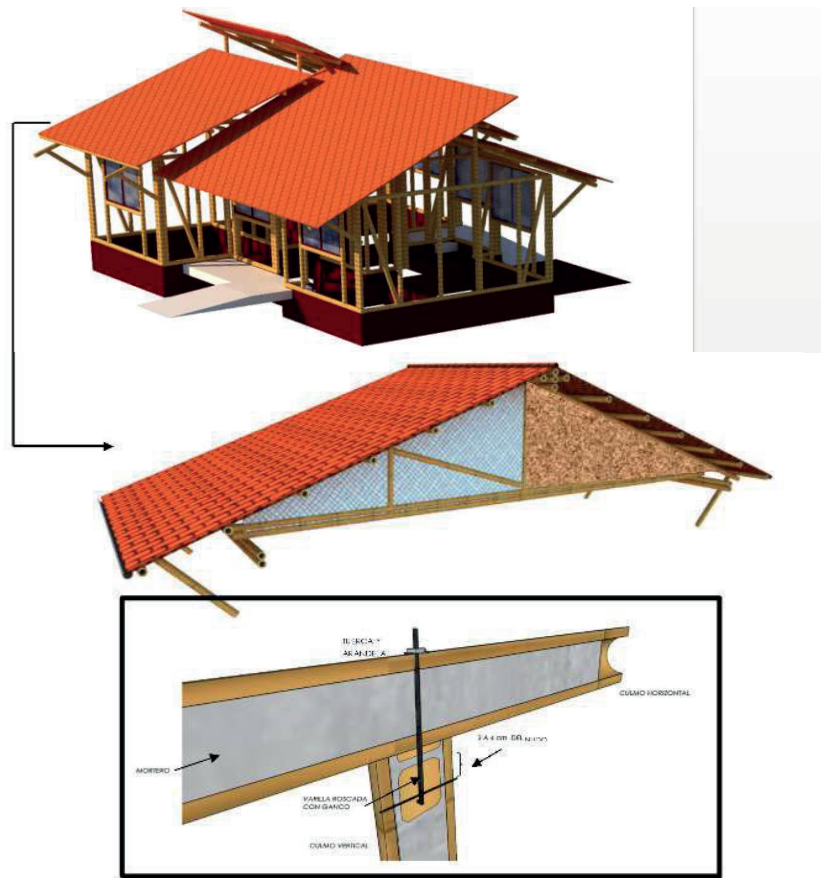
# Paneles con estructura de GaK



# Recubrimiento con bahareque encementado



# Uniones perpendiculares en cubierta



# Construcción en bahareque





# LISTA DE CHEQUEO - CIMENTACIONES

Ítem/s inspeccionado/s:

Fecha:

Puntos chequeados: 1  2  3  4  5

Inspector:

## 1. Tipo de suelo

- Cohérente
- Incoherente
- Orgánico
- De relleno

## 2. Elementos presentes en el suelo

- Estratos inclinados
- Nivel freático
- Ángulo de talud natural
- Esponjamiento

## 3. Tipos de cimentación

- Cimentación profunda (pilotes)
- Cimentación semiprofunda
- Cimentación superficial

## 4. Cimentación semiprofunda

- Cimentación aislada
- Pilastras

## 5. Cimentación superficial

- Losa de cimentación
- Cimentación corrida

## Observaciones

# LISTA DE CHEQUEO - PROCEDIMIENTO PARA CONSTRUCCIÓN

Ítem/s inspeccionado/s:

Fecha:

Puntos chequeados: 1  2  3  4  5

Inspector:

## Pasos

- Construcción de cerramiento provisional
- Limpieza del terreno
- Replanteo estructural
- Excavación y nivelación del terreno
- Construcción de muros de contención
- Armado y fundición de cimentación
- Relleno y nivelación de contrapiso
- Armado de estructura, vigas y columnas
- Armado y fundición de grada
- Armado de cubierta

- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 

## Observaciones

# LISTA DE CHEQUEO - CIMENTACIONES

Inspector:

Fecha:

Puntos chequeados: 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10

## 1. Identificación de la guadua

- ¿Es de color verde claro con franjas blancas en las proximidades a nudos?
- ¿La guadua presenta espinas en las ramas?
- ¿La hoja caulinar de la guadua es de forma triangular?

## 2. Selección de los culmos en la plantación

- Color verde oscuro, apenas perceptibles las bandas blancas en los nudos
- Manchas espaciadas de líquenes en el culmo
- Culmo cubierto totalmente de líquenes, color blanquecino-amarillento
- Culmo con agujeros producidos por aves o insectos

## 3. Corte de culmos y ramas

- Culmos maduros, al ras del primer nudo inferior
- Apeo o tumbado del culmo, evitando que se reviente al caer.
- Corte de ramas desde el ángulo inferior que forma cada rama
- Extracción de culmos
- Corte y selección de culmos según estándares

## 4. Transporte de los culmos

- Vehículos con longitud mayor a la de los cortes (6,9,12m)
- Estacas de seguridad en transporte de plataforma
- Cuidado de impactos durante embarque, movilización y desembarque
- Evitar sobrecargas en los culmos durante transporte y almacenamiento
- Disposición de la guadua por capas horizontales
- Transporte que cuente con las regulaciones establecidas (MAGAP, MAE)

## 5. Tipo de preservante

- Preservantes hidrosulobles
- Preservantes óleo solubles

## 6. Método de preservación

- Preservación por avinagrado
- Preservación por inmersión
- Preservación por presión
- Preservación por difusión vertical

## 7. Secado

- Secado al ambiente
- Secado artificial

## 8. Secado Artificial

- Hornos de secado
- Inyección de aire caliente
- Secado solar

## 9. Almacenamiento

- Almacenamiento vertical
- Almacenamiento horizontal

## Observaciones



**05**  
**REFERENCIAS**

- **MIDUVI (Agosto de 2016). Norma ecuatoriana de la construcción. NEC-se-guadúa (Estructuras de Guadúa) (GaK).**

Recuperado de: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/04/NEC-SE-GUADUA-VERSION-FINAL-WEB-MAR-2017.pdf>

- **Factor K de longitud de pandeo:**

Recuperado de: [http://www1.frm.utn.edu.ar/metalicas/Ciclo%202009/Guias%20de%20Estudio/CMM\\_Barras%20Comprimidas\\_FK\\_09.pdf](http://www1.frm.utn.edu.ar/metalicas/Ciclo%202009/Guias%20de%20Estudio/CMM_Barras%20Comprimidas_FK_09.pdf)

- **Ubidia, J. (2018). Preservación del bambú en América Latina, mediante métodos tradicionales, Guayaquil - Ecuador.**

Recuperado de: <https://bambuecuador.files.wordpress.com/2018/01/2000-preservacioc81n-del-bambucc81-en-amecc81rica-laticc81na-mediante-mecc81todos>

- **Moreno, L. (2012). Caracterización de la Guadua Angustifolia Kunth cultivada en Miraflores (Boyacá).**

Recuperado de: documentslides.org: [https://documentslides.org/the-philosophy-of-money.html?utm\\_source=dialnet-caracterizaciondelaguaduaangustifoliakunthcultivad-4766844](https://documentslides.org/the-philosophy-of-money.html?utm_source=dialnet-caracterizaciondelaguaduaangustifoliakunthcultivad-4766844)

- **Red Internacional para el Desarrollo del Bambú y el Ratán. Oficina para América Latina y el Caribe - INBAR. (Abril de 2015).**

Recuperado de:

[https://www.sheltercluster.org/sites/default/files/docs/norma\\_andina\\_sin\\_portada.pdf](https://www.sheltercluster.org/sites/default/files/docs/norma_andina_sin_portada.pdf)

- **Ubidia, J. (2015). Construir con Bambú.**

Recuperado de vivienda:

[http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios\\_Normalizacion/Manual-Construccion-Bambu.pdf](http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Manual-Construccion-Bambu.pdf)



Organización Internacional  
del Bambú y el Ratán



Cooperación  
Española  
MEDIO AMBIENTE / ARAUCLIMA

